



Projet de l'Arkéa Park et ses annexes

SAS HOLDISPORTS
BREST METROPOLE
Février 2025

Annexes

Citation recommandée	Biotope, 2025, SAS HOLDISPORTS BREST METROPOLE Février 2025, Annexes,. SAS HOLDISPORTS, Brest Métropole, 559 pages	
Version/Indice	V14	
Date	2025	
Maîtres d'ouvrage	SAS HOLDISPORTS 160 rue Roberto Cabanas 29940 – GUIPAVAS BREST METROPOLE	
Interlocuteur	Richard Charrier 160 rue Roberto Cabanas 29940 – GUIPAVAS	Contact : 06 03 85 97 45 Mail : richard.charrier@lesaint-sa.fr
Mandataire	BIOTOPE BRETAGNE 28 quai de la Douane 29200 BREST	
Biotope, Responsable du projet	Gaëlle HERRY	Contact : gherry@biotope.fr Tél : 06.99.39.48.73
Biotope, Responsable de qualité	Magali BICHAREL	Contact : mbicharel@biotope.fr Tél : 06 15 92 37 66
Egéo, Volet eau	Hélène BERRIER	Contact : hberrier@egeo.pro Tél : 06 85 16 89 69
Calligée, étude Hydrogéologique et géomodélisation	Davy DOUAI	Contact : d.douay@calligee.fr Tél : 06 76 98 66 71
Alhyange, Volet acoustique	Caroline DERNY	Contact : caroline@alhyange.com Tel : 06 27 64 52 79
Transitec, Volet mobilité	Christophe DIANI	Contact : christophe.diani@transitec.net Tel : 06 88 46 09 34
Chambre d'Agriculture, Volet agricole	Mathilde COCHET	Contact : mathilde.cochet@bretagne.chambagri.fr Tel : 06 77 04 65 85
Akajoule, Potentiel ENR	Kristelle LE CAM	Contact : kristelle.lecam@akajoule.com Tél : 07 68 95 86 13
Atmoterra, Volet Air	Adrien BOUZONVILLE	Contact : abouzanville@atmoterra.com Tél : 06 51 59 61 38
SCE , étude Traffic, modification du PLU	Patrick PETIT	Contact : patrick.petit@sce.fr Tél : 06 31 55 10 82

Sommaire

Annexe 1, Liste inventaire flore	5	
Annexe 2, Etude d'impact acoustique prévisionnelle (Alhyange, 2024)	13	
Annexe 3, Etudes qualité de l'air (Atmoterra, 2022)	45	
Annexe 4, Etude hydraulique (Egeo, 2024)	168	
Annexe 5, Etude Hydrogéologique (Calligée, 2022)	230	
Annexe 6, Etude de potentiel de développement en énergies renouvelables (akajoule,2022 et 2024)		278
Annexe 7, Etude ERC Agricole (Chambre d'agriculture, 2024)	341	
Annexe 8, Etude du potentiel géothermique (Calligée, 2022)	407	
Annexe 9, Etude de circulation (SCE, 2024)	426	
Annexe 10, Schéma d'accessibilité modale (Transitec, 2024)	439	
Annexe 11, Etude trafic (SCE, 2024)	489	
Annexe 12, Etude d'optimisation de la densité (SCE, 2024)	540	



ARIKEA PARK

PORTE A

Annexes

A Annexe 1, Liste inventaire flore

Annexe 1, Liste inventaire flore

Liste des 287 espèces végétales inventoriées en 2018 et 2021 au sein de l'aire d'étude

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Acer campestre</i> L., 1753	Érable champêtre, Acéraille
<i>Acer pseudoplatanus</i> L., 1753	Érable sycomore, Grand Érable
<i>Achillea millefolium</i> L., 1753	Achillée millefeuille, Herbe au charpentier, Sourcils-de-Vénus
<i>Agrostis capillaris</i> L., 1753	Agrostide capillaire
<i>Agrostis stolonifera</i> L., 1753	Agrostide stolonifère
<i>Aira caryophyllea</i> L., 1753	Canche caryophillée
<i>Ajuga reptans</i> L., 1753	Bugle rampante, Consyre moyenne
<i>Alliaria petiolata</i> (M.Bieb.) Cavara & Grande, 1913	Alliaire, Herbe aux aulx
<i>Allium triquetrum</i> L., 1753	Ail à trois angles, Ail à tige triquètre
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn., 1790	Aulne glutineux, Verne
<i>Angelica sylvestris</i> L., 1753	Angélique sauvage, Angélique sylvestre, Impérateur sauvage
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L., 1753	Flouve odorante
<i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh., 1842	Arabette de thalius, Arabette des dames
<i>Arctium minus</i> (Hill) Bernh., 1800	Bardane à petites têtes, Bardane à petits capitules
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl, 1819	Fromental élevé, Ray-grass français
<i>Artemisia vulgaris</i> L., 1753	Armoise commune, Herbe de feu
<i>Arum italicum</i> Mill., 1768	Gouet d'Italie, Pied-de-veau
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L., 1753	Capillaire noir, Doradille noir
<i>Asplenium scolopendrium</i> L., 1753	Scolopendre, Scolopendre officinale
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth, 1799	Fougère femelle, Polypode femelle
<i>Avena fatua</i> L., 1753	Avoine folle, Havenon
<i>Avena sativa</i> L., 1753	Avoine cultivée
<i>Bellis perennis</i> L., 1753	{Pâquerette}
<i>Betula pendula</i> Roth, 1788	Bouleau verruqueux
<i>Betula pubescens</i> Ehrh., 1791	Bouleau blanc, Bouleau pubescent
<i>Blechnum spicant</i> (L.) Roth, 1794	Blechnum en épi, Blechne
<i>Borago officinalis</i> L., 1753	Bourrache officinale
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P.Beauv., 1812	Brachypode des bois, Brome des bois
<i>Bromus hordeaceus</i> L., 1753	Brome mou
<i>Buddleja davidii</i> Franch., 1887	Buddleja du père David, Arbre à papillon, Arbre aux papillons
<i>Buxus sempervirens</i> L., 1753	Buis commun, Buis sempervirent
<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall, 1852	Callitriche à angles obtus
<i>Cardamine flexuosa</i> With., 1796	Cardamine flexueuse, Cardamine des bois

A Annexe 1, Liste inventaire flore

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Cardamine hirsuta</i> L., 1753	Cardamine hérissée, Cresson de muraille
<i>Carex laevigata</i> Sm., 1800	Laîche lisse
<i>Carex leporina</i> L., 1753	Laîche Patte-de-lièvre, Laîche des lièvres
<i>Carex paniculata</i> L., 1755	Laîche paniculée
<i>Carex pendula</i> Huds., 1762	Laîche à épis pendants, Laîche pendante
<i>Carpinus betulus</i> L., 1753	Charme, Charmille
<i>Castanea sativa</i> Mill., 1768	Chataignier, Châtaignier commun
<i>Centaurea jacea</i> L., 1753	Centaurée jacée, Tête de moineau, Ambrette
<i>Centaurea nigra</i> L., 1753	Centaurée noire
<i>Cerastium fontanum</i> Baumg., 1816	Céaiste commune
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill., 1799	Céaiste aggloméré
<i>Chelidonium majus</i> L., 1753	Grande chélidoine, Herbe à la verrue, Éclair
<i>Chenopodium album</i> L., 1753	Chénopode blanc, Senousse
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i> L., 1753	Dorine à feuilles opposées, Hépatique des marais
<i>Circaea lutetiana</i> L., 1753	Circée de Paris, Circée commune
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop., 1772	Cirse des champs, Chardon des champs
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop., 1772	Cirse des marais, Bâton du Diable
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten., 1838	Cirse commun, Cirse à feuilles lancéolées, Cirse lancéolé
<i>Clematis vitalba</i> L., 1753	Clématite des haies, Herbe aux gueux
<i>Conopodium majus</i> (Gouan) Loret, 1886	Conopode dénudé, Grand Conopode
<i>Convolvulus arvensis</i> L., 1753	Liseron des champs, Vrillée
<i>Convolvulus sepium</i> L., 1753	Liset, Liseron des haies
<i>Cornus sanguinea</i> L., 1753	Cornouiller sanguin, Sanguine
<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn., 1900	Herbe de la Pampa, Roseau à plumes
<i>Corylus avellana</i> L., 1753	Noisetier, Avelinier
<i>Cotoneaster</i> Medik., 1789 sp.	
<i>Crassula tillaea</i> Lest.-Garl., 1903	Crassule mousse, Mousse fleurie
<i>Crataegus germanica</i> (L.) Kuntze, 1891	Néflier
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq., 1775	Aubépine à un style, Épine noire, Bois de mai
<i>Crepis biennis</i> L., 1753	Crépide bisannuelle
<i>Crepis vesicaria</i> subsp. <i>taraxacifolia</i> (Thuill.) Thell. ex Schinz & R.Keller, 1914	Crépide à feuilles de pissenlit, Barkhausie à feuilles de Pissenlit
<i>Crocsmia x crocosmiiflora</i> (Lemoine) N.E.Br., 1932	Montbrétia
<i>Cruciata laevipes</i> Opiz, 1852	Gaillet croisette, Croisette commune
<i>Cymbalaria muralis</i> G.Gaertn., B.Mey. & Scherb., 1800	Cymbalaire, Ruine de Rome, Cymbalaire des murs
<i>Cyperus eragrostis</i> Lam., 1791	Souchet vigoureux, Souchet robuste
<i>Cyperus longus</i> L., 1753	Souchet long, Souchet odorant
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link, 1822	Genêt à balai, Juniesse

A Annexe 1, Liste inventaire flore

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Dactylis glomerata</i> L., 1753	Dactyle aggloméré, Pied-de-poule
<i>Daucus carota</i> L., 1753	Carotte sauvage, Daucus carotte
<i>Delphinium ajacis</i> L., 1753	Dauphinelle des jardins
<i>Digitalis purpurea</i> L., 1753	Digitale pourpre, Gantelée
<i>Dryopteris dilatata</i> (Hoffm.) A.Gray, 1848	Dryoptéris dilaté, Fougère dilatée
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott, 1834	Fougère mâle
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult., 1817	Scirpe des marais
<i>Epilobium hirsutum</i> L., 1753	Épilobe hérissé, Épilobe hirsute
<i>Epilobium tetragonum</i> L., 1753	Épilobe à tige carrée, Épilobe à quatre angles
<i>Erigeron canadensis</i> L., 1753	Conyze du Canada
<i>Erigeron karvinskianus</i> DC., 1836	Vergerette de Karvinski
<i>Erigeron</i> L., 1753 sp.	
<i>Ervilia hirsuta</i> (L.) Opiz, 1852	Vesce hérissée, Ers velu
<i>Ervum tetraspermum</i> L., 1753	Lentillon
<i>Eupatorium cannabinum</i> L., 1753	Eupatoire à feuilles de chanvre, Chanvre d'eau
<i>Eupatorium cannabinum</i> subsp. <i>cannabinum</i> L., 1753	Chanvre d'eau
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L., 1753	Euphorbe des bois, Herbe à la faux
<i>Euphorbia amygdaloides</i> subsp. <i>amygdaloides</i> L., 1753	Herbe à la faux
<i>Euphorbia dulcis</i> L., 1753	Euphorbe douce
<i>Euphorbia helioscopia</i> L., 1753	Euphorbe réveil matin, Herbe aux verrues
<i>Euphorbia peplus</i> L., 1753	Euphorbe omblette, Essule ronde
<i>Fagus sylvatica</i> L., 1753	Hêtre, Hêtre commun, Fouteau
<i>Festuca ovina</i> L., 1753	Fétuque ovine
<i>Festuca rubra</i> L., 1753	Fétuque rouge
<i>Ficaria ranunculoides</i> Roth, 1788	{Ficaire}
<i>Ficaria verna</i> Huds., 1762	Ficaire à bulbilles
<i>Fragaria vesca</i> L., 1753	Fraisier sauvage, Fraisier des bois
<i>Fraxinus excelsior</i> L., 1753	Frêne élevé, Frêne commun
<i>Fumaria capreolata</i> L., 1753	Fumeterre grimpante, Fumeterre capréolée
<i>Fumaria muralis</i> subsp. <i>boraiei</i> (Jord.) Pugsley, 1902	Fumeterre de Boreau
<i>Fumaria officinalis</i> L., 1753	Fumeterre officinale, Herbe à la veuve
<i>Galium aparine</i> L., 1753	Gaillet gratteron, Herbe collante
<i>Galium mollugo</i> L., 1753	Gaillet commun, Gaillet Mollugine
<i>Gamochaeta coarctata</i> (Willd.) Kerguelen, 1987	
<i>Geranium dissectum</i> L., 1755	Géranium découpé, Géranium à feuilles découpées Géranium à grosses racines, Géranium à gros rhizome
<i>Geranium macrorrhizum</i> L., 1753	
<i>Geranium molle</i> L., 1753	Géranium à feuilles molles
<i>Geranium robertianum</i> L., 1753	Herbe à Robert
<i>Geranium rotundifolium</i> L., 1753	Géranium à feuilles rondes, Mauvette

A Annexe 1, Liste inventaire flore

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Geum urbanum</i> L., 1753	Benoîte commune, Herbe de saint Benoît
<i>Glebionis segetum</i> (L.) Fourr., 1869	Chrysanthème des moissons, Chrysanthème des blés
<i>Glechoma hederacea</i> L., 1753	Lierre terrestre, Gléchome Lierre terrestre
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br., 1810	Glycérie flottante, Manne de Pologne
<i>Gnaphalium uliginosum</i> L., 1753	Gnaphale des lieux humides, Gnaphale des marais
<i>Gunnera tinctoria</i> (Molina) Mirb., 1805	Gunnéra du Chili
<i>Hedera helix</i> L., 1753	Lierre grimpant, Herbe de saint Jean
<i>Helminthotheca echioides</i> (L.) Holub, 1973	Picride fausse Vipérine
<i>Helosciadium nodiflorum</i> (L.) W.D.J.Koch, 1824	Ache nodiflore
<i>Heracleum sphondylium</i> L., 1753	Patte d'ours, Berce commune, Grande Berce
<i>Herniaria glabra</i> L., 1753	Herniaire glabre, Herniole
<i>Hieracium pilosella</i> L., 1753	
<i>Holcus lanatus</i> L., 1753	Houlque laineuse, Blanchard
<i>Holcus mollis</i> L., 1759	Houlque molle, Avoine molle
<i>Hyacinthoides non-scripta</i> (L.) Chouard ex Rothm., 1944	Jacinthe sauvage, Jacinthe des bois, Scille penchée
<i>Hypericum androsaemum</i> L., 1753	Millepertuis Androsème
<i>Hypericum humifusum</i> L., 1753	Millepertuis couché, Petit Millepertuis
<i>Hypericum perforatum</i> L., 1753	Millepertuis perforé, Herbe de la Saint-Jean
<i>Hypochaeris radicata</i> L., 1753	Porcelle enracinée
<i>Ilex aquifolium</i> L., 1753	Houx
<i>Illecebrum verticillatum</i> L., 1753	Illécèbre verticillé
<i>Iris foetidissima</i> L., 1753	Iris fétide, Iris gigot, Glaïeul puant
<i>Iris pseudacorus</i> L., 1753	Iris faux acore, Iris des marais
<i>Jacobaea vulgaris</i> Gaertn., 1791	
<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm., 1791	Jonc à tépales aigus, Jonc acutiflore
<i>Juncus articulatus</i> L., 1753	Jonc à fruits luisants, Jonc à fruits brillants
<i>Juncus bufonius</i> L., 1753	Jonc des crapauds
<i>Juncus effusus</i> L., 1753	Jonc épars, Jonc diffus
<i>Juncus tenuis</i> Willd., 1799	Jonc grêle, Jonc fin
<i>Koenigia polystachya</i> (Wall. ex Meisn.) T.M.Schust. & Reveal, 2015	Renouée à épis nombreux
<i>Lactuca virosa</i> L., 1753	Laitue vireuse, Laitue sauvage
<i>Lamium galeobdolon</i> (L.) L., 1759	Lamier jaune, Lamier Galéobdolon
<i>Lamium purpureum</i> L., 1753	Lamier pourpre, Ortie rouge
<i>Lapsana communis</i> L., 1753	Lampsane commune, Graceline
<i>Lathyrus pratensis</i> L., 1753	Gesse des prés
<i>Laurus nobilis</i> L., 1753	Laurier-sauce
<i>Lemna minuta</i> Kunth, 1816	Lentille d'eau minuscule
<i>Leontodon saxatilis</i> Lam., 1779	Liondent faux-pissenlit, Léontodon des rochers

A Annexe 1, Liste inventaire flore

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Lepidium didymum</i> L., 1767	Corne-de-cerf didyme
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam., 1779	Marguerite commune, Leucanthème commun
<i>Linaria repens</i> (L.) Mill., 1768	Linaire rampante
<i>Linaria vulgaris</i> Mill., 1768	Linaire commune
<i>Linum usitatissimum</i> subsp. <i>angustifolium</i> (Huds.) Thell., 1912	Lin bisannuel
<i>Locusta communis</i> Delarbre, 1800	Mache doucette, Mache
<i>Lolium multiflorum</i> Lam., 1779	Ivraie multiflore, Ray-grass d'Italie
<i>Lolium perenne</i> L., 1753	Ivraie vivace
<i>Lonicera nitida</i> E.H.Wilson, 1911	{Chèvrefeuille}
<i>Lonicera periclymenum</i> L., 1753	Chèvrefeuille des bois, Cranquillier
<i>Lotus angustissimus</i> L., 1753	Lotier grêle, Lotier à gousses très étroites
<i>Lotus corniculatus</i> L., 1753	Lotier corniculé, Pied de poule, Sabot-de-la-mariée
<i>Lotus pedunculatus</i> Cav., 1793	Lotus des marais, Lotier des marais
<i>Luzula campestris</i> (L.) DC., 1805	Luzule champêtre
<i>Lychnis flos-cuculi</i> L., 1753	Oeil-de-perdrix
<i>Lysimachia arvensis</i> (L.) U.Manns & Anderb., 2009	Mouron rouge, Fausse Morgeline
<i>Lysimachia nemorum</i> L., 1753	Lysimaque des bois, Mouron jaune
<i>Lythrum hyssopifolia</i> L., 1753	Salicaire à feuilles d'hyssope, Salicaire à feuilles d'Hyssope
<i>Lythrum portula</i> (L.) D.A.Webb, 1967	Pourpier d'eau
<i>Matricaria discoidea</i> DC., 1838	Matricaire fausse-camomille, Matricaire discoïde
<i>Medicago arabica</i> (L.) Huds., 1762	Luzerne tachetée
<i>Medicago lupulina</i> L., 1753	Luzerne lupuline, Minette
<i>Mentha aquatica</i> L., 1753	Menthe aquatique
<i>Montia</i> L., 1753 sp.	
<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill, 1764	Myosotis des champs
<i>Myosotis discolor</i> Pers., 1797	Myosotis bicolore, Myosotis changeant
<i>Myosotis scorpioides</i> L., 1753	Myosotis des marais, Myosotis faux Scorpion
<i>Myosotis sylvatica</i> Hoffm., 1791	Myosotis des forêts
<i>Nasturtium officinale</i> W.T.Aiton, 1812	Cresson des fontaines
<i>Oenanthe crocata</i> L., 1753	Oenanthe safranée
<i>Ornithogalum umbellatum</i> L., 1753	Ornithogale en ombelle, Dame-d'onze-heures
<i>Ornithopus perpusillus</i> L., 1753	Ornithope délicat, Pied-d'oiseau délicat
<i>Papaver rhoeas</i> L., 1753	Coquelicot
<i>Parentucellia viscosa</i> (L.) Caruel, 1885	Bartsie visqueuse
<i>Pastinaca sativa</i> L., 1753	Panais cultivé, Pastinacier
<i>Petasites pyrenaicus</i> (L.) G.López, 1986	Pétasite odorant, Hélioïtrophe d'hiver
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud., 1840	Roseau, Roseau commun, Roseau à balais
<i>Pilosella officinarum</i> Vaill., 1754	

A Annexe 1, Liste inventaire flore

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Pinus pinaster</i> Aiton, 1789	Pin maritime, Pin mésogéen
<i>Pisum sativum</i> L., 1753	Pois cultivé
<i>Plantago coronopus</i> L., 1753	Plantain Corne-de-cerf, Plantain corne-de-bœuf, Pied-de-corbeau
<i>Plantago lanceolata</i> L., 1753	Plantain lancéolé, Herbe aux cinq coutures
<i>Plantago major</i> L., 1753	Plantain majeur, Grand plantain, Plantain à bouquet
<i>Poa annua</i> L., 1753	Pâturin annuel
<i>Poa trivialis</i> L., 1753	Pâturin commun, Gazon d'Angleterre
<i>Polygonum aviculare</i> L., 1753	Renouée des oiseaux, Renouée Traînasse
<i>Polypodium interjectum</i> Shivas, 1961	Polypode intermédiaire
<i>Polystichum setiferum</i> (Forssk.) T.Moore ex Woyn., 1913	Polystic à frondes soyeuses, Fougère des fleuristes, Aspidium à cils raides
<i>Populus</i> L., 1753 sp.	
<i>Populus tremula</i> L., 1753	Peuplier Tremble
<i>Potentilla anserina</i> L., 1753	Potentille des oies
<i>Potentilla indica</i> (Andrews) Th.Wolf, 1904	Fraisier de Duchesne, Fraisier d'Inde
<i>Potentilla reptans</i> L., 1753	Potentille rampante, Quintefeuille
<i>Potentilla sterilis</i> (L.) Garcke, 1856	Potentille faux fraisier, Potentille stérile
<i>Poterium sanguisorba</i> L., 1753	Pimprenelle à fruits réticulés
<i>Primula vulgaris</i> Huds., 1762	Primevère acaule
<i>Prunella vulgaris</i> L., 1753	Brunelle commune, Herbe au charpentier
<i>Prunus avium</i> (L.) L., 1755	Merisier vrai, Cerisier des bois
<i>Prunus laurocerasus</i> L., 1753	Laurier-cerise, Laurier-palme
<i>Prunus spinosa</i> L., 1753	Épine noire, Prunellier, Pelossier
<i>Pseudognaphalium undulatum</i> (L.) Hilliard & Burt, 1981	Cotonnière ondulée
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn, 1879	Fougère aigle, Porte-aigle
<i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh., 1800	Pulicaire dysentérique
<i>Quercus ilex</i> L., 1753	Chêne vert
<i>Quercus robur</i> L., 1753	Chêne pédonculé, Gravelin
<i>Ranunculus flammula</i> L., 1753	Renoncule flammette, Petite douve, Flammule
<i>Ranunculus repens</i> L., 1753	Renoncule rampante
<i>Raphanus raphanistrum</i> L., 1753	Ravenelle, Radis sauvage
<i>Reseda luteola</i> L., 1753	Réséda jaunâtre, Réséda des teinturiers, Mignonette jaunâtre
<i>Reynoutria japonica</i> Houtt., 1777	Renouée du Japon
<i>Rhododendron ponticum</i> L., 1762	Rhododendron des parcs, Rhododendron pontique
<i>Ribes rubrum</i> L., 1753	Groseillier rouge, Groseillier à grappes
<i>Rubivena polystachya</i> (C.F.W.Meissn.) M.Král, 1985	Renouée à épis nombreux
<i>Rubus</i> L., 1753 sp.	
<i>Rumex acetosa</i> L., 1753	Oseille des prés, Rumex oseille

A Annexe 1, Liste inventaire flore

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Rumex acetosella</i> L., 1753	Petite oseille, Oseille des brebis
<i>Rumex conglomeratus</i> Murray, 1770	Patience agglomérée, Oseille agglomérée
<i>Rumex crispus</i> L., 1753	Patience crépue, Oseille crépue
<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds., 1778	Patience d'eau, Grande Parelle
<i>Rumex obtusifolius</i> L., 1753	Patience à feuilles obtuses, Patience sauvage
<i>Sagina procumbens</i> L., 1753	Sagine couchée
<i>Salix atrocinerea</i> Brot., 1804	Saule à feuilles d'Olivier
<i>Sambucus nigra</i> L., 1753	Sureau noir, Sampéquier
<i>Schedonorus arundinaceus</i> (Schreb.) Dumort., 1824	Fétuque Roseau
<i>Schedonorus pratensis</i> subsp. <i>pratensis</i> (Huds.) P.Beauv., 1812	Fétuque des prés
<i>Scrophularia auriculata</i> L., 1753	Scrofulaire aquatique, Scrofulaire de Balbis
<i>Scrophularia nodosa</i> L., 1753	Scrophulaire noueuse
<i>Sedum album</i> L., 1753	Orpin blanc
<i>Senecio inaequidens</i> DC., 1838	Sénéçon sud-africain
<i>Senecio vulgaris</i> L., 1753	Sénéçon commun
<i>Sherardia arvensis</i> L., 1753	Rubéole des champs, Gratteron fleuri
<i>Silene dioica</i> (L.) Clairv., 1811	Compagnon rouge, Robinet rouge
<i>Silene diurna</i> Godr., 1847	Compagnon rouge, Robinet rouge
<i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop., 1772	Herbe aux chantres, Sisymbre officinal
<i>Solanum dulcamara</i> L., 1753	Douce amère, Bronde
<i>Soleirolia soleirolii</i> (Req.) Dandy, 1964	Soleirole de Soleirol, Helxine de Soleirol
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill, 1769	Laiteron rude, Laiteron piquant
<i>Sonchus oleraceus</i> L., 1753	Laiteron potager, Laiteron lisse
<i>Spergula arvensis</i> L., 1753	Spergule des champs, Espargoutte des champs,
<i>Spergula rubra</i> (L.) D.Dietr., 1840	Spargelle
<i>Stachys arvensis</i> (L.) L., 1763	Sabline rouge
<i>Stachys sylvatica</i> L., 1753	Épiaire des champs
<i>Stellaria alsine</i> Grimm, 1767	Épiaire des bois, Ortie à crapauds
<i>Stellaria graminea</i> L., 1753	Stellaire des sources
<i>Stellaria holostea</i> L., 1753	Stellaire graminée
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill., 1789	Stellaire holostée
<i>Symphoricarpos</i> Duhamel, 1755 sp.	Mouron des oiseaux, Morgeline
<i>Symphytum bulbosum</i> K.F.Schimp., 1825	Consoude à bulbe
<i>Taraxacum erythrospermum</i> Andr. ex Besser, 1821	Pissenlit gracile, Pissenlit à feuilles lisses
<i>Taraxacum</i> F.H.Wigg., 1780 sp.	Pissenlit
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg., 1780	Germandrée, Saugé des bois, Germandrée
<i>Teucrium scorodonia</i> L., 1753	Scorodoine

A Annexe 1, Liste inventaire flore

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Thymus vulgaris</i> L., 1753	Thym commun, Farigoule
<i>Tragopogon pratensis</i> L., 1753	Salsifis des prés
<i>Trifolium campestre</i> Schreb., 1804	Trèfle champêtre, Trèfle jaune, Trance
<i>Trifolium dubium</i> Sibth., 1794	Trèfle douteux, Petit Trèfle jaune
<i>Trifolium pratense</i> L., 1753	Trèfle des prés, Trèfle violet
<i>Trifolium repens</i> L., 1753	Trèfle rampant, Trèfle blanc, Trèfle de Hollande
<i>Typha latifolia</i> L., 1753	Massette à larges feuilles
<i>Ulex europaeus</i> L., 1753	Ajonc d'Europe, Bois jonc, Jonc marin, Vigneau , Landier
<i>Ulmus minor</i> Mill., 1768	Petit orme, Orme cilié
<i>Umbilicus rupestris</i> (Salisb.) Dandy, 1948	Nombril de vénus, Oreille-d'abbé
<i>Urtica dioica</i> L., 1753	Ortie dioïque, Grande ortie
<i>Valerianella locusta</i> (L.) Laterr., 1821	Mache doucette, Mache
<i>Veronica arvensis</i> L., 1753	Véronique des champs, Velvete sauvage
<i>Veronica chamaedrys</i> L., 1753	Véronique petit chêne, Fausse Germandrée
<i>Veronica persica</i> Poir., 1808	Véronique de Perse
<i>Veronica serpyllifolia</i> L., 1753	Véronique à feuilles de serpolet
<i>Veronica serpyllifolia</i> subsp. <i>serpyllifolia</i> L., 1753	Véronique à feuilles de Serpolet
<i>Viburnum tinus</i> L., 1753	Viorne tin, Fatamot
<i>Vicia cracca</i> L., 1753	Vesce cracca, Jarosse
<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>sativa</i> L., 1753	Poisette
<i>Vicia segetalis</i> Thuill., 1799	Vesce des moissons
<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb., 1771	{Lentillon}
<i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau, 1857	Violette des bois, Violette de Reichenbach
<i>Viola riviniana</i> Rchb., 1823	Violette de Rivinus, Violette de rivin
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray, 1821	Vulpie queue-d'écureuil, Vulpie faux Brome
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C.Gmel., 1805	Vulpie queue-de-rat, Vulpie Queue-de-souris
<i>Yucca gloriosa</i> L., 1753	Yucca
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng., 1826	Richarde

A Annexe 2, Etude d'impact acoustique prévisionnelle (Alhyange, 2024)

Annexe 2, Etude d'impact acoustique prévisionnelle (Alhyange, 2024)



ALHYANGE

Ingénierie acoustique et vibratoire

CREATION DU NOUVEAU STADE BRESTOIS

BREST (29)

NOS AGENCES :

BRETAGNE

14, rue du Rouz
29900 **CONCARNEAU**
02.98.90.48.15
bzh@alhyange.com

23, rue Stanislas Dupuy de Lôme
56000 **VANNES**
02.57.62.06.22
bzh@alhyange.com

GRAND-OUEST / CENTRE

1, boulevard Paul Chabas
44100 **NANTES**
02.85.67.00.80
grandouest@alhyange.com

51-53, avenue du Grésillé
49000 **ANGERS**
02.52.35.21.23
valdeloire@alhyange.com

64, rue Michaël Faraday
37170 **CHAMBRAY-LES-TOURS**
02.46.65.58.60
valdeloire@alhyange.com

IDF/ NORD-EST

17, passage Saint-Bernard
75011 **PARIS**
01.43.14.29.01
acoustique@alhyange.com

SUD-EST

102, rue Masséna
69006 **LYON**
04.82.53.89.69
acoustique@alhyange.com

www.alhyange.com

ETUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE PREVISIONNELLE

Février 2024

DESTINATAIRES

HOLDISPORTS
160 rue Roberto Cabanas
29490 GUIPAVAS

RÉDACTION : Laurette BENEDETTI
APPROBATION : Caroline DERNY

RÉFÉRENCE : AL 24/26682
INDICE : Ind1
DATE : 26/02/2024

SUIVI DES REVISIONS

Réf	Date	Description des révisions.
AL 18/21237 Ind1	22/10/2018	Etude d'impact acoustique prévisionnelle, comprenant l'impact du stade et du trafic routier avant et après match
AL 21/23709 Ind1	28/10/2022	Mise à jour de l'étude d'impact suivant la nouvelle forme du bâtiment et la nouvelle étude de trafic de 2022
AL 24/26682 Ind0	15/02/2024	Mise à jour de l'étude d'impact suivant la nouvelle position du bâtiment
AL 24/26682 Ind1	26/02/2024	Mise à jour du programme des locaux du stade

SOMMAIRE

1. OBJET	3
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE	4
2.1. Textes réglementaires.....	4
2.2. Normes	4
2.3. Résumé des principaux textes réglementaires	5
3. PRESENTATION DU PROJET	8
3.1. Présentation du projet.....	8
3.2. Présentation de l'étude	9
4. MODELISATION ACOUSTIQUE : SITUATION INITIALE	10
4.1. Modélisation informatique avec CadnaA – Situation initiale	10
4.2. Recalage du modèle	12
4.3. Cartographie sonore de la situation initiale	13
4.4. Localisation des zones d'ambiance sonore	15
5. MODELISATION ACOUSTIQUE : ETUDE PREVISIONNELLE – BRUIT ROUTIER	16
5.1. Modélisation informatique avec CadnaA – Etude prévisionnelle	16
5.2. Cartographie sonore de l'impact du trafic projeté avant/après match.....	18
6. MODELISATION ACOUSTIQUE : ETUDE PREVISIONNELLE – ACTIVITE DU STADE	23
6.1. Modélisation informatique avec CadnaA	23
6.2. Données et hypothèses	23
6.3. Résultat de la modélisation pendant un match	24
7. CONCLUSION	27
ANNEXES	28
ANNEXE 1 - DONNEES DE TRAFICS PROJETE - TRANSMISES PAR SCE LE 4-10-2022	29
ANNEXE 2 - NOTIONS ACOUSTIQUES	31

1. OBJET

Dans le cadre du projet de construction d'un nouveau stade à Brest (29), ALHYANGE Acoustique a été missionné pour mettre à jour l'étude de l'impact acoustique prévisionnel du projet sur son environnement proche.

Le projet consiste en la création d'un nouveau stade sur un site vierge dont l'impact acoustique sur l'environnement est lié à :

- Réaménagement de voies routières existantes,
- Modification du trafic routier existant,
- Activité au sein du stade.

Les étapes de la mission acoustique sont les suivantes :

- Diagnostic du paysage sonore initial réalisé en septembre 2018 (réf : AL_18_21237_DIAG_LB_ind0.pdf datant du 22/10/2018) : Ce diagnostic a permis de caractériser les critères de bruit résiduel ;
- Diagnostic acoustique pendant un match de foot réalisé en octobre 2018 (réf : AL_18_21237_DIAG_MATCH_CD_ind0.pdf datant du 26/10/2018) : Ce diagnostic a permis de caractériser les niveaux sonores générés pendant le match dans le stade actuel du club de Brest ;
- 1^{ère} mise à jour de l'étude d'impact acoustique prévisionnelle le 28/10/2022 :
 - o Nouvelle position et forme du bâtiment ;
 - o Prise en compte de la ligne de Tramway (gare + remisage) ;
 - o Etudes d'impact acoustique prévisionnelles de l'évolution du trafic routier :
 - Avant et Après Match le vendredi soir (de 18h30 à 19h30 et de 22h à 23h) ;
 - Avant et Après Match le Samedi après-midi (de 15h30 à 16h30 et de 19h à 20h) ;
 - o Etude de l'impact acoustique de l'activité du stade pendant un match.
- Mise à jour de l'étude d'impact acoustique prévisionnelle, suivant le nouvel emplacement du stade suivant le plan de masse du 14/11/2023.



(APS Juillet 2022)

2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

2.1. Textes réglementaires

La réglementation acoustique applicable dans le cadre du projet est la suivante :

- Décret n°95-21 du 9 janvier 1995 Décret relatif au classement des infrastructures de transports terrestres et modifiant le Code de l'urbanisme et le Code de la construction et de l'habitation.
- Décret n°95-22 du 9 janvier 1995 Décret relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres.
- Circulaire n°97-110 du 12 décembre 1997 Relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national.
- Arrêté du 5 mai 1995 Relatif au bruit des infrastructures routières.

2.2. Normes

Les mesures et calculs prévisionnels seront réalisés selon les normes :

- La norme NFS 31-110 « Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits dans l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation » de novembre 2005.
- La norme NFS 31-085 « Acoustique – Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier – Spécifications générales de mesurage » de novembre 2002.
- La norme NFS 31-010 « Acoustique – Caractérisation et mesurage du bruit dans l'environnement – Méthodes particulières de mesurage » de décembre 1996.
- La norme NFS 31-133 (fév 2007) Acoustique - Bruit des infrastructures de transports terrestres - Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques.
- Méthode de calcul prévisionnel : NMPB 2008.

2.3. Résumé des principaux textes réglementaires

Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières

Les niveaux sonores maximum admissibles pour la contribution sonore d'une infrastructure nouvelle ou existante sont fixés aux valeurs suivantes :

- **Infrastructure nouvelle**

L'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 fixe les niveaux admissibles en façade de bâtiment pour la contribution sonore d'une infrastructure nouvelle, telle que mentionnée à l'article 4 du décret 95-22 du 09-01-95, aux valeurs précisées dans le tableau ci-dessous.

Usage et nature des locaux	L _{Aeq} ⁽²⁾ Diurne (6h-22h)	L _{Aeq} ⁽²⁾ Nocturne (22h-6h)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale	60 dB(A) ⁽¹⁾	55 dB(A)
Etablissement d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dB(A)	-
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dB(A)	-

Nota :

- (1) Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour de malades, ce niveau est abaissé à **57 dB(A)**.
- (2) Les niveaux sonores L_{Aeq} indiqués sont les niveaux à 2 mètres en avant de la façade des bâtiments, fenêtres fermées.

Une zone est d'ambiance sonore modérée si le niveau de bruit ambiant mesuré avant la construction de la voie nouvelle est inférieur à 65 dB(A) en période diurne et inférieur à 60 dB(A) en période nocturne.

Dans le cas où une zone respecte le critère d'ambiance modérée seulement pour la période nocturne, c'est le niveau sonore maximal de 55 dB(A) qui s'applique à cette période.

- **Voie existante**

Lors d'une modification ou transformation significative d'une infrastructure existante, le niveau sonore résultant devra respecter les prescriptions suivantes :

- Si la contribution sonore avant travaux est inférieure aux valeurs fixées dans le tableau précédent, elle ne pourra excéder ces valeurs après travaux.
- Dans le cas contraire, la contribution sonore après travaux ne doit pas dépasser la valeur existant avant travaux, sans pouvoir excéder 65 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne.

L'article 3 de l'arrêté du 5 mai 1995 définit les objectifs suivants pour le cas de transformation d'une route (pour une augmentation de la contribution sonore de l'infrastructure d'au moins 2 dB(A) à terme) en période diurne (6h – 22h), aux valeurs suivantes (pour la période nocturne, les valeurs sont diminuées de 5 dB(A)) :

Nature de locaux	Contribution actuelle de la route existante	Niveau sonore ambiant initial de jour (avant transformation) ⁽¹⁾	Seuil à respecter pour la seule route après transformation
Logements	≤ 60 dB(A)	< 65 dB(A)	60 dB(A)
		≥ 65 dB(A)	65 dB(A)
	> 60 et ≤ 65 dB(A)	< 65 dB(A)	Valeur de la contribution actuelle de la route
		≥ 65 dB(A)	65 dB(A)
	> 65 dB(A)	≥ 65 dB(A)	65 dB(A)
	Bureaux	Indifférent	< 65 dB(A)
≥ 65 dB(A)			Aucune obligation
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale : salle de soins et de repos des malades	≤ 60 dB(A)	Indifférent	60 dB(A)
	> 60 et ≤ 65 dB(A)		Valeur de la contribution actuelle de la route
	> 65 dB(A)		65 dB(A)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	≤ 60 dB(A)	Indifférent	60 dB(A)
	> 60 et ≤ 65 dB(A)		Valeur de la contribution actuelle de la route
	> 65 dB(A)		65 dB(A)

Nota :

⁽¹⁾ Le niveau sonore ambiant initial est le niveau existant sur le site **toutes sources sonores confondues**, y compris la route dans son état initial.

• **Isolement de façade**

« Article 4 – Dans les cas nécessitant un traitement du bâti mentionnés à l'article 5 du décret relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, l'isolement acoustique contre les bruits extérieurs D_{nAt} vis-à-vis du spectre routier défini dans les normes en vigueur [exprimé par l'indice $D_{nT,A,tr}$ depuis la NRA], exprimé en dB(A), sera tel que :

$$D_{nAt} \geq L_{Aeq} - Obj + 25$$

L_{Aeq} : Contribution sonore de l'infrastructure définie à l'article 1^{er}
 Obj : contribution sonore maximale admissible

[...] l'isolement résultant ne devra pas être inférieur à 30 dB(A). »

AP du Finistère du 1^{er} mars 2012 portant réglementation des bruits de voisinage

Section 5 : Activités de loisirs ou sportives

Article 17 :

« Lors de la création ou de l'extension d'une activité régulière à caractère sportif, culturelle ou de loisirs, dans ou à proximité d'une zone habitée ou constructible définie par des documents d'urbanisme opposables au tiers, l'autorité administrative compétente peut réclamer la production d'une étude particulière, à la charge du pétitionnaire, réalisée par un bureau d'étude spécialisé, permettant d'évaluer les niveaux des nuisances sonores susceptibles d'être apportées au voisinage... »

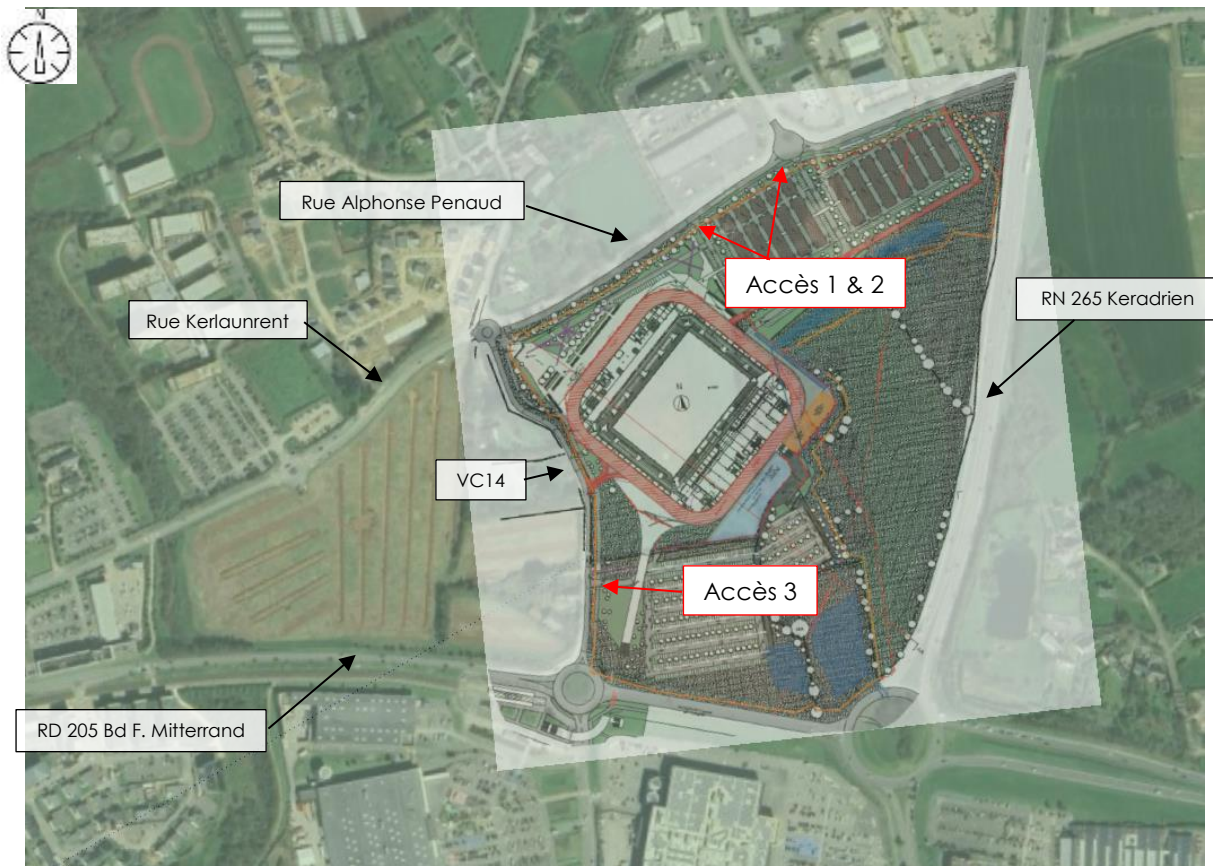
3. PRESENTATION DU PROJET

3.1. Présentation du projet

Le projet consiste en la construction d'un nouveau stade à Brest (29), composé de :

- Un **stade de football** pour le SB29 :
 - o 4 tribunes avec salons et loges pour environ 15 000 places avec 1 300 places de stationnement de parking ;
 - o Un espace de travail et une boutique pour le SB29 et ces partenaires,
- Un **pôle bénéficiant aux Brestoïses toute l'année** :
 - o Restaurant, brasserie, buvette, halle gourmande, bar, rooftop... ;
 - o Boutiques Stade de Brest ;
 - o Crèche, espace famille... ;
 - o Loisir indoor numérique (2000m²) ;
 - o Des espaces de bureaux et de séminaires, auditorium (80 places) ;
 - o 30 loges de 365 places.
- Des **infrastructures publiques** permettant l'intégration urbaine du projet :
 - o Une voie de remisage à la station de tramway « Porte de Guipavas » ;
 - o Une passerelle piétonne enjambant le boulevard F. Mitterrand pour relier le projet à la zone commerciale Coataudon ;
 - o Un parking public d'environ 350 place.

Les accès aux parkings se feront par le Nord rue Alphonse Penaud et par le Nord de la voie VC14 (passage actuellement en sens unique mis en double sens).



Plan accès au stade.

3.2. Présentation de l'étude

L'étude d'impact acoustique se décompose en trois étapes :

- Première étape : Modélisation de la situation initiale qui permet de :
 - o Valider le modèle informatique de la zone d'étude par rapport aux mesures de diagnostic réalisées en 2018. Le modèle validé servira de base pour les études prévisionnelles.
 - o Elargir le diagnostic acoustique et visualiser sur l'ensemble de la zone d'étude les zones sensibles (zones bruyantes et zones calmes) grâce à la cartographie sonore.

- Deuxième étape : Etude d'impact prévisionnelle du trafic routier et tramway avant/après match qui permet de :
 - o Calculer l'impact acoustique du trafic routier autour du projet lors d'un match ;
2 scénarii avant/après match sont modélisés : le vendredi soir et le samedi après-midi.
 - o Analyser les résultats obtenus à l'Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières.

- Troisième étape : Etude d'impact prévisionnelle d'un match sur l'environnement proche qui permet de :
 - o Calculer les émergences sonores sur les riverains les plus proches,
 - o Evaluer les niveaux de nuisances sonores susceptibles d'être apportées au voisinage.

4. MODELISATION ACOUSTIQUE : SITUATION INITIALE

4.1. Modélisation informatique avec CadnaA – Situation initiale

Afin de caractériser l'ambiance sonore existante, une campagne de mesures acoustiques a été réalisée en 4 points de mesures longue durée (6 jours), du 17 au 24 septembre 2018, afin d'intégrer l'ensemble des périodes réglementaires nocturne (22h-6h) et diurne (6h-22h).

Le détail de ce diagnostic et les résultats de ces mesures figurent dans le rapport d'ALHYANGE **AL_18_2137_DIAG_LB_ind0.pdf** transmis le 26/10/2018.

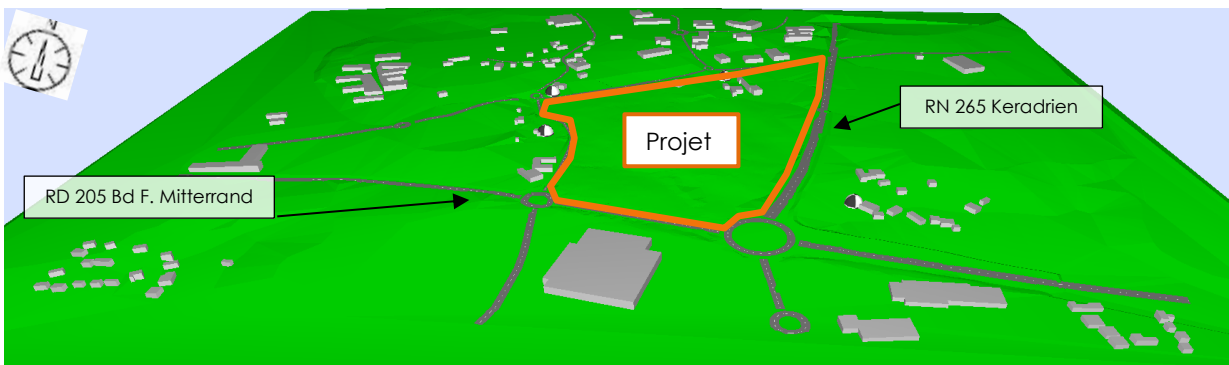
Un modèle informatique a été réalisé avec le logiciel de calcul prévisionnel CadnaA, à partir de données topographiques et cadastrales.

Ce logiciel permet de calculer les niveaux sonores en espace extérieur en intégrant des paramètres tels que la topographie, le bâti, la végétation, la nature du sol, les caractéristiques des sources sonores et les données météorologiques du site.

Les calculs prévisionnels sont basés sur la norme NF S 31-133 (février 2011) « Acoustique - Bruit des infrastructures de transports terrestres - Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques ».

La méthode de calcul est la NMPB 2008 du CSTB.

La vue ci-dessous représente la modélisation 3D, réalisée sous le logiciel CADNAA, du projet et de ces environs.



Vue 3D de la situation initiale

- **Données et hypothèses**

Le tissu urbain est issu des données cadastrales disponibles et de la topographie, et les infrastructures routières sont issues d'un fichier au format dwg transmis par BREST METROPOLE. L'ensemble de ces éléments a été importé dans le logiciel CadnaA.

Les données de trafic routier (débits de véhicules légers et poids lourds par jour) sont issues des comptages routiers réalisées par BREST METROPOLE entre le 13 et le 24 septembre 2018.

Les bâtiments sont considérés comme réfléchissants. L'absorption du sol a été estimée à $\alpha = 0,85$.

Le nombre de réflexions sonores prises en compte est de 3.

- **Météorologie**

Les calculs ont été réalisés en prenant en compte les occurrences météorologiques de la ville de Brest (donnée fournie par le logiciel CADNAA).

- **Choix des points de références**

Les points de référence retenus pour valider le modèle (situation initiale) correspondent aux points de mesures réalisés lors du diagnostic acoustique de 2018.

- **Traffics retenus**

Le tableau suivant présente les différentes données de trafic routier moyen annuel utilisées dans le modèle :

Voies	Trafic journalier TMJA		Trafic diurne (6h-22h)		Trafic nocturne (22h-6h)	
	Nb véhicules	% PL	Nb véh/h	% PL	Nb véh/h	% PL
RD 205 Bd. F. Mitterrand	14321	3,2	867	3,1	56	5,2
RN 265 Keradrien	27420	23,8	1656	24,5	117	4,4

Ces données sont issues des comptages routiers réalisés du 13 au 24 septembre 2018.

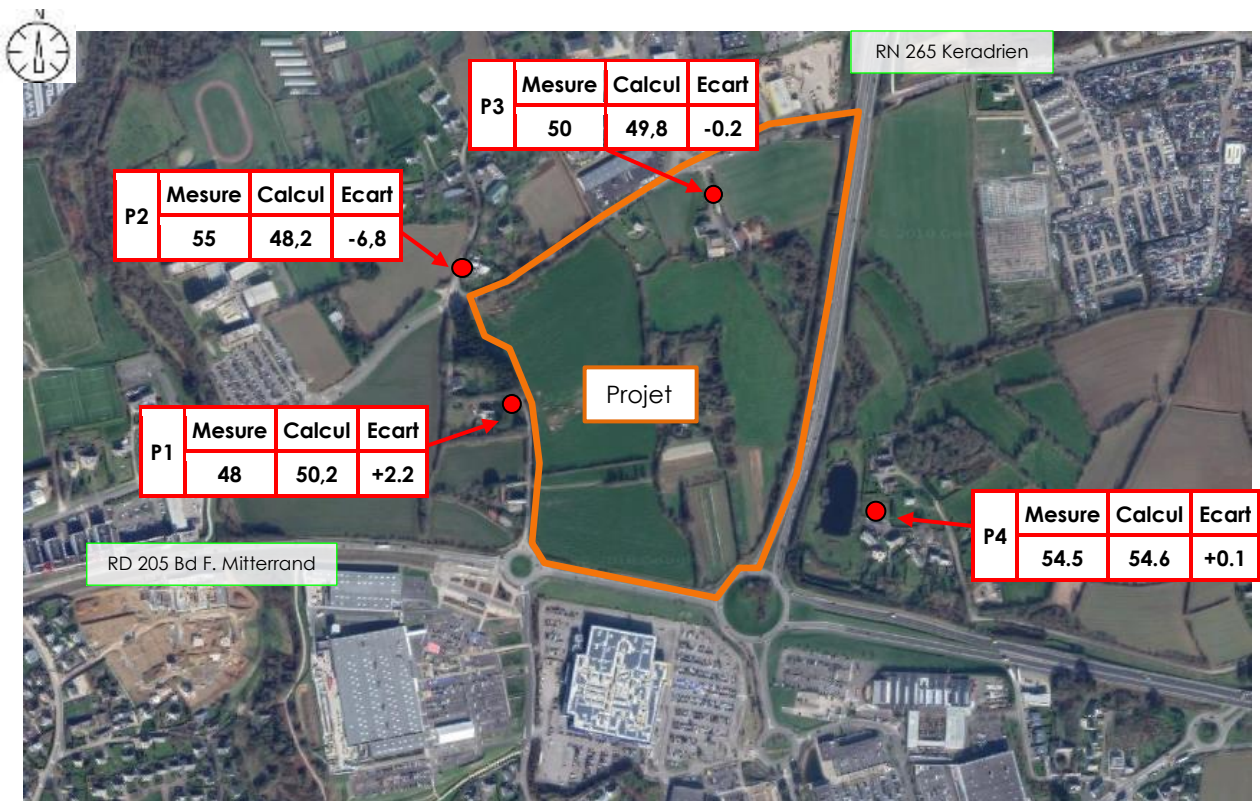
4.2. Recalage du modèle

Le modèle informatique de la zone a été recalé en chacun des points de référence afin que les niveaux sonores calculés par le logiciel CadnaA correspondent aux niveaux sonores mesurés sur site lors du diagnostic.

Les vitesses de circulation des véhicules prises en compte sont les vitesses réglementaires. En fonction de nos observations faites in situ et des résultats de calculs du modèle, les vitesses ont été ajustées afin de recalibrer le modèle. De même, les différents types d'écoulement (accélération, ralenti, continu...) liés aux aménagements (présence de feux, de giratoires...) et types de revêtement routier, ont été pris en compte afin de recalibrer le modèle aux mesures.

La différence entre les niveaux sonores mesurés le jour et la nuit, pour les 4 points, étant supérieure à 5 dB(A), on choisit la période diurne pour le recalage du modèle acoustique.

Le plan ci-dessous présente les niveaux sonores LAeq,LT,t (issus des mesures et recalés sur les trafics moyens annuels) et les niveaux sonores calculés par simulation (avec les données de trafic moyen annuel) :



Les résultats obtenus par calcul sont comparés aux mesures recalées sur les trafics moyens annuels : Le "manuel du Chef de Projet relatif au bruit et études de transport" édité par le SETRA et le CERTU indique que la précision acceptable est de + ou - 2dB(A) en usage normal dans le cadre de la réalisation d'une modélisation informatique d'un site simple et jusqu'à 4 dB(A) dans le cadre d'un site complexe.

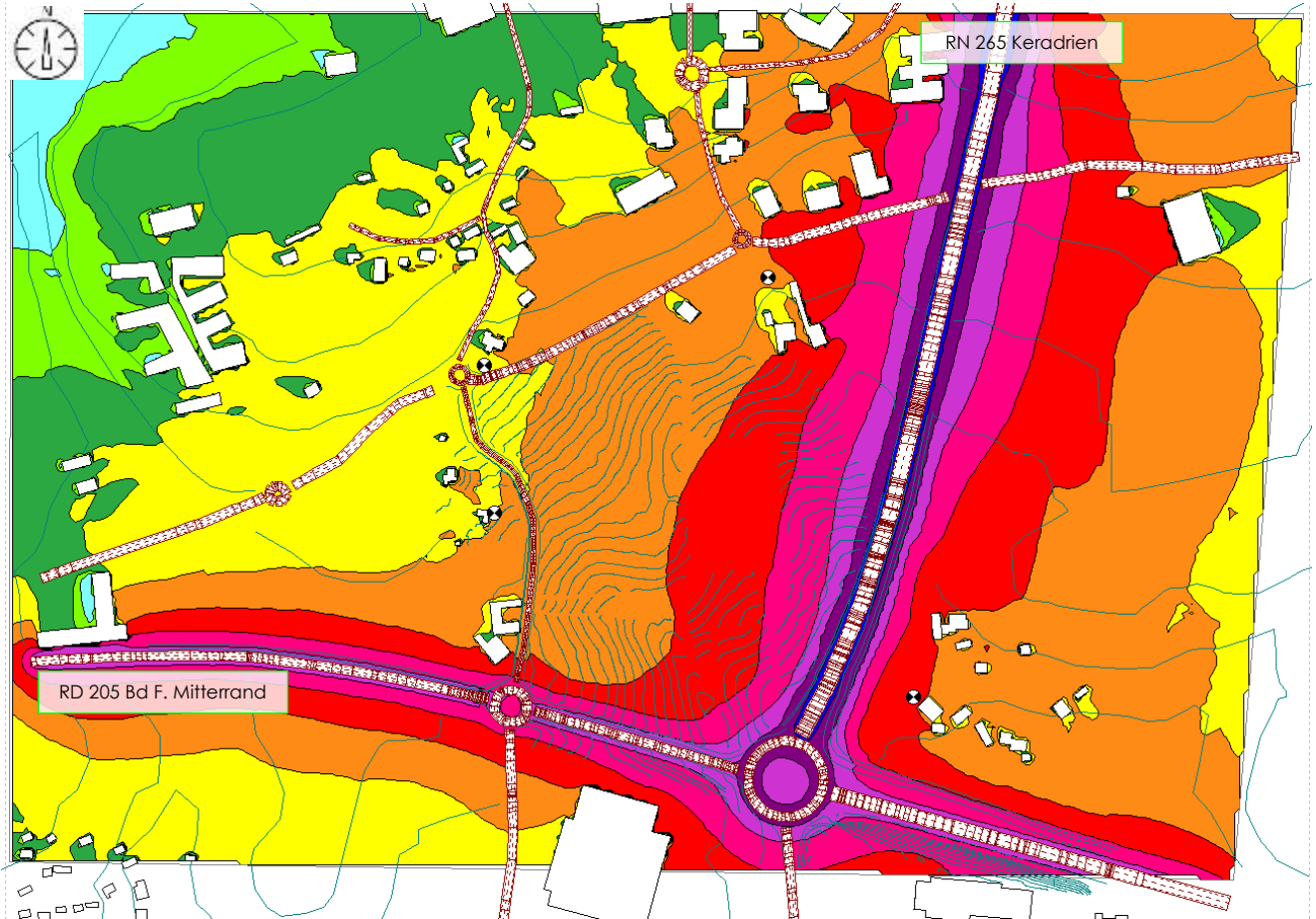
A noter : l'écart entre le niveau sonore calculé par simulation et celui mesuré est supérieur à -4 dB (A) au point 2. Ce point est le plus éloigné des voies routières simulées, il est donc moins impacté par celles-ci. Il est a priori impacté par la zone industrielle (dont l'activité n'est pas modélisée ici).

Le modèle est recalé par rapport aux 3 autres points de référence, plus proches des voies routières. Au vu des hypothèses et des résultats obtenus, **le modèle est validé**.

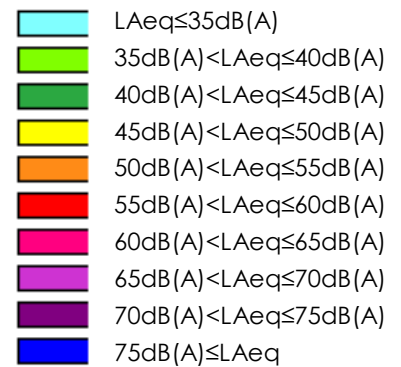
4.3. Cartographie sonore de la situation initiale

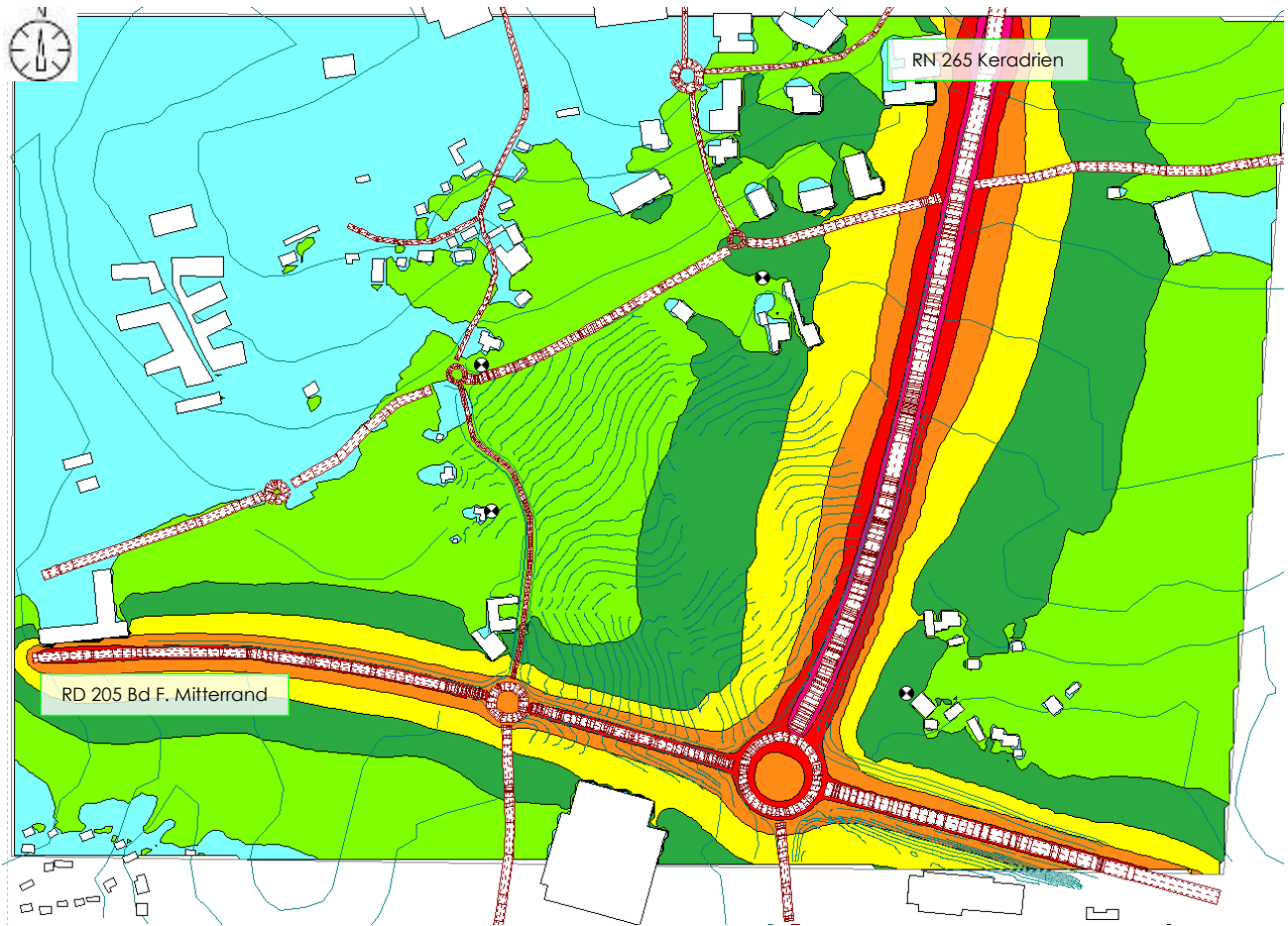
Les cartes de bruit suivantes représentent l'impact acoustique des axes routiers dans la situation actuelle en période diurne (L_{Aeq} (6h-22h)) et nocturne (L_{Aeq} (22h-6h)).

Les cartes sont calculées à une altitude de 4 mètres au-dessus du sol (cf. directive européenne 2002/49/CE).

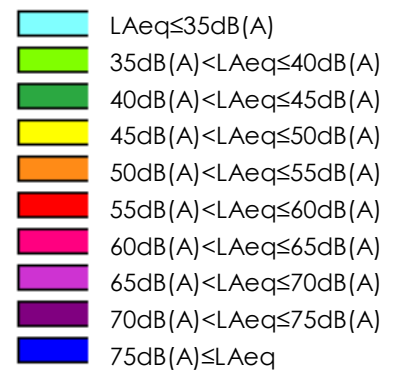


Surface isophones des niveaux sonores L_{Aeq,LT} calculés en dB(A) induit par les voies routières (la RN 265 et la RD 205) – Période Jour (6h-22h) – Situation initiale





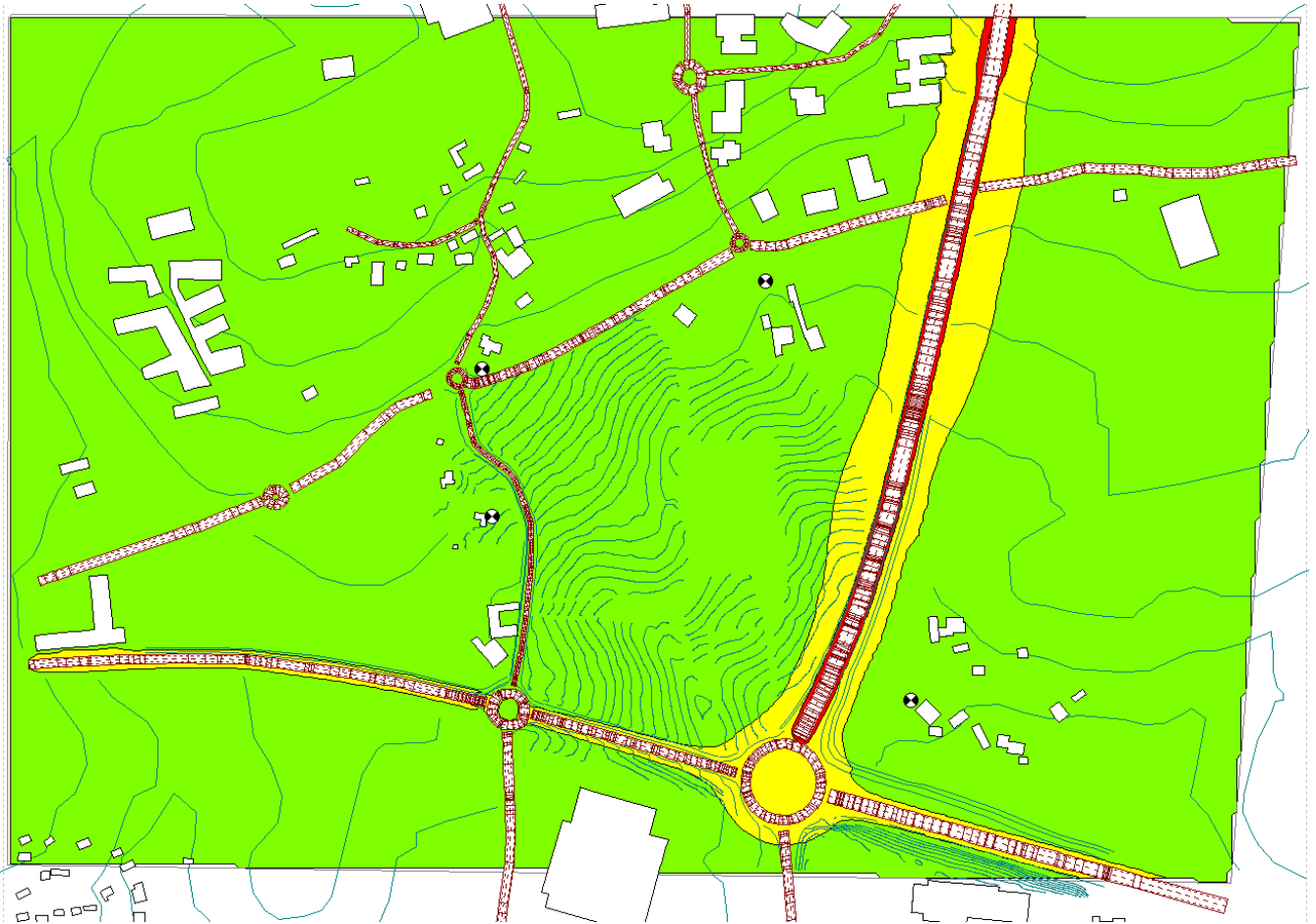
Surface isophones des niveaux sonores LAeq,LT calculés en dB(A) induit par les voies routières (la RN 265 et la RD 205) - Période Nuit (22h-6h) - Situation initiale



4.4. Localisation des zones d'ambiance sonore

Les zones localisées sur les cartes de bruit ci-dessous sont :

- Zone « modérée » ($L_{Aeq} \text{ Jour} \leq 65 \text{ dB(A)}$ et $L_{Aeq} \text{ Nuit} \leq 60 \text{ dB(A)}$)
- Zone « modérée de nuit » ($L_{Aeq} \text{ Jour} > 65 \text{ dB(A)}$ et $L_{Aeq} \text{ Nuit} \leq 60 \text{ dB(A)}$)
- Zone « non modérée » ($L_{Aeq} \text{ Jour} > 65 \text{ dB(A)}$ et $L_{Aeq} \text{ Nuit} > 60 \text{ dB(A)}$)



Localisation des différentes zones d'ambiance sonore en fonction du $L_{Aeq,LT}$ en dB(A) à une hauteur de 4m – Situation initiale

Commentaires :

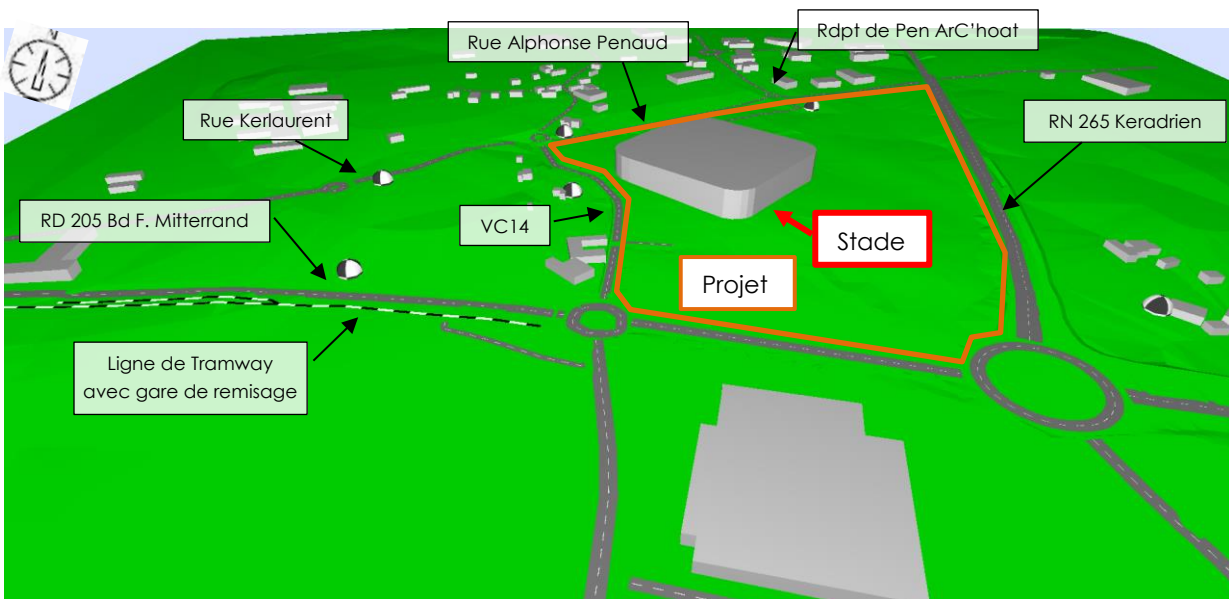
La modélisation de l'état initial montre que le site est **d'ambiance sonore modérée**, à l'exception d'une « bande » de zone d'ambiance sonore « modérée de nuit » localisée le long de la RN 265 Keradrien et de son giratoire sur une bande d'environ 35m de chaque côté de la voie.

5. MODELISATION ACOUSTIQUE : ETUDE PREVISIONNELLE – BRUIT ROUTIER

5.1. Modélisation informatique avec CadnaA – Etude prévisionnelle

La maquette de l'état initial est modifiée pour intégrer le projet suivant le plan de masse (APD novembre 2023).

La vue ci-dessous représente la modélisation 3D réalisée sous le logiciel CADNAA du projet et de ces environs.



Vue 3D du projet

• Données et hypothèses

Les hypothèses de calcul de la situation initiale sont conservées pour les calculs de l'étude prévisionnelle. Seules les données de trafic sont modifiées et la VC14 est aménagée en voie à double sens.

Les données de trafic prévisionnel fournies par le bureau d'études SCE (datant du 04-10-2022) concernent la modification du trafic sur 1h avant et après Match suivant 2 scénarii : match le Vendredi soir et le samedi après-midi.

Les hypothèses prises par SCE pour les études de trafic sont :

- Fréquentation du stade : 10 000 visiteurs (soit 66% de la capacité totale de 15000 visiteurs),
- L'arrivée et le départ des spectateurs se fait sur les 2h avant et après le Match, l'hypothèse est faite que 55% des spectateurs arrive sur l'heure précédent le match,
- Match Vendredi soir de 19h30 à 22h00 et le Samedi après-midi de 16h30 à 19h,
- Accès aux parkings Sud du stade par le Nord de la voie VC14, cette voie est mise en sens unique du Nord vers le Sud lors de l'arrivée des spectateurs et est remise en double sens lors de leur départ,
- Accès aux parkings Nord par rue Alphonse Penaud.

- **Trafics retenus**

Les données de trafic fournies correspondent à l'heure avant ou après match, cas le plus pénalisant (55% des spectateurs arrivent sur l'heure précédent le match).

Le tableau suivant présente les données de trafic routier projeté en situation avant et après match fournies par SCE (le 04-10-2022) et qui seront utilisées dans le modèle, ainsi que le nombre de Tramways circulant sur la ligne et sur la gare de remisage (données fournies par EGIS datant Avril 2020) :

Voies	Trafic projeté (Nb de véh/h)			
	Vendredi soir Avant Match (18h30-19h30)	Vendredi soir Après Match (22h-23h)	Samedi après midi Avant Match (15h30-16h30)	Samedi après midi Après Match (19h-20h)
RD 205 Bd. F. Mitterrand	1667	1890	1481	1510
RN 265 Keradrien	2575	2470	2139	2030
Rondpoint de Pen Ar C'hoat	604	600	775	335
Parking Nord	474	600	531	165
Rue Alphonse Penaud	242	435	241	260
Rue Kerlaurent	293	290	395	190
VC14	242 (Portion Nord de la route) 0 (Portion Sud de la route)	445 (Portion Nord de la route) 595 (Portion Sud de la route)	321 (Portion Nord de la route) 0 (Portion Sud de la route)	200 (Portion Nord de la route) 310 (Portion Sud de la route)
Ligne de tramway (Porte de Guipavas) Et gare de remisage	12 rames (arrivée et départ à la Porte de Guipavas) 6 rames dans la Gare de remisage			

Pour simuler l'encombrement (embouteillage) des voies d'accès au stade, la vitesse est limitée à 70km/h sur la RN 265, de 50km/h sur la RD 205, et de 40km/h sur la rue Alphonse Penaud, la rue Kerlaurent et la VC14 avec un écoulement de type pulsé.

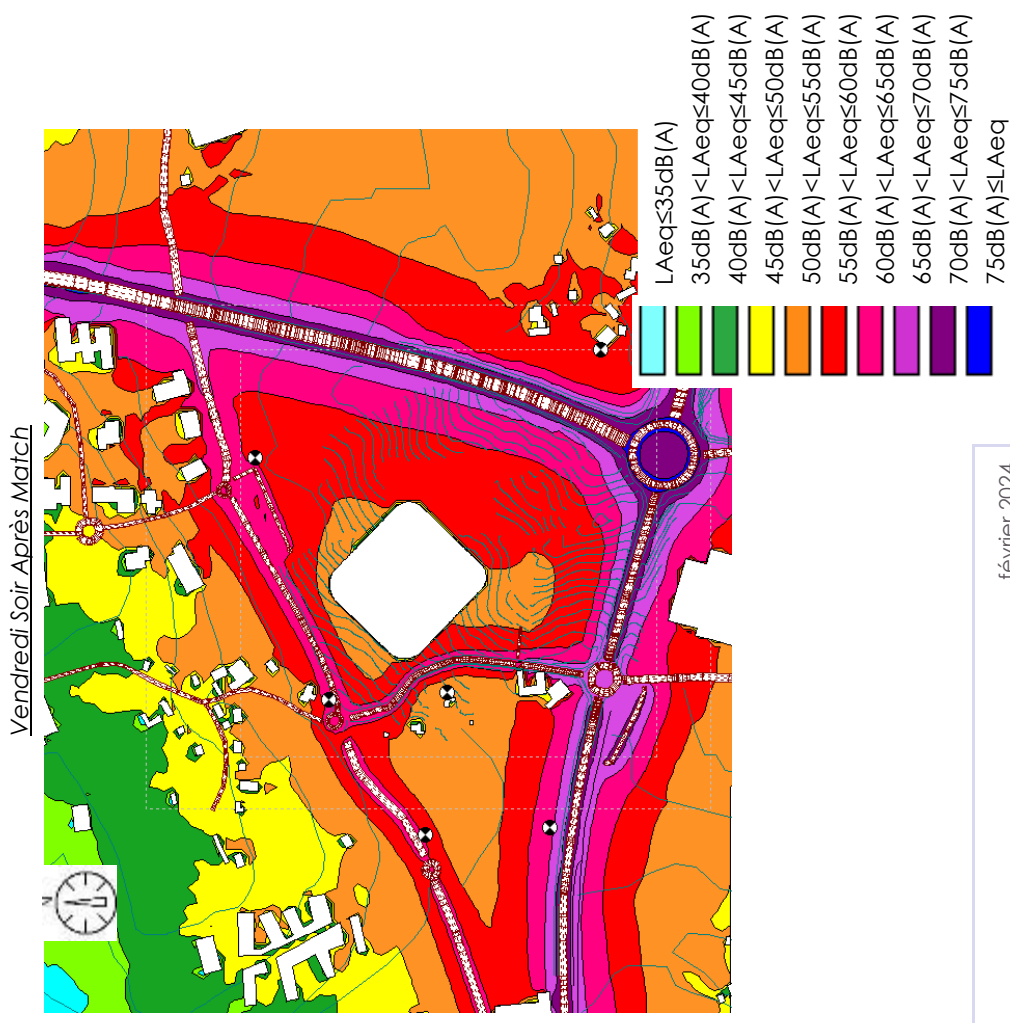
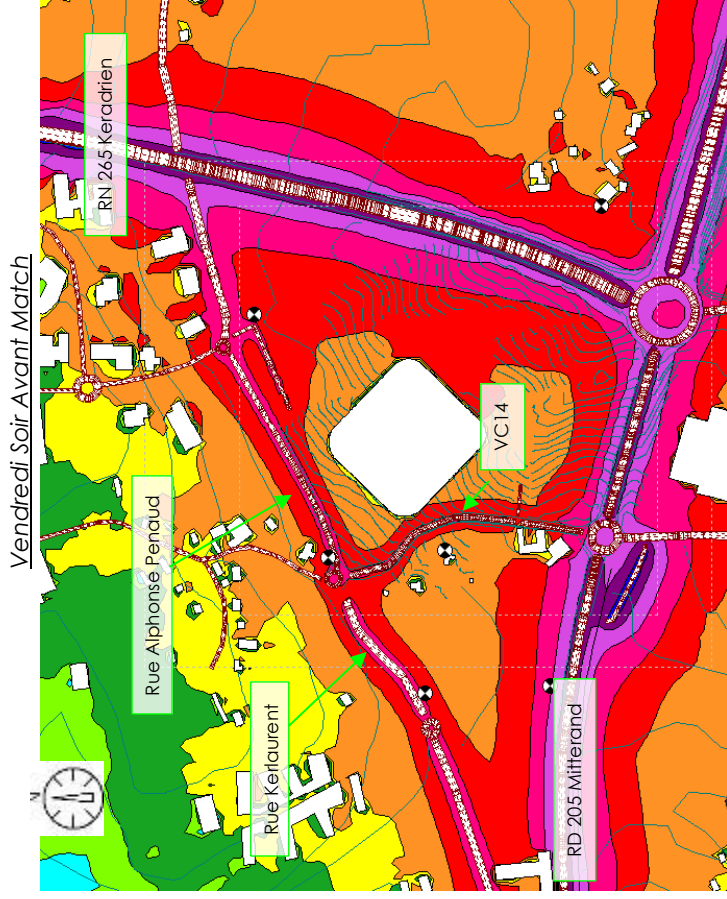
Le Tramway circule à une vitesse d'environ 20km/h.

5.2. Cartographie sonore de l'impact du trafic projeté avant/après match

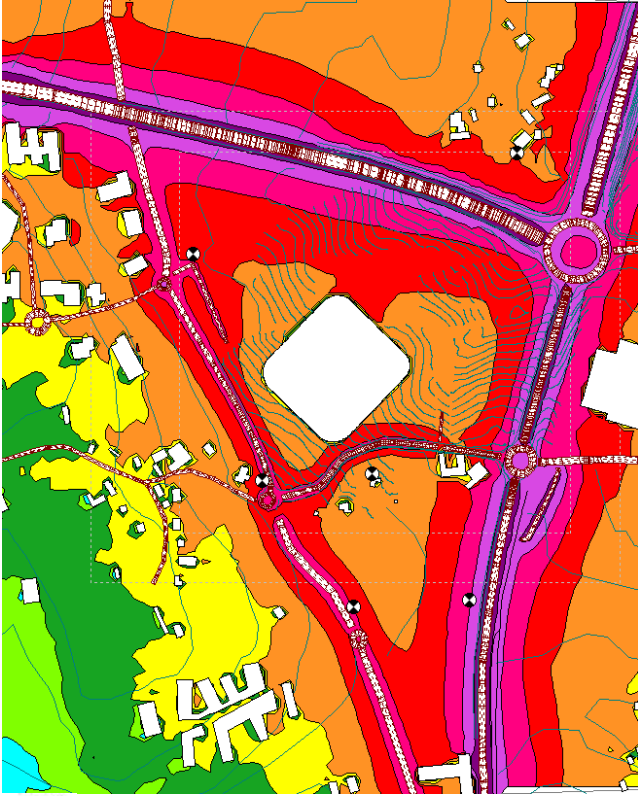
- **Cartographie sonore**

La carte de bruit suivante représente l'impact acoustique du trafic projeté sur les axes routiers entourant le stade, avant et après un match le vendredi soir et le samedi après-midi.

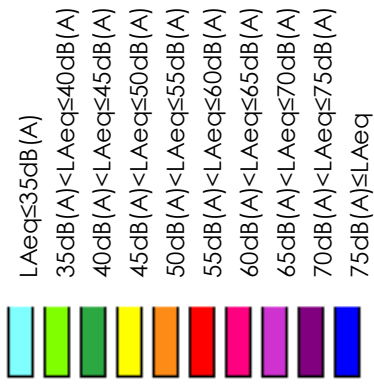
Les cartes (Surface isophones des niveaux sonores LAeq calculés en dB(A)) sont calculées à une altitude de 4 mètres au-dessus du sol (cf. directive européenne 2002/49/CE).



Samedi Après-midi Avant Match



Samedi Après-midi Après Match

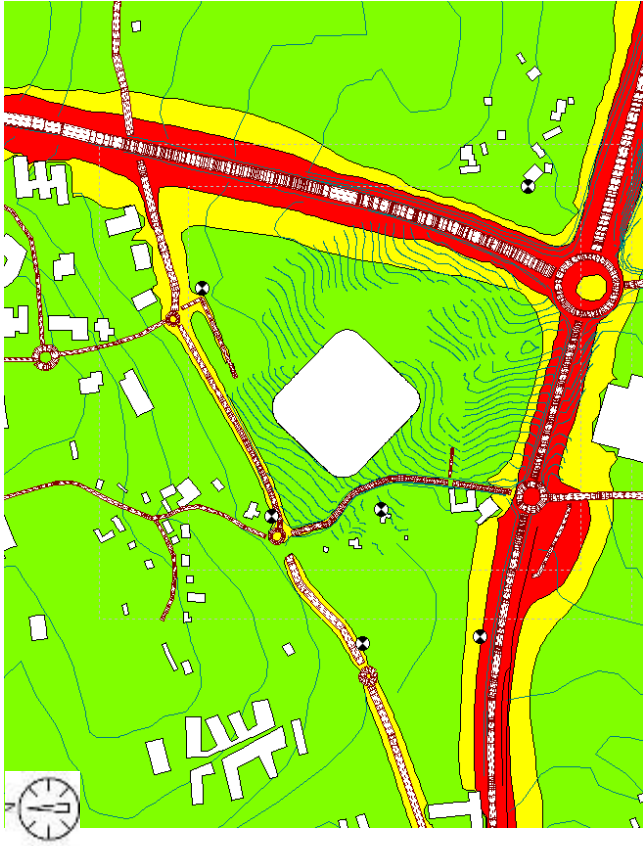


Commentaires :

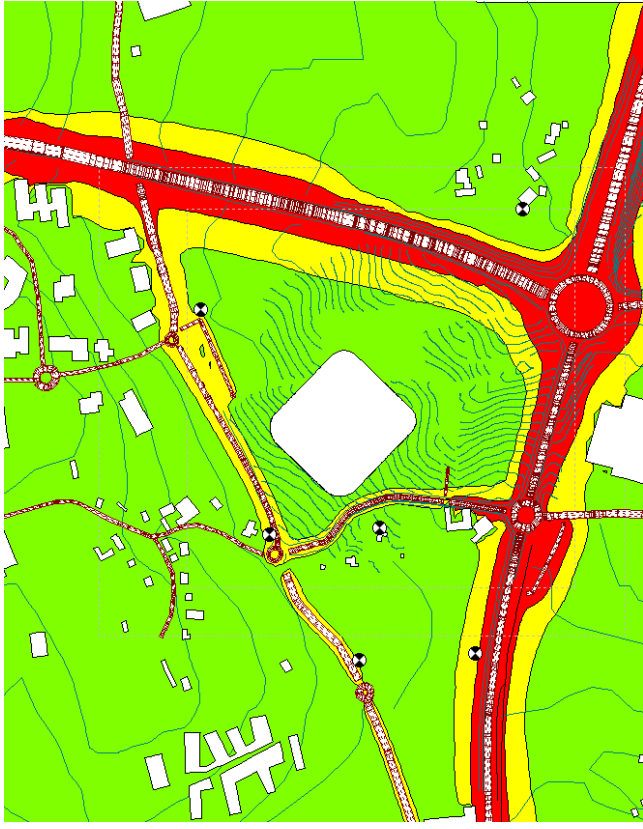
La modélisation du trafic projeté avant et après un Match le vendredi soir ou le samedi après-midi, met en évidence l'augmentation du niveau sonore le long des voies d'accès au stade, en particulier sur la rue Alphonse Penaud et la VC14.

Pour rappel la réglementation (Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières) fixe des niveaux sonores maximum de 60 dB(A) en façade des bâtiments de logements, et 65 dB(A) en façade de bâtiments tertiaires, lors de l'aménagement de voies routières existantes. Voir cartographie sonore ci-dessous.

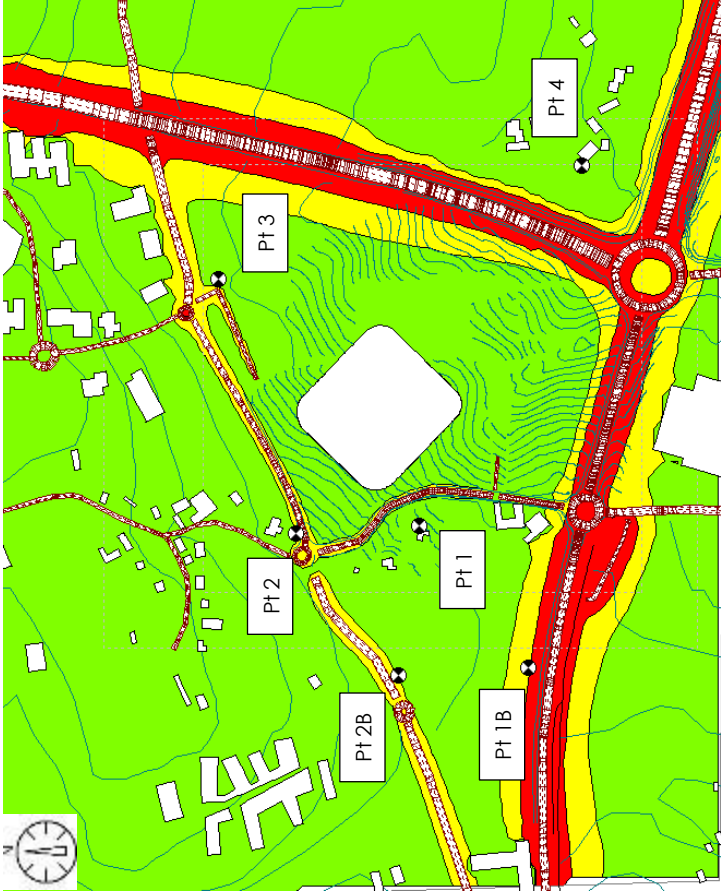
Vendredi Soir Avant Match



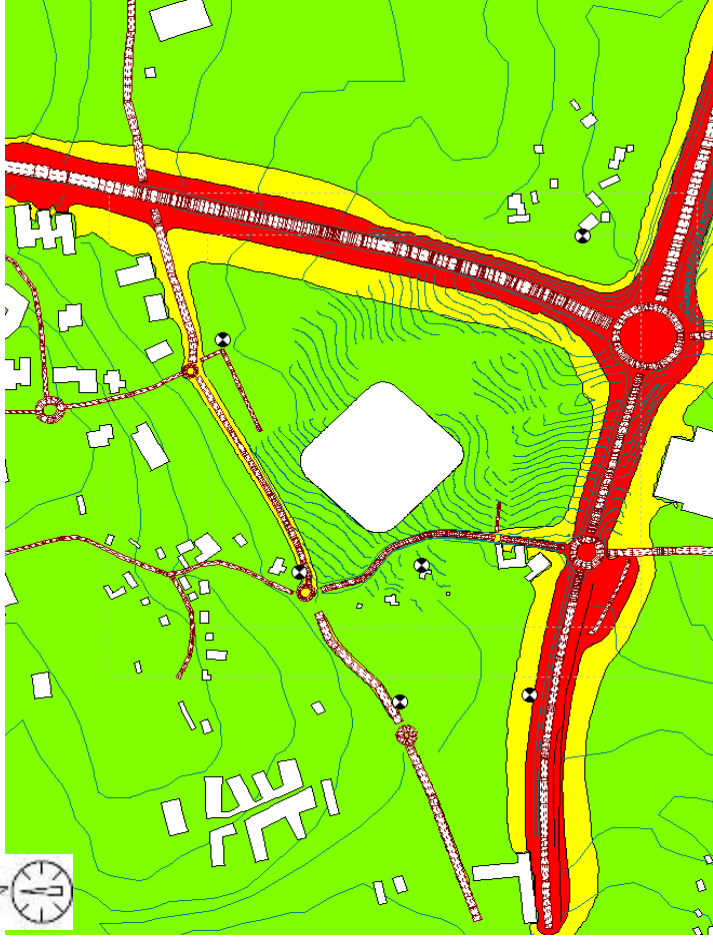
Vendredi Soir Après Match



Samedi Après-midi Avant Match



Samedi Après-midi Après Match



2 nouveaux points de référence supplémentaires sont ajoutés pour affiner les résultats au niveau d'un projet d'aménagement d'une ZAC :

- Point 1 bis : positionné à l'Ouest (à environ 20m du bord de la RD 205) côté projet tertiaire le long de la RD 205 ;
- Point 2 bis : positionné à l'Ouest (à environ 15m du bord de la rue Kerlaurent) côté projets logements ;

- **Analyses**

Les niveaux sonores initiaux (voir paragraphe 4.2) et les niveaux sonores prévisionnels calculés aux points de référence sont présentés dans le tableau suivant :

Niveau sonore		Point 1	Point 1 Bis	Point 2	Point 2 bis	Point 3	Point 4
Initial		48 dB(A)	-	55 dB(A)		50 dB(A)	54,5 dB(A)
Prévisionnel	Vendredi Avant match	50,5 dB(A)	61,5 dB(A)	56,5 dB(A)	58 dB(A)	56,5 dB(A)	54,0 dB(A)
	Vendredi Après match	52,5 dB(A)	61,5 dB(A)	58,5 dB(A)	58 dB(A)	57,0 dB(A)	54,5 dB(A)
	Samedi Avant match	50,5 dB(A)	62,0 dB(A)	56,5 dB(A)	59 dB(A)	56 dB(A)	53 dB(A)
	Samedi Après match	51 dB(A)	61,5 dB(A)	56,5 dB(A)	56,5 dB(A)	54 dB(A)	53,5 dB(A)
Niveau sonore réglementaire		≤ 60 dB(A)	≤ 65 dB(A)	≤ 60 dB(A)			
Conformité (*)		OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

(*) Cette réglementation s'applique normalement avec un trafic projeté moyen sur une année, en prenant l'augmentation du trafic lors d'un match nous prenons le cas le plus défavorable concernant les conditions de trafic.

- **Conclusion :**

L'impact sonore de l'évolution du trafic sur les routes aux alentours du projet au niveau des habitations environnantes est **faible (niveau sonore toujours inférieur à 60 dB(A))**.

L'impact sonore de l'évolution du trafic sur les routes aux alentours du projet sur la zone tertiaire de la future ZAC est **faible (niveau sonore inférieur à 65 dB(A))**.

Le point le plus impacté par le trafic routier prévisionnel est le point 2 (riverain au Nord du projet le long de la rue Alphonse Penaud).

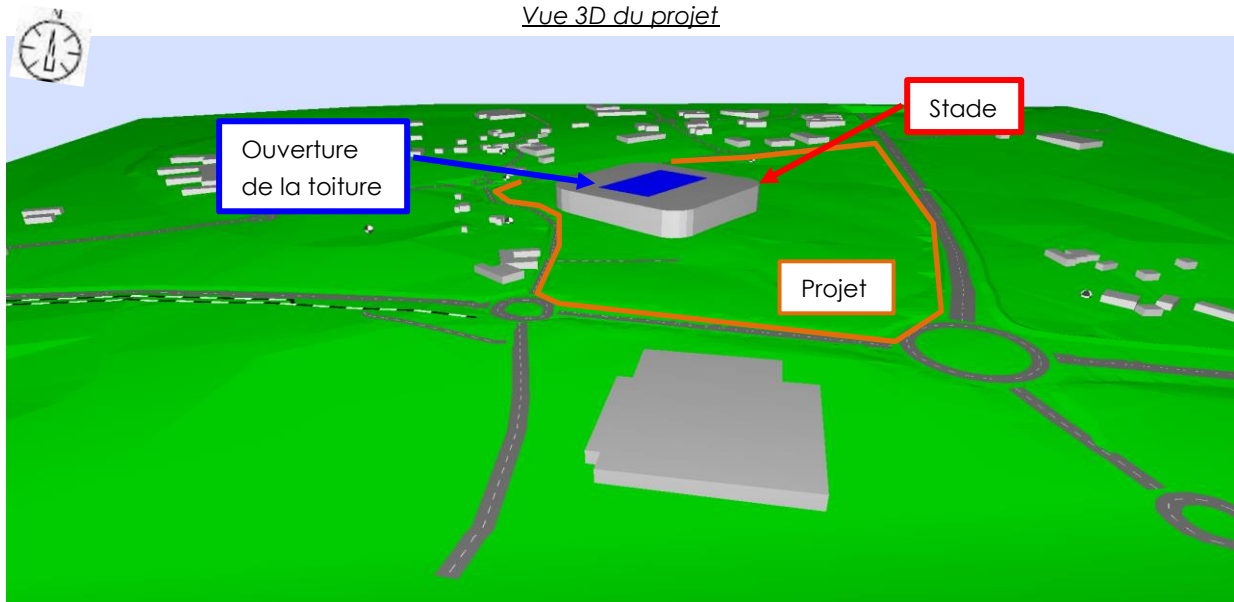
Le niveau sonore prévisionnel calculé à ce point augmente d'environ 4 dB(A) (pour le scénario le plus défavorable) par rapport au niveau sonore initial, sans dépasser le seuil de 60 dB(A) fixé par la réglementation.

6. MODELISATION ACOUSTIQUE : ETUDE PREVISIONNELLE – ACTIVITE DU STADE

6.1. Modélisation informatique avec CadnaA

Nous modélisons également l'impact acoustique d'un match sur l'environnement proche.

La vue ci-dessous représente la modélisation 3D réalisée sous le logiciel CADNAA du projet et de ces environs.



6.2. Données et hypothèses

Les paramètres de calculs de la situation initiale sont conservés.

Afin de caractériser l'ambiance sonore générée pendant un match, un diagnostic acoustique a été réalisé le 20 octobre 2018, lors de la rencontre Brest-Lorient dans le cadre du championnat de ligue 2, qui s'est jouée au stade Francis Le Blé à Brest (13 000 spectateurs présents lors de la rencontre).

Le détail de ce diagnostic et les résultats de ces mesures figurent dans le rapport d'ALHYANGE **AL_18_2137_DIAG MATCH_CD_ind0.pdf** transmis le 26/10/2018.

L'activité lors d'un match est modélisée par :

- Une source de bruit surfacique en toiture du stade dont la surface correspond à l'ouverture de la toiture sur l'extérieur.
- La source de bruit est caractérisée par une puissance acoustique de :

Fréquence	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Lw dB	81	82	83	82,5	77,0	69,0	58,4

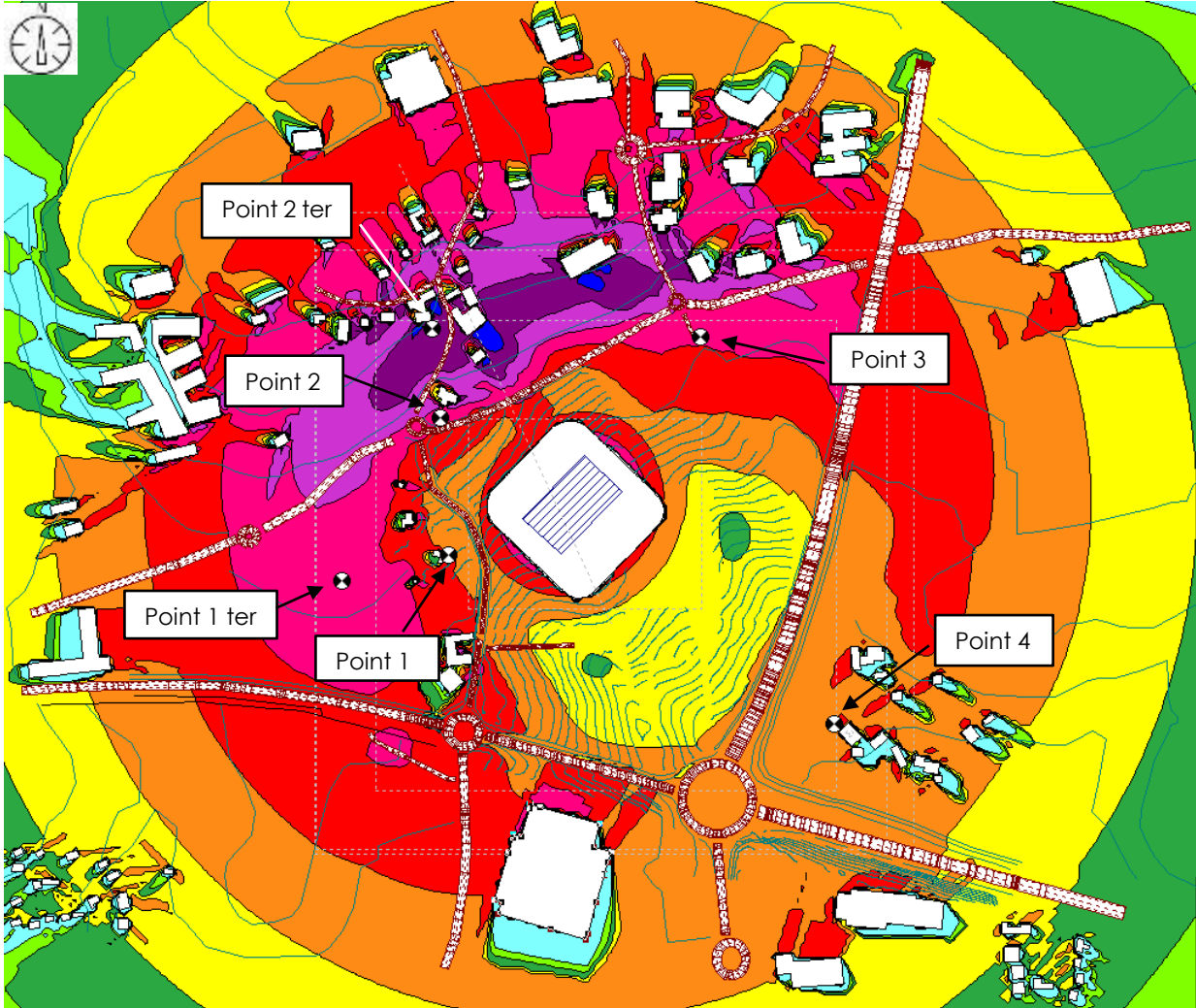
Ces niveaux de puissance acoustique ont été calculés en fonction des niveaux sonores mesurés lors de la rencontre Brest-Lorient le 20 octobre 2018 (en champ proche, et en 1 point éloigné en toiture d'un immeuble)

L'impact des voies routières autour du projet n'est pas pris en compte dans cette modélisation, seule l'activité du stade est étudiée.

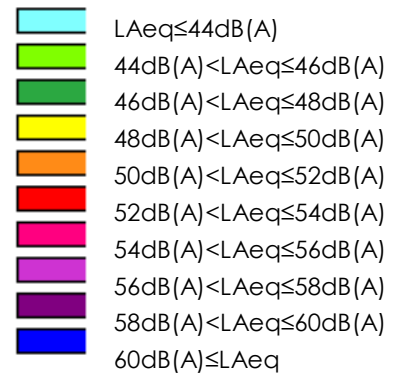
6.3. Résultat de la modélisation pendant un match

- **Cartographie sonore**

La carte de bruit suivante représente l'impact acoustique d'un match sur son environnement proche.



Surface isophones des niveaux sonores LAeq calculés en dB(A) lors d'un Match (à 4m de hauteur)



2 nouveaux points de référence sont ajoutés pour affiner les résultats :

- Point 1 Ter : positionné à l'Ouest, au niveau du projet logements de la future ZAC ;
- Point 2 Ter : positionné au Nord, au niveau d'un quartier d'habitation existant.

• **Calcul des émergences :**

L'émergence est la différence entre le niveau de bruit ambiant calculé et le niveau de bruit résiduel mesuré :

- Les niveaux de bruit particulier calculés sont issus de la modélisation présentée ci-dessus ;
- Les niveaux de bruit ambiant sont la somme (logarithmique) des niveaux de bruit particulier calculés et des niveaux bruit résiduel mesurés ;
- Les niveaux bruit résiduel autour du futur stade sont ceux caractérisés lors de la campagne de mesure de diagnostic acoustique réalisée du 17 au 24 septembre 2018 (rapport d'ALHYANGE **AL_18_2137_DIAG_LB_ind0.pdf** transmis le 26/10/2018.)

Les niveaux sonores résiduels mesurés et les niveaux sonores ambiants calculés aux points de référence autour du stade, pendant un match très « animé » (stade plein) sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Niveau sonore	Zone Ouest		Zone Nord		Zone Nord-Est	Zone Est
	Point 1	Point 1 Ter	Point 2	Point 2 Ter	Point 3	Point 4
Résiduel mesuré Dans l'après-midi	48 dB(A)		50 dB(A)		50,5 dB(A)	55 dB(A)
Ambiant calculé	54,5 dB(A)	56 dB(A)	55,5 dB(A)	59,0 dB(A)	55,5 dB(A)	57,0dB(A)
Emergence calculée Dans l'après-midi	6,5 dB(A)	8 dB(A)	5,5 dB(A)	9,0 dB(A)	5 dB(A)	2 dB(A)

Niveau sonore	Zone Ouest		Zone Nord		Zone Nord-Est	Zone Est
	Point 1	Point 1 Ter	Point 2	Point 2 Ter	Point 3	Point 4
Résiduel mesuré En soirée	38 dB(A)		39 dB(A)		38,5 dB(A)	46 dB(A)
Ambiant calculé	53,5 dB(A)	55 dB(A)	54 dB(A)	58,5 dB(A)	53,5 dB(A)	53,5dB(A)
Emergence calculée En soirée	15,5 dB(A)	17 dB(A)	15 dB(A)	19,5 dB(A)	15 dB(A)	7,5 dB(A)

• **Analyse :**

La modélisation permet d'évaluer les émergences sonores susceptibles de créer des nuisances au voisinage pendant un match très animé :

- L'ambiance sonore au niveau des zones constructibles et des habitations riveraines existantes est de l'ordre de 58 à 55 dB(A) ;
- Une émergence de l'ordre de 5 à 9 dB(A) pour un match en journée ;
- Une émergence de l'ordre de 15 à 19,5 dB(A) pour un match en soirée : le niveau de bruit résiduel (« bruit de fond ») étant plus faible en soirée qu'en pleine journée, l'émergence est donc plus élevée.

- **En conclusion :**

L'impact acoustique d'un match en journée est **faible à modéré** au niveau des zones constructibles à l'Ouest et Nord-Ouest du projet et des habitations riveraines existantes.

L'impact acoustique d'un match en soirée est **plus marqué**. En effet le niveau résiduel en soirée étant plus faible que celui en journée, l'impact acoustique d'un match sera plus marqué en extérieur.

Toutefois, en considérant, pour les logements, un isolement acoustique de façade de $DnTAtr = 30dB$ (isolement de façade minimum réglementaire pour les logements), et au vu des niveaux ambiants prévisionnels en soirée de l'ordre de 53,5 à 58,5 dB(A), l'impact acoustique à l'intérieur des habitations fenêtres fermées sera **faible**.

Par ailleurs, pour mémoire, les mesures réalisées au stade Francis Le Blé à Brest (29) lors d'un match le 20 octobre 2018 (rapport d'ALHYANGE AL_18_2137_DIAG_MATCH_CD_ind0.pdf transmis le 26/10/2018), **l'émergence en journée mesurée chez les riverains les plus proches (situés à environ 50m du stade) était de 26,5 dB(A) (bruit de fond en journée de 50 dB(A)). Dans le cadre du projet, l'émergence prévisionnelle maximale en journée est de 9 dB(A).**

L'émergence sonore du futur stade est donc **bien moindre** que le stade Francis le Blé actuel en journée.

7. CONCLUSION

Dans le cadre du projet de construction d'un nouveau stade à Brest (29), ALHYANGE Acoustique a été missionné pour mettre à jour l'étude de l'impact acoustique prévisionnel du projet sur son environnement proche.

Le projet consiste en la création d'un nouveau stade sur un site vierge dont l'impact acoustique sur l'environnement est lié à :

- Réaménagement de voies routières existantes,
- Modification du trafic routier existant,
- Activité au sein du stade.

La présente étude met en évidence que l'impact acoustique prévisionnel de l'évolution du trafic routier avant et après un match le vendredi soir et le samedi après-midi est **conforme** à la réglementation et a **un impact sonore faible** sur l'environnement.

L'étude d'impact acoustique d'un match sur le voisinage proche a permis d'évaluer :

- Une émergence sonore prévisionnelle en journée de l'ordre de 4 à 9 dB(A), l'impact sonore d'un match en journée sur les riverains les plus proches (à l'extérieur des habitations) est donc **faible à modéré**.
- Une émergence sonore prévisionnelle en soirée de l'ordre de 15 à 19 dB(A), l'impact sonore d'un match en soirée au niveau des riverains les plus proches (à l'extérieur des habitations) est donc **plus marqué**.
- Toutefois, en considérant, pour les logements, un isolement acoustique de façade de $DnTA_{tr} = 30$ dB (isolement de façade minimum réglementaire pour des logements), et aux vues des niveaux ambiants prévisionnels en soirée de l'ordre de 55 à 58 dB(A), l'impact acoustique à l'intérieur des habitations fenêtres fermées sera **faible**.

Pour mémoire, l'émergence mesurée pendant un match en après-midi au stade actuel Francis Le Blé est supérieure à 26 dB(A) au niveau du voisinage proche.

Dans les mêmes conditions, l'émergence calculée au niveau du projet est de l'ordre de 4 à 9 dB(A), soit **bien moins impactant** pour le voisinage.

ANNEXES

- **DONNEES DE TRAFICS PROJETE**
- **NOTIONS ACOUSTIQUES**

ANNEXE 2 - NOTIONS ACOUSTIQUES

Lp

Niveau de pression acoustique donné à une distance de la source et perçu en ce point; il s'exprime en dB(A).

Lw

Niveau de puissance acoustique caractérisant l'appareil et servant de base de calcul pour déterminer une pression à une distance donnée ; il s'exprime en dB(A) et ne dépend pas de la distance : c'est une valeur intrinsèque à la source.

Courbe ISO / NR

La courbe à laquelle un spectre mesuré peut être comparé. Elle permet une qualification et une quantification du bruit mesuré en fonction des fréquences (d'après la norme NF S 30-010).

Bruit résiduel

C'est le niveau de pression acoustique moyen du bruit d'ambiance à l'endroit et au moment de la mesure en l'absence du bruit particulier considéré comme perturbateur.

Indices Fractiles LX

Niveau de pression acoustique pondéré A dépassé pendant X% de l'intervalle de temps considéré. Les L90 et L50 (niveaux sonores dépassés pendant 90 et 50% du temps) sont les plus utilisés pour caractériser une ambiance sonore.

Emergence

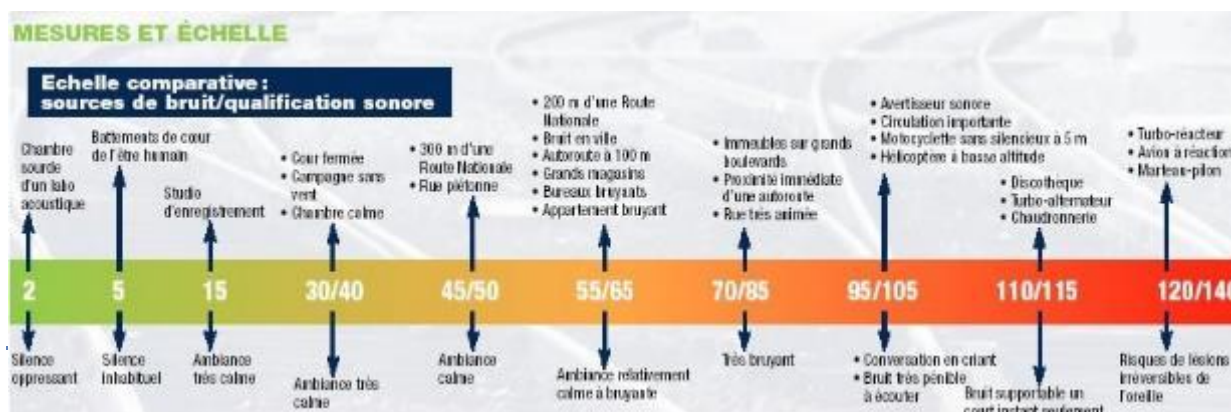
Modification temporelle du niveau de bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier.

Perception oreille

20 Hz – 20 000 Hz.

Echelle comparative de niveaux sonores

L'échelle ci-dessous est donnée à titre indicatif afin de mieux se rendre compte des niveaux sonores présentés



A Annexe 3, Etudes qualité de l'air (Atmoterra, 2022)

Annexe 3, Etudes qualité de l'air (Atmoterra, 2022)

Etat Initial de la Qualité de l'Air pour le projet de stade à proximité de Brest

Holdisports



Référence projet : Etude air et santé pour le projet de stade de Brest
Titre du rapport: Etat Initial de la Qualité de l'Air pour le projet de stade à proximité de Brest
Client: Holdisports
Tanguy Leborgne
160, rue Roberto Cabanas 29940 Guipavas
Coordination Julie Ballarin
Consultante
julie.ballarin@aamo.fr
Date du document: 29/07/21
Rapport N°. : 77127-RN001 -00

Références de la proposition: Re 99256 – PR001 du 19/03/2021

Résumé : Ce document analyse l'état initial de la qualité de l'air dans le cadre du projet de construction d'un nouveau stade à proximité de Brest. Cette évaluation présente une synthèse des principales émissions de la commune, des concentrations en polluants atmosphériques observées et modélisées par Air Breizh à proximité du site, ainsi que les concentrations mesurées par des capteurs de la qualité de l'air au niveau du projet.

Préparé par:
Manon GELLE
Adrien BOUZONVILLE

Approuvé par:

A propos des auteurs: Le présent rapport à été préparé par ATMOTERRA, société indépendante spécialisée dans le conseil en environnement. ATMOTERRA est une Société par Actions Simplifiées Unipersonnelle (SASU) au capital de 7 000 € et immatriculée au RCS Nantes 820 330 314, avec l'Activité Principale Exercée (APE) 7490B - Activités spécialisées, scientifiques et techniques diverses. ATMOTERRA dispose d'une assurance responsabilité civile professionnelle auprès d'AXA Assurance avec une limite de garantie de 9 000 000 € par année. L'étude a été rédigée par Manon GELLE et Adrien BOUZONVILLE, Consultants en Environnement et spécialisés dans la Qualité de l'Air. Ce dernier dispose d'une certification comme praticien de la qualité de l'air (Certified Air Quality Professional – CAZANZ 2016) et de plus de 15 années d'expérience dans les domaines de l'environnement et exerce le poste de chef de projet et de président au sein d'ATMOTERRA

Distribution publique

Mots clés : état initial, aménagements, stade, trafic routier, modélisation, air, qualité de l'air, étude air et santé

Le rapport sera cité comme suit :

ATMOTERRA, 2021, Etat Initial de la Qualité de l'Air pour le projet de stade à proximité de Brest, Rapport préparé par ATMOTERRA pour Holdisports, 29/07/21, Ref. 77127-RN001 -00

Révisions

Version	Révision	§ ou page du document	Visa
00	Première diffusion	-	AB

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	6
1.1	Contexte	6
1.2	Localisation et caractéristiques du projet.....	6
1.3	Niveau de l'étude	7
2	CONTEXTE ET RÉGLEMENTATION	8
2.1	Contexte sur la qualité de l'air	8
2.2	Emissions atmosphériques : contexte réglementaire.....	9
2.2.1	Réglementation européenne.....	9
2.2.2	Réglementation nationale	9
2.2.3	Les schémas régionaux et locaux	9
2.3	Concentrations atmosphériques : réglementation applicable.....	10
2.3.1	Réglementation européenne.....	10
2.3.2	Réglementation nationale	10
2.3.3	Synthèse des valeurs réglementaires applicables	11
2.3.4	Les valeurs guides de l'OMS	13
2.4	La qualité de l'air, un enjeu national fort	14
2.5	Description des polluants et de leurs effets.....	15
2.6	Densité de population et identification des sites sensibles	18
3	EVALUATION DES EMISSIONS DE POLLUANTS.....	21
3.1	Inventaire des émissions de 2012	21
3.1.1	Le Monoxyde de Carbone (CO)	22
3.1.2	Les Composés Organiques Volatiles Non-Méthaniques (COVNM)	22
3.1.3	L'ammoniac (NH ₃).....	22
3.1.4	Oxydes d'azote (NOx)	22
3.1.5	Particules fines (PM ₁₀ et PM _{2,5}).....	22
3.1.6	Dioxyde de soufre (SO ₂)	23
3.2	Focus sur les émissions du transport routier	23
3.3	Focus sur le registre des émissions polluantes	24
3.4	Evolutions des émissions de polluants atmosphériques	25
4	EVALUATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS	27
4.1	Méthodologie et données disponibles	27
4.1.1	Stations de mesure du réseau Air Breizh.....	27
4.1.2	Concentrations modélisées par Air Breizh.....	28
4.1.3	Campagne de mesure avec des capteurs de la qualité de l'air.....	28
4.1.4	Campagne de mesure avec des tubes passifs	28
4.2	Concentrations en dioxyde d'azote	29
4.2.1	Résultats des tubes passifs	29
4.2.2	Résultats des capteurs de mesure.....	30
4.2.3	Comparaison des données des stations du réseau Air Breizh et du capteur de mesure	34
4.2.4	Résultats des concentrations moyennes modélisées par Air Breizh	35
4.2.5	Synthèse sur les concentrations en dioxyde d'azote	35
4.3	Concentrations en particules fines PM1	37
4.4	Concentrations en particules fines PM2.5	38
4.4.1	Résultats des capteurs de mesure.....	38
4.4.2	Comparaison des données des stations du réseau Air Breizh et des capteurs de mesure	39
4.4.3	Résultats des concentrations moyennes modélisées par Air Breizh	39
4.5	Concentrations en particules fines PM10	41
4.5.1	Résultats des capteurs de mesure.....	41
4.5.2	Comparaison des données des stations du réseau Air Breizh et des capteurs de mesure	42
4.5.3	Résultats des concentrations moyennes modélisées par Air Breizh	44
4.5.4	Synthèse sur les concentrations en PM10.....	46
4.6	Concentrations en monoxyde de carbone	46
4.7	Concentrations en ammoniac.....	47
5	SYNTHÈSE SUR L'ETAT INITIAL DE LA QUALITÉ DE L'AIR.....	48

ANNEXES

ANNEXE 1	DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES	51
ANNEXE 2	CONCENTRATIONS EN POLLUANTS – GRAPHIQUES ET CARTES	56
ANNEXE 3	RAPPORT D’ESSAI – TERA	60

Liste des figures

Figure 1 : Le site du projet de stade (en jaune)	6
Figure 2 : Modèle d'évaluation FPEIR	8
Figure 3 : Les effets de la pollution de l'air sur la santé et l'environnement.....	15
Figure 4 : Densité de population à proximité du projet.....	18
Figure 5 : Localisation des établissements sensibles d'en un périmètre de 3 km autour du projet .	20
Figure 6 : répartition des émissions annuelles du transport routier selon différentes sources d'émissions	23
Figure 7 : Pourcentage de type de polluant émis par type de source d'émission du secteur transport routier	24
Figure 8 : Evolution des émissions en polluants atmosphériques pour la commune de Guipavas et comparaison aux objectifs du PREPA.....	26
Figure 9 : Localisation des stations de mesure du réseau Air Breizh les plus proches du projet.....	27
Figure 10 : Exemple de radiello dans sa cabane de protection.....	28
Figure 11 : Localisation des radiellos et du capteur.....	29
Figure 12 : Résultat des concentrations en NO ₂ pour les 3 radiellos	30
Figure 13 : Concentrations horaires en NO ₂ mesurées par le capteur.....	31
Figure 14 : Concentrations moyennes en NO ₂ par heure et par jour	32
Figure 15 : Rose des polluants pour le NO ₂ sur la période de mesure	32
Figure 16 : Comparaison des concentrations en NO ₂ avec les stations Air Breizh.....	34
Figure 17 : Concentrations moyennes de NO ₂ pour l'année 2018	36
Figure 18 : Concentrations journalières en PM ₁ mesurées par le capteur.....	37
Figure 19 : Concentrations journalières en PM _{2.5} mesurées par le capteur.....	38
Figure 20 : Comparaison des concentrations en PM _{2.5} avec la station de Macé	39
Figure 21 : Concentrations moyennes de PM _{2.5} pour l'année 2018.....	40
Figure 22 : Concentrations journalières en PM ₁₀ mesurées par le capteur	41
Figure 23 : Rose des polluants pour les concentrations moyennes en PM ₁₀	42
Figure 24 : Comparaison avec les concentrations en PM ₁₀ des stations Air Breizh	43
Figure 25 : Concentrations moyennes de PM ₁₀ pour l'année 2018.....	45
Figure 26 : Concentrations horaires de CO mesurées par le capteur.....	46
Figure 27 : Concentrations horaires en NH ₃ mesurées par le capteur.....	47
Figure 29 : Rose des polluants pour les concentrations moyennes en NH ₃	48
Figure 31 : Vitesse et direction du vent pendant la campagne de mesure	52
Figure 32 : Température et humidité pendant la campagne de mesure	53
Figure 33 : Rose des vents sur la période de campagne	54
Figure 34 : Rose des vents sur la période 2018-2020 (3 dernières années)	55
Figure 35 : Concentrations moyennes en CO par heure et par jour	57
Figure 36 : Rose des polluants pour les concentrations moyennes en CO.....	57
Figure 35 : Concentrations horaires en PM ₁ mesurées par le capteur.....	58
Figure 36 : Concentrations horaires en PM _{2.5} mesurées par le capteur	58
Figure 37 : Concentrations horaires en PM ₁₀ mesurées par le capteur	58
Figure 30 : Surface de dépassements ou de potentiels dépassements des recommandations de l'OMS (pour les PM _{2.5} , PM ₁₀ et NO ₂)	59

Liste des tableaux

Tableau 1 : Définition du niveau de l'étude "Air et Santé"	7
Tableau 2 : Objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques	9
Tableau 3 : Valeurs limites, seuils IR et d'alerte, valeurs cibles et objectif de qualité	12
Tableau 4 : Valeurs guides de l'OMS pour différents polluants	13
Tableau 5 : Synthèse des principaux polluants atmosphériques, leurs sources et leurs effets sur la santé, l'environnement et le patrimoine	16
Tableau 6 : Liste des établissements sensibles	19
Tableau 7 : Répartition des émissions polluants (kg/an) de Guipavas en 2012	21
Tableau 8 : Polluants atmosphériques mesurés par station	27
Tableau 10 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en NO ₂	30
Tableau 11 : Concentrations en NO ₂ mesurées par les stations Air Breizh durant les 3 dernières années.....	34
Tableau 12 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en PM ₁	37
Tableau 13 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en PM _{2.5}	38
Tableau 14 : Concentrations en PM _{2.5} mesurées par la station Macé durant les 3 dernières années	39
Tableau 15 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en PM ₁₀	41
Tableau 16 : Concentrations en PM ₁₀ mesurées par les stations durant les 3 dernières années....	43

Glossaire

COVNM	Composés Organiques Volatils autres que le méthane
EEA	Agence européenne de l'environnement
FE	Facteur d'émission
FPEIR	Forces motrices, Pressions, Etat, Impacts, Réponses
GJ	Giga joule (1 J = 1.0 ^{E-9} GJ)
HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
MW	Mégawatt
NH3	Ammoniac
NO₂	Dioxyde d'Azote
NO_x	Oxyde d'azote
O₃	Ozone
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PM_{2,5}	Particule en suspension <2.5 µm
PM₁₀	Particule en suspension <10 µm
PNSE	Plan National Santé-Environnement
POP	Polluant Organique Persistant
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PREPA	Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques
PRSE	Plan Régional Santé-Environnement
RD	Route départementale
SCoT	Schéma de Cohérence Territoriale
Seuil IR	Seuil de recommandation et d'information
SO₂	Dioxyde de Soufre
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires
SRCAE	Schéma Régional Climat Air Energie
US EPA	Agence américaine de l'environnement

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Un projet de nouveau stade à proximité de Brest est en cours, avec comme conducteur de projet et accompagnateur opérationnel l'AAMO et comme porteur de projet privé HoldiSports.

Le projet consiste en la construction d'un nouveau stade, ainsi que la construction d'un hôtel et de bureau, le réaménagement des giratoires, la création d'une passerelle pour traverser le Boulevard de l'Europe, ...

Ce projet, compte-tenu de son emprise globale et de l'importance du programme de construction envisagé, est soumis à étude d'impact (compilée par BIOTOPE).

Ce projet sera à l'origine d'une augmentation de trafic les jours de match, qui sera estimée par le bureau d'étude en charge de l'étude trafic. Les résultats ne sont pas disponibles à l'heure de la rédaction de la présente étude.

Holdisports a souhaité faire réaliser une évaluation de l'impact du projet d'aménagement sur la qualité de l'air et la santé, dont ce rapport constitue la première partie. L'objectif de ce premier document est de réaliser un état initial de la qualité de l'air, c'est-à-dire d'évaluer la qualité de l'air dans la zone concernée par le projet, avant la réalisation des travaux. Cette évaluation a été réalisée à partir des stations de mesure voisines déjà existantes (réseau Air Breizh), mais également des mesures réalisées par des capteurs positionnés au niveau du projet ainsi que des concentrations modélisées par Air Breizh.

1.2 Localisation et caractéristiques du projet

Le projet est situé au niveau du rond-point de Quelarnou à Guipavas, il sera accessible par les axes routiers N265 et D205, ainsi que par la ligne A du tramway, au terminus *Porte de Guipavas*.



Figure 1 : Le site du projet de stade (en jaune)

1.3 Niveau de l'étude

Le contenu des études « Air et Santé » varie en fonction des émissions attendues du projet (émissions routières principalement) et des caractéristiques des populations environnantes. Quatre niveaux d'étude sont définis par le CEREMA (2019) en fonction de la densité de population à proximité du site et en fonction du niveau de trafic attendu sur les voies concernées par le projet (Tableau 1).

Tableau 1 : Définition du niveau de l'étude "Air et Santé"

Source : CEREMA, 2019, Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières

Densité hab/km ² dans la Bande d'étude	Trafic à l'horizon d'étude le plus lointain (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 50 000 véh/j	De 25 000 à 50 000 véh/j	De 10 000 à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km ²	I	I	II	II si L projet > 5 km OU III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km OU III si L projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité ≤ 2 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 50 km OU III si L projet ≤ 50 km
G IV pas de Bâti	III	III	IV	IV

La densité de population à proximité du site (commune de Guipavas¹) est de type GIII (inférieure à 2 000 hab/km²). L'augmentation du nombre de véhicules en lien avec le projet sera probablement inférieure à 50 000 véhicules/jour (les résultats précis de l'étude trafic seront disponibles ultérieurement). Le projet bien que n'étant pas un projet routier, a été assimilé, pour être classifiable, à une infrastructure routière inférieure à 25km.

Ainsi, une étude de niveau II ou III semble donc être attendue. **Cependant, pour ce type de projet, le trafic supplémentaire par jour ne sera pas régulier : de forts pics de trafic seront observés seulement les jours de match et pendant une plage horaire limitée.** Ainsi, le niveau d'étude suivi dans ce document est **un niveau II**.

Pour les études de niveau II, le guide du CEREMA recommande :

- **Un état actuel approfondie de la qualité de l'air basé sur l'analyse de documents traitant la qualité de l'air, disponibles sur la zone d'étude ;**
- **De mettre en place une mesure de NO₂ par tubes passifs pour compléter l'état actuel en l'absence de données disponibles;**
- D'estimer les émissions de 10 polluants pour la situation actuelle, la situation future avec projet et sans projet ;
- De modéliser les concentrations en NO₂ pour les 3 scénarios (et éventuellement les concentrations en PM₁₀) ;
- De calculer l'indice pollution-population, ainsi que d'analyser les coûts collectifs et de proposer des mesures d'Evitement, de Réduction et de Compensation des impacts du projet.

Ce premier rapport constitue l'état actuel de la qualité de l'air demandé, basé sur les mesures déjà existantes et sur des mesures de NO₂ par tubes passifs et des mesures de NO₂, des PM₁, des PM_{2.5}, des PM₁₀, du NH₃ et du CO par micro-capteur mis en place pour le projet, ainsi que les cartes des concentrations modélisées. Un deuxième rapport présentera les niveaux d'émissions attendus en lien avec le projet et une estimation de l'impact du projet sur la qualité de l'air et la santé.

¹ INSEE, 2018 – Commune de Guipavas: 336.3 hab/km²

2 CONTEXTE ET RÉGLEMENTATION

2.1 Contexte sur la qualité de l'air

L'état original de l'air que nous respirons quotidiennement peut être perturbé par la présence de composés chimiques qui peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé humaine et l'environnement. Ils proviennent de nos activités humaines et parfois de phénomènes naturels. Cette perturbation se traduit par la notion de **pollution atmosphérique**. Le **modèle d'évaluation FPEIR** (ou DPSIR en Anglais), élaboré par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement et l'Agence Européenne de l'Environnement, est un modèle communément utilisé pour développer des stratégies dans le domaine de l'environnement.

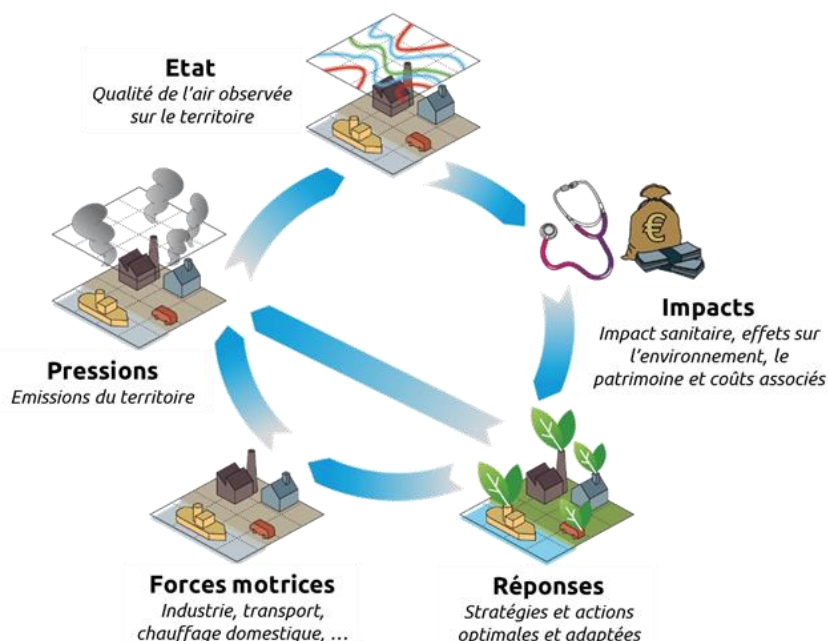


Figure 2 : Modèle d'évaluation FPEIR

Source : Schéma ATMOTERRA, adapté du projet EU APPRAISAL

Il s'agit d'un modèle qui découpe l'analyse en cinq grands éléments : Forces motrices, Pressions, Etat, Impacts, Réponses. En appliquant une approche intégrée à l'évaluation, le cadre FPEIR permet la prise en compte de considérations de politique générale dans un contexte sociétal plus large que ne l'autorise l'évaluation traditionnelle, axée sur la mesure de l'impact.

Dans le cadre de ce projet, les éléments des **Pressions (Emissions du territoire)** et de **l'Etat (Qualité de l'air mesurée sur le territoire)** sont présentés. Ces données sur les émissions sont obtenues à partir des données de l'Inventaire National Spatialisé et celles sur les concentrations à partir des stations de mesure les plus proches du territoire et quatre points de mesure positionnés à proximité immédiate du projet. Elles sont également complétées par les modélisations des concentrations atmosphériques moyennes réalisées par Air Berizh. Cet état de la qualité de l'air est également comparé aux valeurs réglementaires et sanitaires applicables.

2.2 Emissions atmosphériques : contexte réglementaire

2.2.1 Réglementation européenne

La **Directive (EU) n°2016/2284** du Parlement Européen et du Conseil du 14/12/16 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques, modifiant la directive 2003/35/CE et abrogeant la directive 2001/81/CE, fixe pour chaque Etat de l'Union européenne des plafonds **d'émission** nationaux pour certains polluants atmosphériques (oxydes d'azote, composés organiques volatils, ...) à atteindre d'ici à 2020 et à 2030.

2.2.2 Réglementation nationale

Le Plan national de réduction des **émissions** de polluants atmosphériques (PRÉPA) fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. Tels que prévu par l'article 64 de la Loi sur la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), le PRÉPA est composé :

- d'un décret fixant des objectifs chiffrés de réduction des émissions des principaux polluants à l'horizon 2020, 2025 et 2030 ²
- d'un arrêté établissant pour la période 2017-2021, les actions prioritaires retenues et les modalités opérationnelles pour y parvenir³

Ces objectifs sont traduits dans l'article L. 222-9 du Code de l'Environnement qui fixe les objectifs suivants (par rapport à l'année de référence 2005) de réduction des émissions anthropiques de polluants atmosphériques pour les années 2020 à 2024, 2025 à 2029, et à partir de 2030 :

Tableau 2 : Objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques

	Années 2020 à 2024	Années 2025 à 2029	A partir de 2030
Dioxyde de Soufre (SO ₂)	-55%	-66%	-77%
Oxydes d'Azote (NOx)	-50%	-60%	-69%
Composés Organiques Volatils autres que le méthane (COVNM)	-43%	-47%	-52%
Ammoniac (NH ₃)	-4%	-8%	-13%
Particules fines (PM _{2.5})	-27%	-42%	-57%

Les objectifs de réduction sont définis par rapport aux émissions de l'année de référence 2005. Ces objectifs de réduction s'appliquent dans le cadre des objectifs à fixer du PCAET en l'absence d'objectifs plus spécifiques ou plus contraignants donnés par des plans régionaux (SRCAE, SRADDET) ou locaux (PPA).

2.2.3 Les schémas régionaux et locaux

2.2.3.1 Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET)

L'article 10 de la loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République, dite loi NOTRe, prévoit que le Schéma régional d'aménagement de développement de territoire (SRADT) devienne le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET). Le SRADDET devra intégrer et fusionner plusieurs documents régionaux sectoriels (SRCAE, Intermodalité, Cohérence écologique, Déchets...) pour permettre une meilleure cohérence des objectifs communs. Le SRADDET permettra aussi de prendre en compte la

² Décret no 2017-949 du 10 mai 2017 fixant les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques en application de l'article L. 222-9 du code de l'environnement

³ Arrêté du 10 mai 2017 établissant le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques

nouvelle organisation territoriale et la création des 13 grandes Régions en redéfinissant des objectifs communs dans chaque nouvelle région.

Le SRADDET Bretagne a été approuvé le 18 décembre 2020. Ce document mentionne 3 objectifs en lien avec la qualité de l'air :

- **L'objectif n° 20 : Transformer/revisiter le développement des mobilités au regard des enjeux climatiques et de la qualité de l'air**
- **L'objectif 21 : Améliorer la qualité de l'air intérieur et extérieur**
- **L'objectif 25 : Tendre vers le « zéro phyto » à l'horizon 2040.**

Les objectifs de réductions des polluants atmosphériques sont cohérents avec les objectifs du PREPA.

2.2.3.2 Plan de protection de l'atmosphère (PPA)

Les plans de protection de l'atmosphère (PPA) définissent les objectifs et les mesures permettant de ramener, à l'intérieur des agglomérations de plus de 250 000 habitants, les concentrations en polluants atmosphériques à un niveau inférieur aux valeurs limites réglementaires.

Le projet ne se situe dans le périmètre d'un PPA.

2.3 Concentrations atmosphériques : réglementation applicable

2.3.1 Réglementation européenne

Plusieurs directives européennes fixent des valeurs limites de **concentrations** atmosphériques en polluants à atteindre dans un délai donné par les Etats-membres « *dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine (...)* ».

Il s'agit de la **Directive 2008/50/CE** du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe. Cette directive fixe des **valeurs limites** pour les polluants suivants : les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}), le Dioxyde de Soufre (SO₂), le Dioxyde d'Azote (NO₂), le Monoxyde de Carbone (CO), l'Ozone (O₃), le Plomb (Pb) et le Benzène. Le Tableau 3 présente ces valeurs limites pour plusieurs polluants.

2.3.2 Réglementation nationale

En France, le **décret n°2010-1250** du 21 octobre 2010 relatif à la **qualité de l'air** constitue le principal texte français de transposition de la directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le **Code de l'Environnement** (articles R221-1 à R221-3).

L'Arrêté du 7 décembre 2016 fixe un objectif pluriannuel de diminution de la moyenne annuelle des concentrations journalières de particules atmosphériques. Cet arrêté s'appuie sur l'indicateur d'exposition moyenne (IEM) et fixe un objectif intermédiaire de 11,2 µg/m³ en 2025 et de 10 µg/m³ en 2030 (correspondant à la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé).

2.3.3 Synthèse des valeurs réglementaires applicables

Les seuils réglementaires sont déclinés en plusieurs valeurs :

- La valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;
- Le seuil d'information et de recommandation (IR): niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;
- Le seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;
- La valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- L'objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Le tableau ci-dessous présente ces valeurs réglementaires pour différents polluants.

Tableau 3 : Valeurs limites, seuils IR et d'alerte, valeurs cibles et objectif de qualité

	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	CO	Benzène	Arsenic	Nickel	B[a]p
Valeurs limites européennes	Moyenne horaire	200 µg/m ³ sur 1h à ne pas dépasser plus de 18 heures / an	-	-	-	350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an	-	-	-	-
	Moyenne sur 8h						10 000 µg/m ³ maximum sur 1 jour de la moyenne sur 8 heures			
	Moyenne journalière	-	50 µg/m ³ sur 1 jour à ne pas dépasser plus de 35 jours / an	-	-	125 µg/m ³ sur 1 jour à ne pas dépasser plus de 3 fois / an	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	40 µg/m ³ sur 1 an	40 µg/m ³ sur 1 an	25 µg/m ³ sur 1 an	-			5 µg/m ³ sur 1 an	-	-
Seuils d'information et recommandation	Moyenne horaire	200 µg/m ³ sur 1h	-	-	180 µg/m ³ sur 1h	300 µg/m ³ sur 1h	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	50 µg/m ³ sur 1 jour	-	-	-	-	-	-	-
Seuils d'alerte	Moyenne horaire	400 µg/m ³ dépassé sur 3h consécutives	-	-	240 µg/m ³ sur 1h	500 µg/m ³ sur 1 h (pendant 3 heures consécutives)	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	80 µg/m ³ sur 1 jour	-	-	-	-	-	-	-
Valeurs cibles	Moyenne sur 8h	-	-	-	120 µg/m ³ maximum sur 1 jour de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	20 µg/m ³ sur 1 an	-	-	-	6 ng/m ³	20 ng/m ³ sur 1 an	1 ng/m ³ sur 1 an
Objectifs de qualité	Moyenne sur 8h	-	-	-	120 µg/m ³ maximum sur 1 jour de la moyenne sur 8 heures	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	40 µg/m ³ sur 1 an	30 µg/m ³ sur 1 an	10 µg/m ³ sur 1 an	-	50 µg/m ³ sur 1 an	-	2 µg/m ³ sur 1 an	-	-

2.3.4 Les valeurs guides de l'OMS

Les valeurs guides pour la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé constituent des recommandations afin de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air. Les valeurs guides de l'OMS résultent de données épidémiologiques et toxicologiques et constituent des objectifs à long terme. Elles sont indicatives et n'ont donc pas de portée réglementaire. Elles indiquent la concentration au-dessous de laquelle la substance ne devrait avoir aucun effet préjudiciable sur la santé. Le tableau ci-dessous présente ces valeurs guides pour différents polluants.

Tableau 4 : Valeurs guides de l'OMS pour différents polluants

Source (pour le NO₂, les particules, l'ozone, le SO₂ et le CO) : OMS, Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air – Mise à jour mondiale 2005 – Synthèse de l'évaluation des risques

Source pour le benzène : WHO, Air Quality Guidelines for Europe – Second Edition -2000

	NO₂	PM₁₀	PM_{2.5}	O₃	SO₂	CO	Benzène
Recommandation OMS	200 µg/m ³ sur 1h		-	-	500 µg/m ³ sur 10 min	30 000 µg/m ³ sur 1h	
	-	50 µg/m ³ sur 1 jour	25 µg/m ³ sur 1 jour	100 µg/m ³ sur 8h	20 µg/m ³ sur 1 jour	10 000 µg/m ³ maximum sur 1 jour de la moyenne sur 8 heures	
	40 µg/m ³ sur 1 an	20 µg/m ³ sur 1 an	10 µg/m ³ sur 1 an	-	-	-	1,7 µg/m ³ sur 1 an associé à un excès de risque de 1/100 000

2.4 La qualité de l'air, un enjeu national fort

La **qualité de l'air** est un enjeu majeur de **santé publique**. En octobre 2013, l'OMS a classé la pollution de l'air extérieur comme cancérigène certain pour l'homme.

En juin 2016, une nouvelle évaluation quantitative d'impact sanitaire a été réalisée par **Santé publique France**⁴. Elle estime le poids sanitaire de la pollution par les **particules fines PM2.5** en lien avec l'activité humaine. Selon leur estimation, ces particules seraient responsables de **48 000 décès par an**, dont plus de 10 200 en Ile-de France, ce qui correspond à **9% de la mortalité en France** et à une perte d'espérance de vie à 30 ans pouvant dépasser 2 ans.

En plus d'impacter la **santé**, la pollution de l'air a également des effets néfastes sur **l'environnement** (voir paragraphe 2.4) et l'ensemble de ces impacts ont un **coût financier** important.

Dans le calcul de ces coûts financiers, il y a d'une part le **coût tangible**, marchand, qui se mesure à travers les **dépenses de santé** remboursées par l'assurance maladie, ainsi que le coût de **l'absentéisme** et de la perte de productivité pour l'économie, de la dégradation du bâti, de la baisse des rendements agricoles, Il y a également le **coût intangible**, il s'agit du coût social ou socio-économique qui s'évalue à partir des **pertes de bien-être** pour la société liés à la pollution de l'air (nuisances psychologiques, olfactives, ...), ainsi que par la dégradation des **écosystèmes**.

Le **coût sanitaire tangible** de la pollution de l'air en France a été estimé à **3 milliards d'euros** par an minimum⁵.

Selon les polluants étudiés, le **coût social** annuel de la pollution atmosphérique en France est estimé entre **20 et 30 milliards** d'euros par le Commissariat général au développement durable (CGDD)⁶, à **50 milliards** d'euros par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)⁷, ou entre **70 et 100 milliards** d'euros par le programme « Clean air for Europe » mis en œuvre par la Commission européenne⁸. Le **coût non sanitaire** de la pollution de l'air serait lui de **4,3 milliards d'euros** par an en France.

⁴ Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique, Santé publique France, Juin 2016

⁵ Rapport du Sénat sur le coût économique et financier de la pollution de l'air, Tome I, n°610, juillet 2015

⁶ Évaluation réalisée à partir des études OMS-PREDIT-ADEME et CAFE CBA

⁷ Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, OCDE, « Economic cost of the health impact of air pollution in Europe : Clean air, health and wealth », avril 2015

⁸ AEA Technology, CAFE Cost-Benefit-Analysis « Baseline analysis 2000 to 2020, avril 2015

2.5 Description des polluants et de leurs effets

Les polluants atmosphériques peuvent avoir des impacts négatifs sur la santé humaine (pathologies respiratoires, cardio-vasculaires, ...) mais aussi sur les plantes, les animaux, ainsi que les bâtiments. La Figure 3 expose certains effets de la pollution de l'air sur l'environnement et la santé et le Tableau 5 résume ces effets par type de polluants.

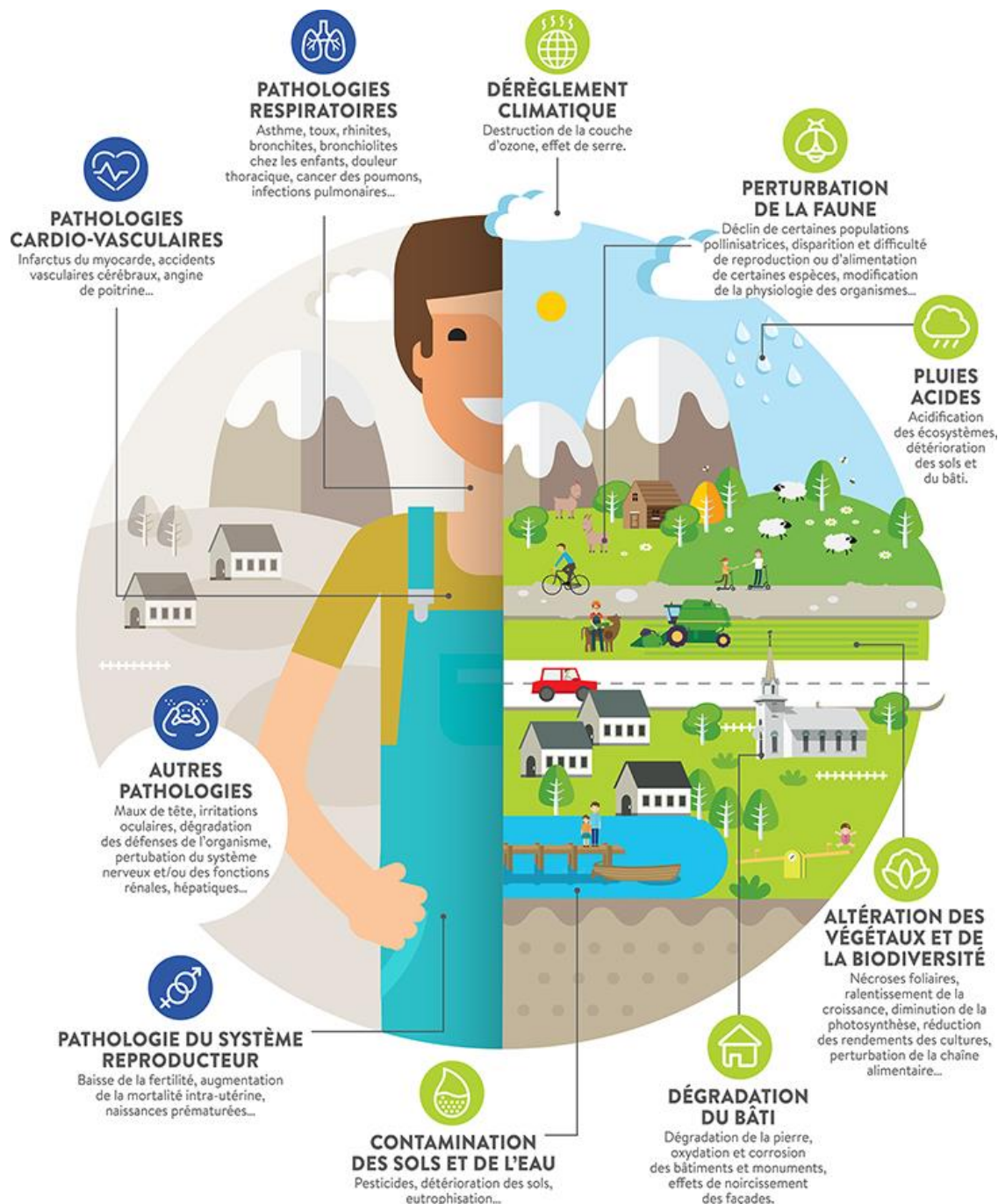


Figure 3 : Les effets de la pollution de l'air sur la santé et l'environnement

Source : ATMO Auvergne-Rhône-Alpes

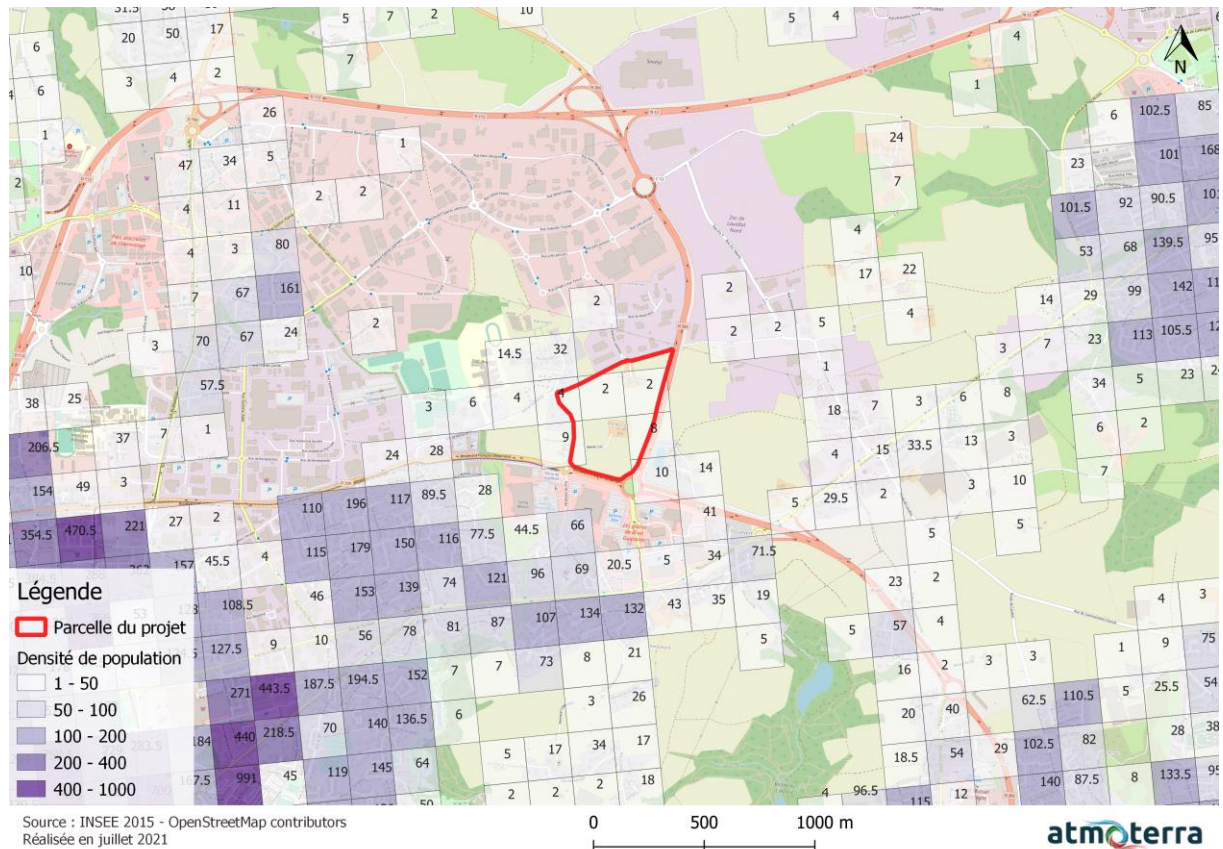
Tableau 5 : Synthèse des principaux polluants atmosphériques, leurs sources et leurs effets sur la santé, l'environnement et le patrimoine

Substances	Origine	Effets sur la Santé	Effets sur l'Environnement, le Patrimoine et le Climat
<p>Oxydes d'azote (NO_x)</p>	<p>Les NOx proviennent majoritairement des véhicules et des installations de combustion (chauffage, production d'électricité). Ces émissions ont lieu principalement sous la forme de NO pour 90% et une moindre mesure sous la forme de NO₂.</p>	<p>Le NO n'est pas toxique pour l'homme au contraire du NO₂ qui peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper activité bronchique. Chez les enfants et les asthmatiques, il peut augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.</p>	<p>Les NO_x interviennent dans la formation de d'ozone troposphérique et contribuent au phénomène des pluies acides qui attaquent les végétaux et les bâtiments.</p>
<p>Poussières ou Particules en suspension incluant les Particules fines (PM₁₀) et très fines (PM_{2.5})</p>	<p>Elles constituent un complexe de substances organiques ou minérales. On les classe en fonction de leur diamètre aérodynamique : les PM₁₀ (< à 10µm) et PM_{2.5} (< à 2.5µm) résultent de processus de combustion (industries, chauffage, transport, ...). Les principaux composants de ces particules : sulfates, nitrates, ammonium, chlorure de sodium, carbone, matières minérales et eau.</p>	<p>Leur degré de toxicité dépend de leur nature, dimension et association à d'autres polluants. Les particules les plus grosses (> à 10µm) sont arrêtées par les voies aériennes supérieures de l'homme. Les particules fines peuvent irriter les voies respiratoires, à basse concentration. Les très fines (PM_{2.5}) pénètrent plus profondément dans les voies respiratoires et sont liées à une augmentation de la morbidité cardio-vasculaire.</p>	<p>Les poussières absorbent et diffusent la lumière, limitant ainsi la visibilité et augmentant le réchauffement climatique (Black Carbon). Elles suscitent la formation de salissure par dépôt et peuvent avoir une odeur désagréable.</p>
<p>Les Composés Organiques Volatils – COV</p>	<p>Les COV hors méthane (COVNM) sont gazeux et proviennent du transport routier (véhicule à essence) ou de l'utilisation de solvants dans les procédés industriels (imprimeries, nettoyage à sec, ...) ou dans les colles, vernis, peintures, ... Les plus connus sont les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène). Le méthane (CH₄) est issu de la dégradation des matière organiques par les microorganismes.</p>	<p>Les effets sont divers selon les polluants et l'exposition. Ils vont de la simple gêne olfactive et une irritation, à une diminution de la capacité respiratoire et des effets nocifs pour le fœtus. Le benzène est un composé cancérogène reconnu qui est également problématique en air intérieur.</p>	<p>Combinés aux oxydes d'azotes, sous l'effet des rayonnements du soleil et de la chaleur, les COV favorisent la formation d'ozone (O₃) dans les basses couches de l'atmosphère. Le méthane a lui des effets significatifs sur le climat (GES).</p>
<p>Dioxyde de soufre (SO₂)</p>	<p>C'est un gaz incolore, d'odeur piquante. Il provient essentiellement de la combustion des matières fossiles contenant du soufre (comme le fuel ou le charbon) et s'observe en concentrations légèrement plus élevées dans un environnement à forte circulation.</p>	<p>C'est un gaz irritant. L'inflammation de l'appareil respiratoire entraîne de la toux, une production de mucus, une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infection respiratoires.</p>	<p>La réaction avec l'eau produit de l'acide sulfurique (H₂SO₄), principal composant des pluies acides impactant les cultures, les sols et le patrimoine.</p>

<p>Ammoniac (NH₃)</p>	<p>L'ammoniac est un polluant surtout lié aux activités agricoles. En milieu urbain sa production semble être fonction de la densité de l'habitat. Sa présence est liée à l'utilisation de produits de nettoyage, aux processus de décomposition de la matière organique et à l'usage de voitures équipée d'un catalyseur.</p>	<p>Le NH₃ présent dans l'air n'a pas d'effet toxique majeur sur la santé. Au-delà d'une certaine dose, l'ammoniac est toxique.</p>	<p>Le NH₃ provoque une acidification de l'environnement (eaux, sols) et impacte les écosystèmes et le patrimoine. L'apport de NH₃ atmosphérique est également lié au phénomène d'eutrophisation des eaux.</p>
<p>Ozone (O₃)</p>	<p>L'ozone est une forme particulière de l'oxygène. L'ozone n'est pas émis par une source particulière mais résulte de la transformation photochimique de certains polluants de l'atmosphère (NOx, COV), issus principalement du transport routier en présence des rayonnements ultra-violet solaires.</p>	<p>A des concentrations élevées, l'ozone a des effets marqués sur la santé de l'homme. On observe des problèmes respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme, une diminution de la fonction pulmonaire et l'apparition de maladies respiratoires.</p>	<p>L'ozone a des conséquences dommageables pour l'environnement. L'ozone porte préjudice aux écosystèmes et dégrade les bâtiments et cultures.</p>
<p>Monoxyde de Carbone (CO)</p>	<p>Il provient de la combustion incomplète des combustibles et carburants. Il est surtout émis par le transport routier mais également par les sources de production d'énergie utilisant la combustion.</p>	<p>Le CO affecte le système nerveux central et les organes sensoriels (céphalées, asthénies, vertiges, troubles sensoriels). Il peut engendrer l'apparition de troubles cardio-vasculaires.</p>	<p>Il participe aux mécanismes de formation de l'ozone troposphérique. Dans l'atmosphère, il se transforme en dioxyde de carbone CO₂ et contribue à l'effet de serre.</p>
<p>Métaux et polluants organiques persistants (POP), dioxines, les HAP, les pesticides...</p>	<p>La production de dioxines est principalement due aux activités humaines et sont rejetées dans l'environnement essentiellement comme sous-produits de procédés industriels. Les hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont rejetés dans l'atmosphère comme sous-produit de la combustion incomplète de matériaux organiques (incl. trafic routier). Les pesticides sont principalement issus de l'agriculture. Les métaux lourds sont générés par les processus humains (combustion des déchets, industrie, automobile, ...) et parois naturelles (présence de certains métaux à des concentrations élevées dans les sols qui peuvent être remis en suspension dans l'air).</p>	<p>De fortes concentrations de POPs ont des effets carcinogènes reconnus sur la santé. Depuis peu, on constate que les POPs peuvent aussi avoir des effets à très faible concentration. Ce sont des perturbateurs endocriniens qui interviennent dans les processus hormonaux (malformations congénitales, capacité reproductive limitée, développement physique et intellectuel affecté, système immunitaire détérioré).</p> <p>Ces polluants s'accumulent dans la chaîne alimentaire et peuvent induire une augmentation du risque de cancer chez les populations exposées.</p>	<p>Les POPs résistent à la dégradation biologique, chimique et photolytique et persistent donc dans l'environnement. Par ailleurs, ils sont caractérisés par une faible solubilité dans l'eau et une grande solubilité dans les lipides causant ainsi une bioaccumulation dans les graisses des organismes vivants et une bioconcentration dans les chaînes trophiques. Ils ont un effet sur l'ensemble de l'écosystème.</p>

2.6 Densité de population et identification des sites sensibles

Ces polluants pouvant avoir des impacts sur la santé des populations, il est important de localiser ces habitants. La figure suivante présente donc la densité de population aux alentours du projet. Ces données carroyées (définies en carreaux de 200m de côté) proviennent de l'INSEE pour l'année 2015. Les zones sans case constituent dans zone sans habitant (tertiaire principalement) où la densité est nulle.



Source : INSEE, 2015

Figure 4 : Densité de population à proximité du projet

On remarque qu'il y a peu de population au nord du projet, en lien avec la présence d'une zone industrielle/tertiaire. La plus grande densité de population se situe au sud-ouest du site.

Il est également important de localiser les populations dites 'vulnérables', c'est-à-dire plus sensibles aux effets de la pollution atmosphérique. Ainsi, il a été recherché la présence de bâtiments accueillant ces personnes, nommé 'sites sensibles'. Ces sites regroupent :

- Les crèches
- Les écoles maternelles et élémentaires
- Les hôpitaux
- Les maisons de retraite.

Plusieurs sites sensibles sont identifiés à proximité du projet (en 0 et 3 km du projet), ils sont listés dans le tableau ci-dessous et localisés dans la carte suivante.

Tableau 6 : Liste des établissements sensibles

Maison de retraite / foyer résidence	
EHPAD KER ASTEL	10 rue des trois frères Cozian 29490 Guipavas
Résidence Ker Heol	7 rue de Ker Heol Kerbernard 29200 Brest
Résidence les Jardins d'Avalon	17 rue de Ker Heol 29200 Brest
EHPAD de Kerampère	Rue Guillaume Keraudy 29200 Brest
EHPAD Le Lys Blanc	134 rue de Kermaria 29200 Brest
EHPAD le Manoir de Keraudren	160 rue Ernestine de Tremaudan
Hôpital / clinique	
Polyclinique de Keraudren	Rue Ernestine de Tremaudan 29200 Brest
Ecole	
Ecole primaire Maurice Henensal	Rue Alfred de Musset 29490 Guipavas
Ecole Primaire Notre-Dame de Tourbian	9 Rue du Pont Neuf 19490 Guipavas
Ecole primaire Kerbernard	1 rue Charles Edouard Guillaume 29200 Brest
Ecole élémentaire Jacques Prévert	Rue Laennec 29490 Guipavas
Ecole maternelle Jacques Prévert	Rue Laennec 29490 Guipavas
Ecole primaire Pilier Rouge	59 rue Sebastopol 29200 Brest
Ecole primaire du Petit Paris	6 rue d'Audierne 29200 Brest
Groupe scolaire Charles de Foucauld	32 route de Quimper 29287 Brest
Ecole primaire Sainte-Marie	4 rue des 2 frères Guezennec 29200 Brest
Ecole élémentaire Jacques Kerhoas	2 place Vinet 29200 Brest
Ecole maternelle Jacques Kerhoas	Place Vinet 29200 Brest
Groupe scolaire Kerisbian	4 rue des trois frères Vienne 29200 Brest
Groupe scolaire Pen Ar Streat	38 rue du 8 mai 1945 29200 Brest
Groupe scolaire Saint Jean-Baptiste	13 rue Nattier 29200 Brest
Ecole primaire Jules Ferry	7 rue Lucie Sanquer 29480 Le Relecq Kerhuon
Crèche	
Micro-crèche Câlines Doudou « Au fil des pas »	315 rue Andrée Chédid 29490 Guipavas
Crèche Evancia	Moulin de Goarem Vors 29490 Guipavas
Crèche Pen Ar Creac'h	2 rue Jean Marc 29200 Brest
Crèche collective municipale Europe	Rue Saint-Jacques 29200 Brest
Crèche Babilou	90 rue Martin Luther King 29490 Guipavas

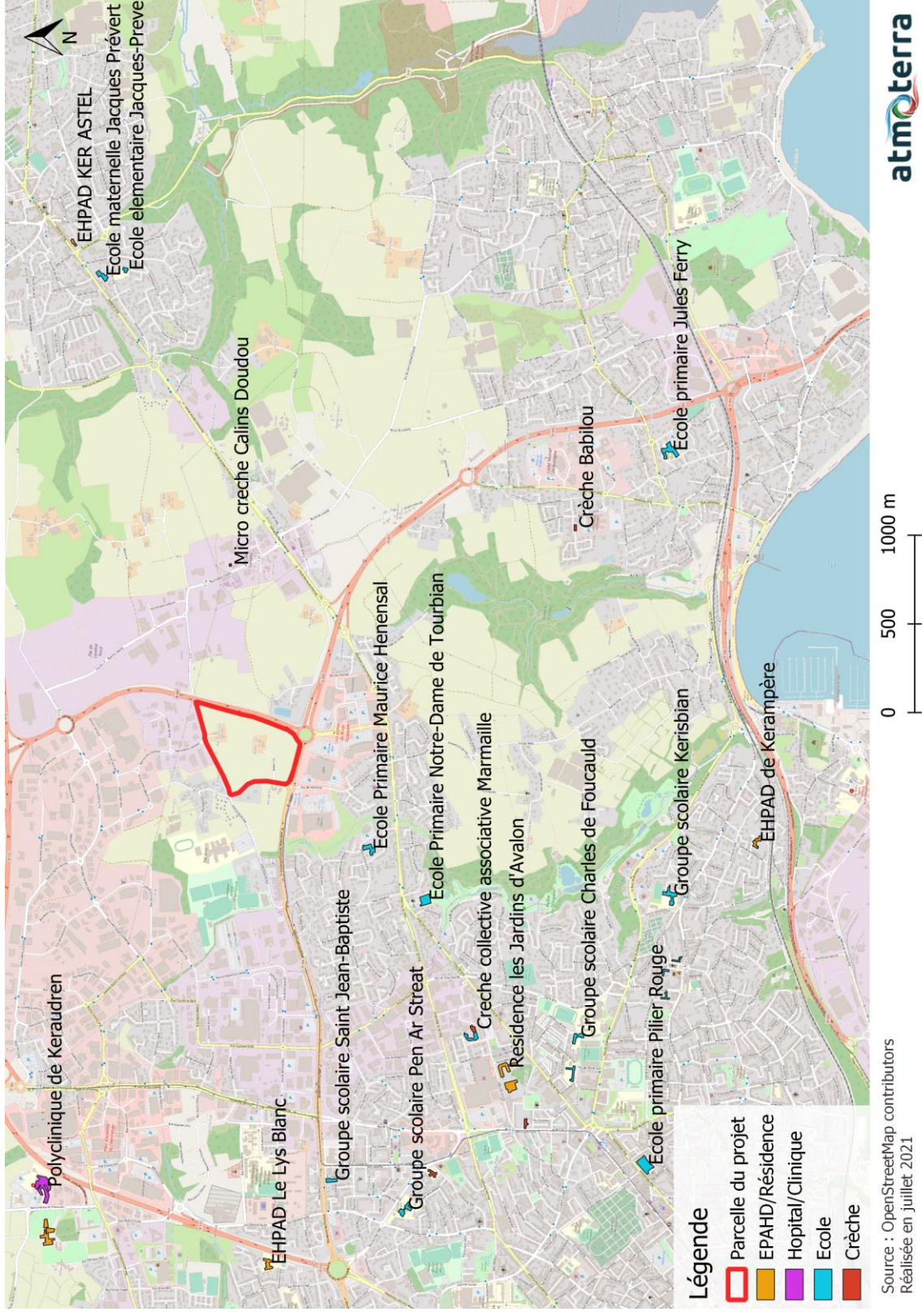


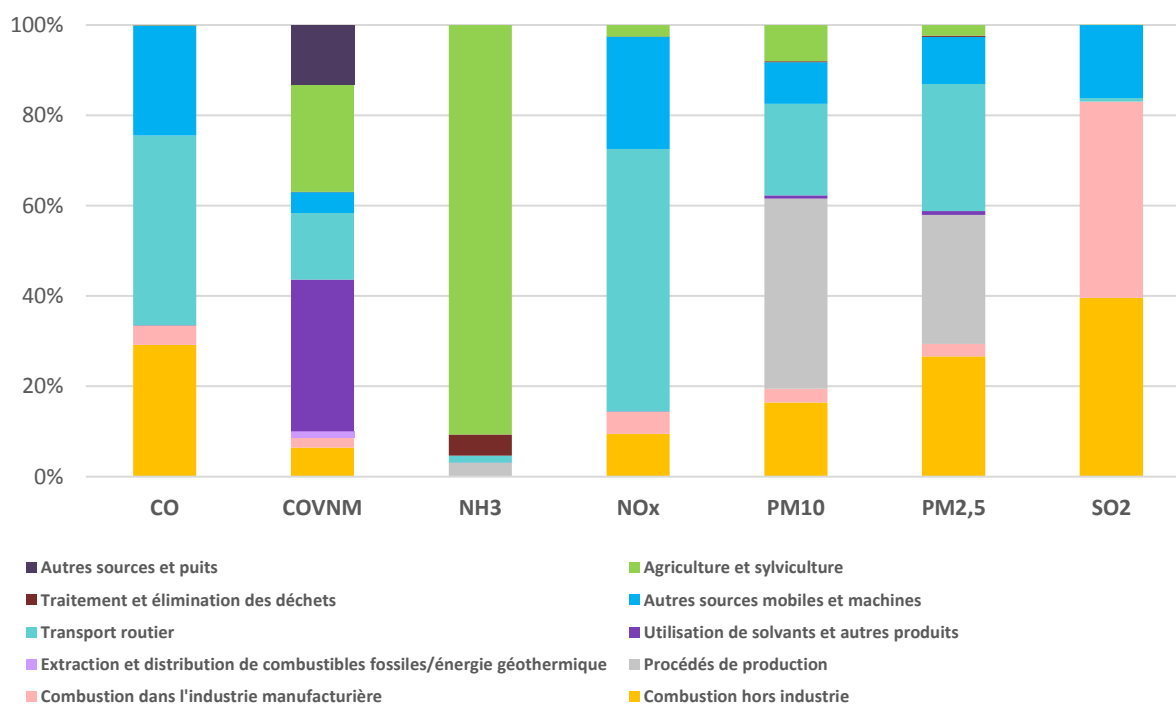
Figure 5 : Localisation des établissements sensibles d'en un périmètre de 3 km autour du projet

3 EVALUATION DES EMISSIONS DE POLLUANTS

Les **émissions** de polluants atmosphériques du territoire proviennent des différentes sources et activités du territoire. Ce sont des masses de polluants émis par unité de temps et de surface, à bien différencier des concentrations qui reflètent l'exposition des écosystèmes à la pollution de l'air.

3.1 Inventaire des émissions de 2012

Des inventaires d'émissions sont réalisés pour disposer d'informations plus précises sur les émissions par secteurs d'activités. La figure et le tableau ci-dessous illustrent la contribution de chacun des secteurs aux émissions de polluants atmosphériques pour la commune de Guipavas pour l'année 2012.



	CO	COVNM	NH3	NOx	PM10	PM2,5	SO2
Combustion hors industrie	114212	14262		24819	9185	8970	12946
Combustion dans l'industrie manufacturière	16901	5006	9	13078	1682	920	14199
Procédés de production			3228		23542	9620	
Extraction et distribution de combustibles fossiles /énergie géothermique		2986					
Utilisation de solvants et autres produits	2	74830	19	0	371	292	
Transport routier	164916	32807	1678	152283	11340	9490	242
Autres sources mobiles et machines	95016	10231		65149	5161	3499	5288
Traitement et élimination des déchets	359	78	4989	9	89	88	
Agriculture et sylviculture	397	52922	96145	6714	4500	800	2
Autres sources et puits		29251					
Toutes activités	391803	222371	106067	262051	55869	33680	32677

Source : Inventaire National Spatialisé

Tableau 7 : Répartition des émissions polluants (kg/an) de Guipavas en 2012

3.1.1 Le Monoxyde de Carbone (CO)

Sur la commune de Guipavas, les **émissions de CO** sont issues de 4 secteurs :

- les **transports** (routier à 42% et autres transports à 24%),
- la **combustion hors industrie** (principalement en lien avec le chauffage résidentiel et tertiaire) (29%)
- et la **combustion dans l'industrie** (4%).



Les émissions de CO résultent majoritairement de la **combustion incomplète des combustibles et carburants**.

3.1.2 Les Composés Organiques Volatiles Non-Méthaniques (COVNM)

Sur le territoire, les **émissions de COVNM** sont issues de l'utilisation de **solvants** et autres produits (dans les procédés industriels ou dans les colles, peintures, ...) (34%), ainsi que de l'agriculture (24%) et du **transport routier** (véhicule à essence) (15%).

3.1.3 L'ammoniac (NH₃)

Les émissions de NH₃ proviennent à 91% du **secteur agricole** sur le territoire avec comme principales sources les élevages (déjections animales) et l'utilisation d'engrais azotés pour les cultures. L'ammoniac est le principal **précurseur de particules secondaires** émises par l'agriculture. Il réagit avec notamment les NO_x ou encore le SO₂ pour former des particules fines (qui ne sont pas comptabilisées dans cet inventaire mais qui contribuent aux concentrations en PM_{2,5} et PM₁₀ dans l'air respiré sur le territoire).

3.1.4 Oxydes d'azote (NO_x)

Les émissions de NO_x sont multi-sources mais proviennent essentiellement du **transport** (contributeur à hauteur de 58% des émissions pour le transport routier, et 25% pour les autres transports). Dans ce secteur, ces émissions sont majoritairement liées à la **combustion de carburants fossiles** des véhicules à moteur diesel (véhicules lourds et légers).

Les autres sources notables de NO_x sont les combustions dans l'industrie (5%) et hors industrie (résidentiel, tertiaire, agriculture, ...) (9%).



Les émissions de **NO_x** ont lieu principalement sous la forme de **NO** pour 90% et dans une moindre mesure sous la forme de **NO₂** (*Airparif, La qualité de l'air en chiffres, 2002*).

3.1.5 Particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5})

Les particules fines sont principalement issues des **processus de combustion** (industrie, chauffage, transport, ...).


Le **secteur industriel** est le principal responsable des émissions de PM₁₀ et de PM_{2,5} en lien avec les procédés de combustion (42% des émissions de PM₁₀ et 29% de PM_{2,5}), mais également les activités industrielles (process, transformation, ...) (3% des émissions de PM₁₀ et 3% de PM_{2,5}).

Le transport routier est également responsable de 20% des émissions de PM₁₀ et 28% de PM_{2.5}. La combustion hors industrie (principalement en lien avec le chauffage résidentiel et tertiaire) est également responsable de 16% des émissions de PM₁₀ et 27% de PM_{2.5}.

3.1.6 Dioxyde de soufre (SO₂)

A Guipavas, les émissions de SO₂ sont issues à :

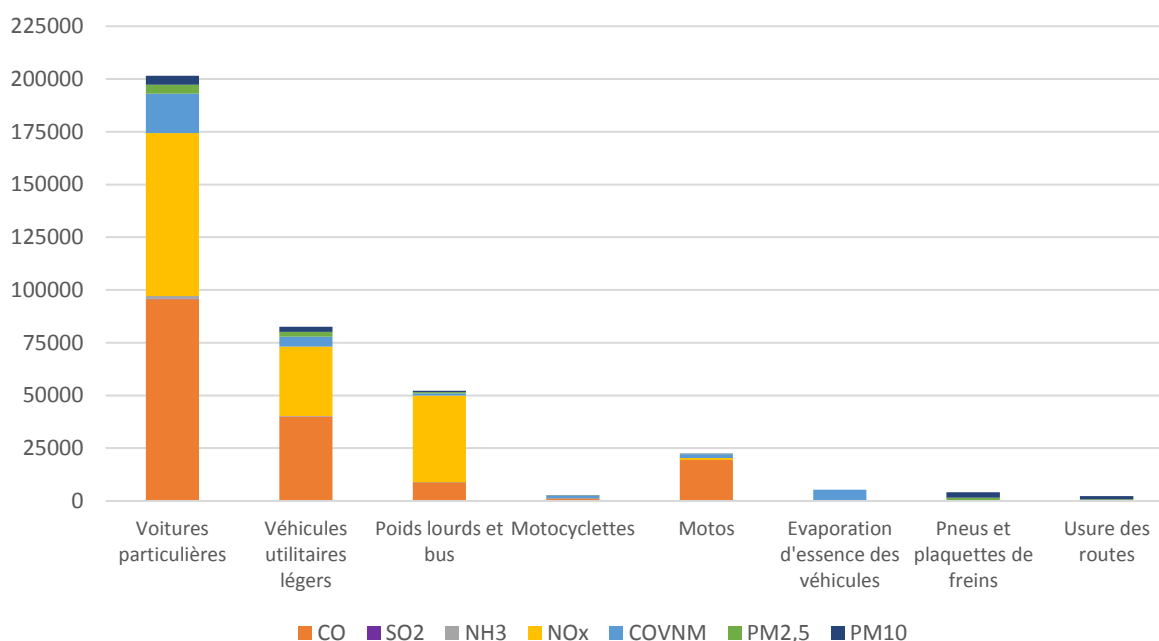
- 43% de la combustion dans **l'industrie**
- 40% issues de la combustion dans d'autres secteurs (notamment les secteurs résidentiel et tertiaire en lien avec les modes de chauffage)
- 16% des machines et véhicules mobiles, hors transport routier (aéroport notamment).

 Les émissions de **SO₂** proviennent de la **combustion des matières fossiles** contenant du **soufre** (comme le fuel ou le charbon).

3.2 Focus sur les émissions du transport routier

Sur la commune de Guipavas, le transport routier est ainsi responsable de 58% des émissions de NO_x, 42% des émissions de CO, 20% des émissions de PM₁₀, 28% de PM_{2.5} et 15% de COVNM.

La figure ci-dessous présente les émissions annuelles du **transport routier** pour différents polluants, selon différentes sources d'émissions (type de véhicules, usure des routes, freins, ...).



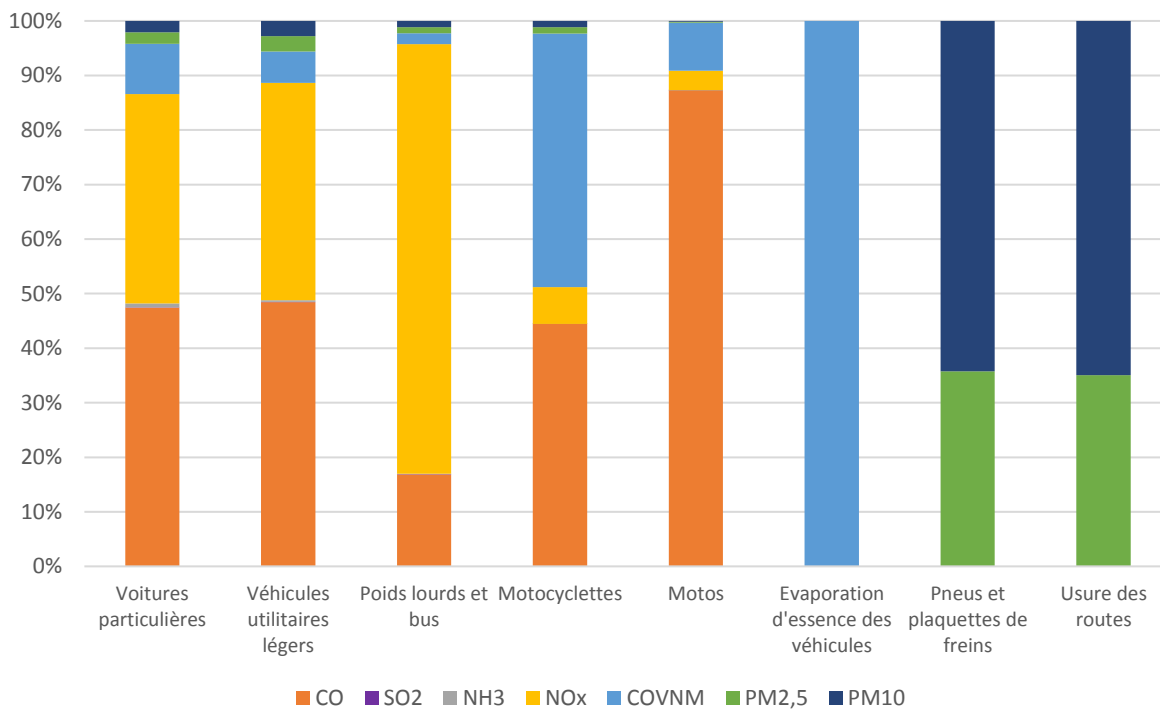
Source : Inventaire National spatialisé, commune de Guipavas, 2012

Figure 6 : répartition des émissions annuelles du transport routier selon différentes sources d'émissions

Les voitures particulières sont le type de source d'émissions le plus important du secteur du transport routier, émettant principalement du CO et des NO_x. Viennent ensuite les véhicules utilitaires légers, puis les poids-lourds et les bus, et enfin les motos. Des émissions de COVNM sont également dues à

l'évaporation d'essence des véhicules et des émissions de particules fines à l'usure des routes et aux frottements des pneus et freins.

La figure ci-dessous présentent plus précisément les polluants émis, en pourcentage, par type de source d'émission du secteur 'transport routier'.



Source : Inventaire National Spatialisé, commune de Guipavas, 2012

Figure 7 : Pourcentage de type de polluant émis par type de source d'émission du secteur transport routier

Ce graphique nous montre plus précisément que les polluants émis par les pneus et plaquettes de freins, ainsi que par l'usure des routes représente 35% environ des PM2.5 et à 65% des PM10. On observe également que les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers émettent environ 38 à 40% de NOx, et que les poids lourds et bus émettent 79% de NOx, le reste étant du CO (17%), des COVNM (2%) et des particules fines. Pour les petites motos (motocyclettes), le pourcentage de NOx est beaucoup plus réduit (seulement 7%), alors que celui du COVNM est assez important (46%). Les motos émettent elles encore relativement moins de NOx (4%), mais plus de CO (87%).

3.3 Focus sur le registre des émissions polluantes

Selon le registre des émissions polluantes (IREP), 8 établissements rejetant des polluants dans l'atmosphère sont implantés dans la commune de Guipavas, et sont susceptibles d'impacter la qualité de l'air local. Ces établissements sont les suivants :

Etablissements	Adresse	Activités principales
JESTIN AUTO CASSE	Z.I. de Lavallot 29490 Guipavas	Commerce de voitures et de véhicules automobiles légers
HYPER-AUTO	ZI de Lavallot 29490 Guipavas	Commerce de gros (commerce interentreprises) de déchets et débris
Les Recycleurs Bretons	170 rue jacqueline Auriol ZA de ST THUDON 29490 Guipavas	Traitement et élimination des déchets non dangereux
SDMO Industries	Rue Jules Janssen, 29490 Guipavas	Fabrication de moteurs, génératrices et transformateurs électriques
SAS CARRIERES PRIGENT	MOULIN DU ROZ 29490 Guipavas	Exploitation de gravières et sablières, extraction d'argiles et de kaolin
Lagadec TP (ISDI)	Seiter Vras, 29490 Guipavas	Travaux de terrassement courants et travaux préparatoires
KERMAD	1 Rue Jules Janssen, 29806 Brest	Fabrication de plats préparés
ESTEVE RECYCLAGE	11 Rue Eugène Bourbon Zac de, 29490 Guipavas	Récupération de déchets triés

Les plus proches du projet sont les établissements :

- Esteve Recyclage, situé à 1.5km au nord-ouest du site
- Et Kermad et SDMO Industries à 1km au nord du site.

3.4 Evolutions des émissions de polluants atmosphériques

La figure suivante présente **les évolutions des émissions des polluants atmosphériques** entre 2004 et 2012 pour la commune de Guipavas.

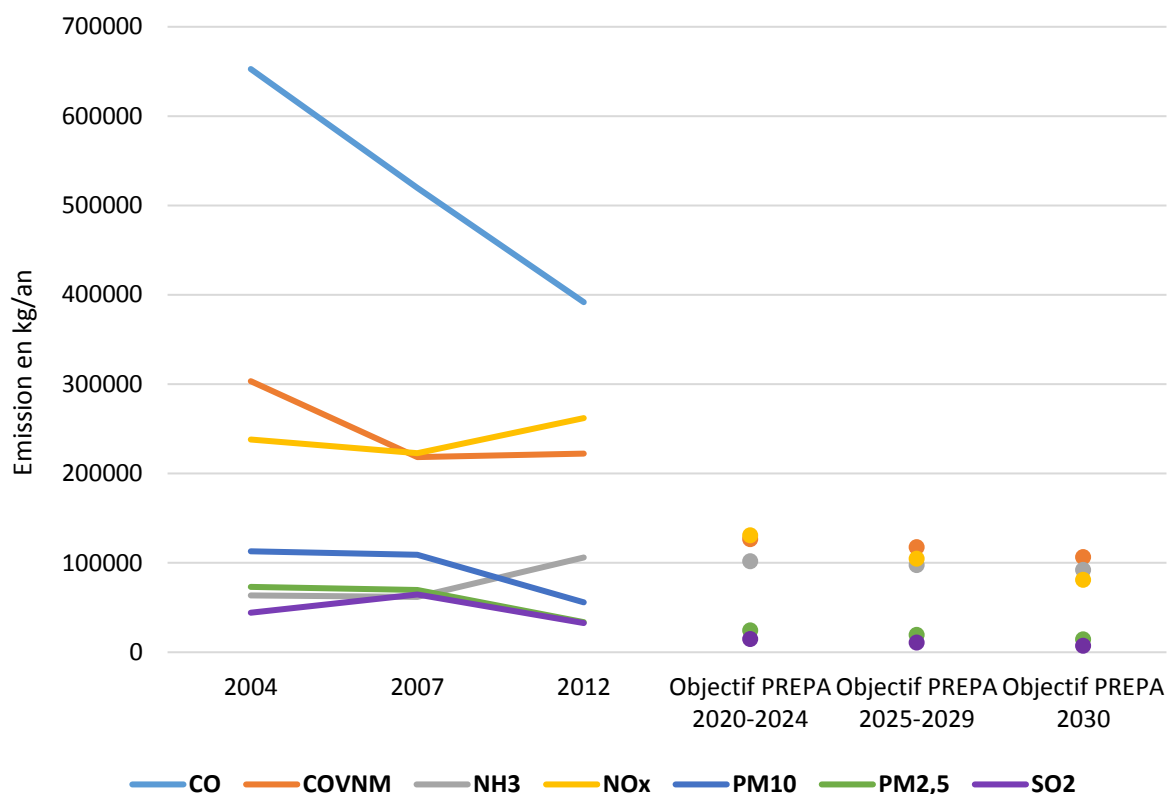
On remarque que les émissions de **CO, COVNM, PM_{2.5}, PM₁₀** et **SO₂** ont **diminué** entre 2004 et 2012. Cependant, les émissions de **NH₃ et NOx** ont eu tendance à augmenter.

Ainsi, il semble **difficile** pour le territoire d'atteindre les **objectifs du PREPA** pour 2020-2024 pour les **émissions de NOx qu'il faudrait fortement diminuer**.

Si l'on suit la tendance des émissions de PM_{2.5} et SO₂, les objectifs du PREPA sont susceptibles d'être atteints pour ce polluant.

Des efforts cependant seront également à faire pour réduire les émissions de COVNM pour atteindre les objectifs.

Pour les émissions de CO et de PM₁₀, il n'existe pas d'objectif de réduction des émissions dans le cadre du PREPA.



Source : Inventaire National Spatialisé

Figure 8 : Evolution des émissions en polluants atmosphériques pour la commune de Guipavas et comparaison aux objectifs du PREPA

Les émissions en polluants atmosphériques de la commune de Guipavas proviennent du secteur **industriel** (combustion et procédés), de la **combustion hors industrie** (résidentiel, tertiaire, agriculture) et du **transport routier**.

Les dernières données disponibles datent de 2012, mais au regard des tendances de l'évolution des émissions depuis 2004, il apparaît que des efforts sont à fournir pour réduire fortement les **émissions de NOx**, ainsi que les émissions de **COVNM** pour atteindre les objectifs du PREPA.

A noter que **le trafic des nationales N12 et 265**, traversant Guipavas, participe fortement aux **émissions de NOx** (25% environ des émissions totales de NOx sur le territoire, et 44% des émissions du transport routier).

4 EVALUATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS

4.1 Méthodologie et données disponibles

4.1.1 Stations de mesure du réseau Air Breizh

Les stations de mesure du réseau Air Breizh les plus proches du projet sont les suivantes :

- Plouzané – Station périurbaine de fond – 655 Avenue du Technopôle 29280 Plouzané (à 13 km au sud-ouest du projet)
- C. Desmoulins – Station urbaine trafic – 90 rue Camille Desmoulins 29200 Brest (à 5km au sud-ouest du projet)
- Macé – Station urbaine de fond – Ecole J. Macé, 8 rue du château 29200 Brest (à 6 km au sud-ouest du projet)



Figure 9 : Localisation des stations de mesure du réseau Air Breizh les plus proches du projet

Ces stations mesurent les concentrations en polluants suivants :

Tableau 8 : Polluants atmosphériques mesurés par station

	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃
Plouzané	Non	Non	Non	Oui
C. Desmoulins	Oui	Oui	Non	Non
Macé	Oui	Oui	Oui	Oui

Ces 3 stations de mesure sont toutes assez éloignées des sites du projet. La station Desmoulins, station urbaine trafic, semble être la plus représentative du projet, car la plus proche et située proche d'axes routiers.

Les données de ces stations sont analysées dans les paragraphes suivants par polluant. Les tableaux, présents en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, présentent, pour plusieurs années et par station Air Breizh, la comparaison des données avec les valeurs réglementaires et les recommandations de l'OMS. Le nombre de dépassements de ces valeurs de référence apparaît dans les cases en orange. Les cases en vert signifient qu'il n'y a pas de dépassement des valeurs. Toutes les données proviennent d'Air Breizh.

4.1.2 Concentrations modélisées par Air Breizh

Air Breizh met à jour chaque année des **cartes de pollution modélisées** représentant les concentrations moyennes de NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5}. La méthodologie de ces cartes repose sur l'exploitation conjointe des sorties de la plateforme inter-régionale de cartographie et de prévision de la qualité de l'air ESMERALDA (Etudes Multi RégionALES De l'Atmosphère) et des données des stations de mesure d'Air Breizh.

Les cartes les plus récentes disponibles sont celles de 2018 pour le NO₂, les PM₁₀ et les PM_{2.5}. Ces cartes permettent de connaître plus précisément les concentrations moyennes annuelles au niveau des sites du projet.

4.1.3 Campagne de mesure avec des capteurs de la qualité de l'air

Un capteur, mesurant en **continu** les concentrations dans l'air du **NO₂, des PM₁, des PM_{2.5}, des PM₁₀, du NH₃ et du CO a également été installé** pendant 1 mois, du 24 juin au 23 juillet 2021.

Ce capteur a été installé au nord du projet, au 285 rue Alphonse Penaud. Son implantation a été choisie en tenant compte des contraintes d'accès, de fourniture d'électricité, de sécurité du site.

4.1.4 Campagne de mesure avec des tubes passifs

D'après le guide du CEREMA, pour les études air et santé de niveau II, **des mesures de NO₂ par tubes passifs** sont nécessaires pour compléter l'état actuel.

Les mesures ont été faites en **3 points**, sur radiello 166, pendant **2 semaines** : du 24 juin 2021 au 7 juillet 2021. Les mesures ont été analysées par un laboratoire, qui a rapporté les résultats sous la forme de concentration moyenne en **NO₂** dans l'air pendant les 2 semaines de campagne, en chaque point (Annexe 3).

Ces mesures par tubes passifs sont dites, selon le CEREMA⁹, « semi-quantitatives » car elles ne donnent qu'un ordre de grandeur des concentrations. Elles permettent cependant de comparer et hiérarchiser les différents points de mesures effectués.

La carte ci-dessous présente la localisation des différents points de mesure, les polluants mesurés en chaque point et la durée des mesures.



Figure 10 : Exemple de radiello dans sa cabane de protection

⁹ Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières, 3.6.1.1.a), p.39

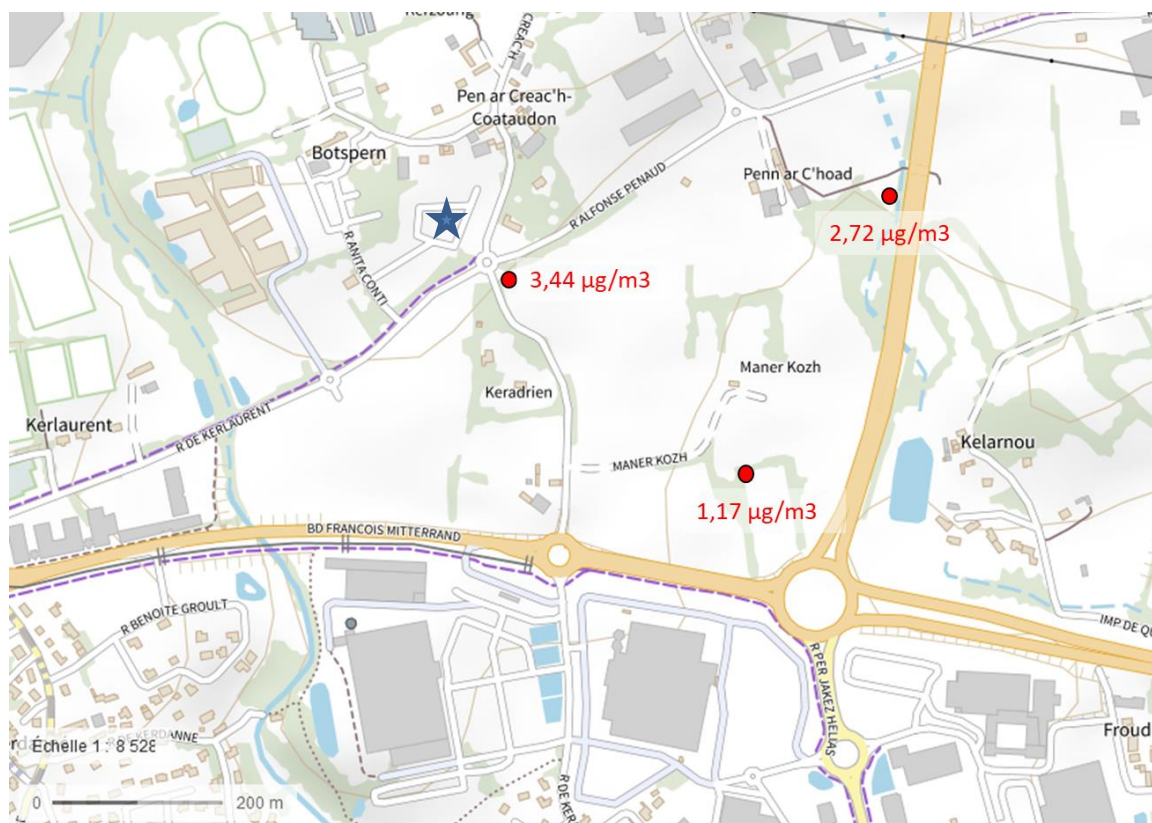


Figure 12 : Résultat des concentrations en NO₂ pour les 3 radiellos

On observe que les concentrations sont plus importantes pour le point au nord-ouest du projet, à proximité de la rue Alphonse Penaud, puis pour celui au nord-est, à proximité de la N265, que le point au sud.

En effet, celui situé au nord-ouest est à proximité d'une route, mais également de travaux d'aménagement/terrassement ayant lieu dans le lotissement Botspern, au nord-ouest du point (étoile bleue sur la carte). Le point au nord-est est lui situé à proximité immédiate de la N265, expliquant potentiellement la concentration moyenne plus importante que le point au sud. Cependant, la concentration moyenne au niveau du point au nord-est, proche de la RN265, est susceptible d'être sous-estimée car les vents durant la campagne ne provenaient pas souvent de l'Est, ainsi l'influence de la RN est faible durant cette campagne. A l'inverse, le point au nord-ouest était sous le vent des travaux (nord-ouest) (voir Figure 31 : Rose des vents sur la période de campagne).

4.2.2 Résultats des capteurs de mesure

Le tableau suivant présente les concentrations minimum, maximum et moyennes en NO₂ pendant la période de mesure.

Tableau 9 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en NO₂

		Micro-capteur
NO ₂ en µg/m ³	Minimum horaire	0.23
	Moyenne	12.51
	Maximum journalier	52.53
	Maximum horaire	63.53

Note : Des valeurs élevées peuvent être rencontrées au démarrage du capteur le temps que ce dernier chauffe et se stabilise. Ainsi, pour ce capteur, les valeurs en NO₂ du premier jour (24 juin 2021) ont été supprimées (valeurs très élevées en lien avec le temps de chauffe du capteur).

La figure suivante présente les concentrations horaires en NO₂ mesurées par le capteur pendant un mois.

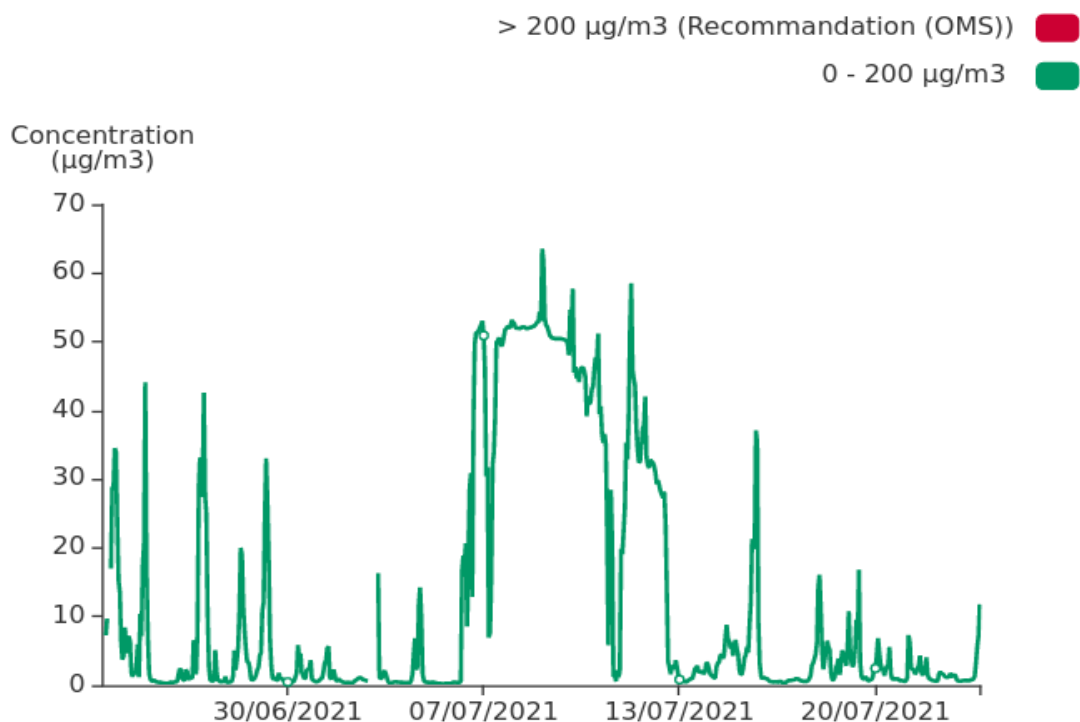


Figure 13 : Concentrations horaires en NO₂ mesurées par le capteur

Les concentrations horaires sont toutes inférieures (en moyenne 16 fois inférieures) aux recommandations de l’OMS, ainsi qu’au seuil d’information et de recommandations et à la valeur limite (200 µg/m³) en moyenne horaire.

Le capteur met en évidence des pics de concentrations ayant lieu souvent tôt le matin (vers 5-6h), ainsi qu’un pic en continue du 07/07 au 10/07, puis le 12/07.

Le graphique suivant présente les concentrations moyennes horaires en NO₂ mesurées par le capteur, par heure et par jour sur la période de mesures.

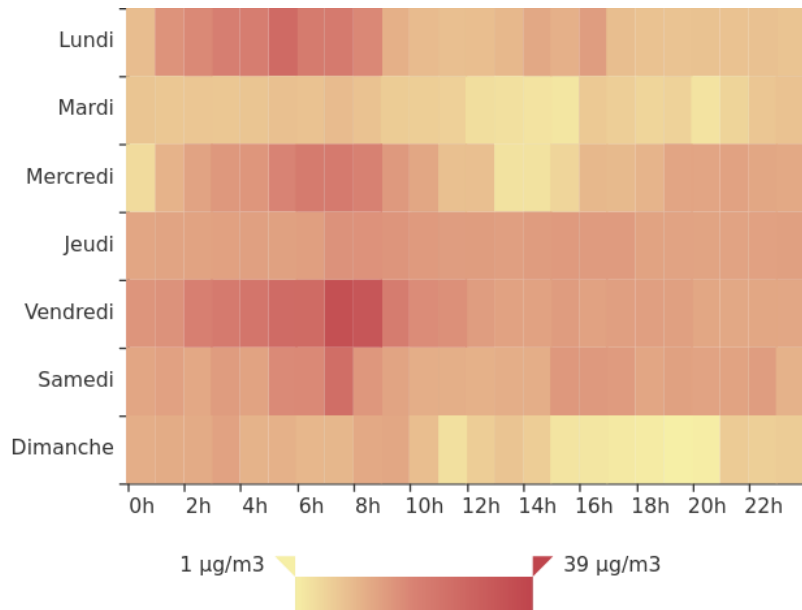


Figure 14 : Concentrations moyennes en NO2 par heure et par jour

On observe pour des concentrations plus importantes le matin entre 5h et 9h, et des concentrations plus faibles le mardi et le dimanche. Ainsi, ces pics sont vraisemblablement en lien avec des activités humaines réalisées la semaine et plus particulièrement le matin.

La Figure 15 présente la rose des polluants pour les concentrations en NO₂. Une rose de pollution peut permettre d'identifier l'origine géographique d'un polluant. Elle indique la moyenne des concentrations observées en fonction l'origine du vent. Ainsi, une rose de pollution donne les directions où trouver les sources de pollution les plus importantes. Les données météorologiques utilisées proviennent de l'aéroport le plus proche, c'est-à-dire l'aéroport de Brest (LFRB), situé à Guipavas, à 4km au nord-est du projet (voir rose des vents en Annexe 1). Ces données sont considérées représentatives des conditions météorologiques observées sur site.

Rose des polluants

Concentration moyenne en NO2 par direction de vent en µg/m3

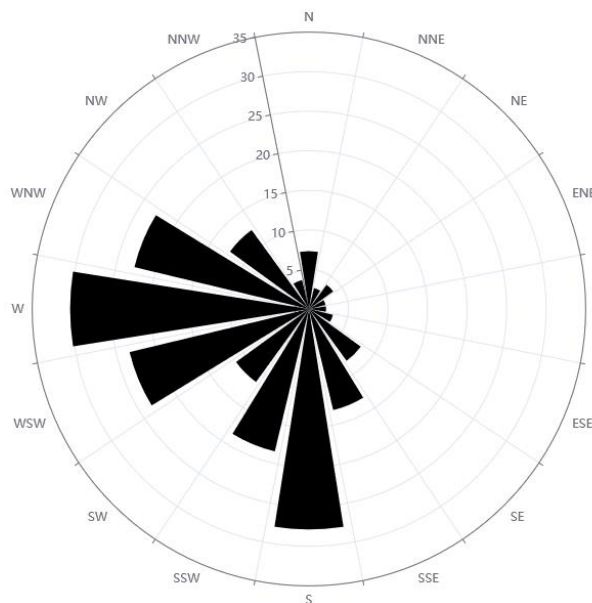


Figure 15 : Rose des polluants pour le NO2 sur la période de mesure

On remarque que les concentrations en NO₂ sont plus importantes quand le vent vient de l'Ouest et du Sud. Des travaux d'aménagement/terrassment ayant lieu à l'ouest (lotissement Botspern) peuvent potentiellement être en lien avec les pics de NO₂.

L'influence de la N265 (à l'est du projet) sur les concentrations en NO₂ mesurées n'est pas significative, en lien avec la distance du capteur par rapport à l'axe routier (environ 300m) et la faible fréquence des vents provenant de l'Est (où se situe l'axe routier par rapport au point de mesure) (voir Figure 31 en Annexe 1).

4.2.3 Comparaison des données des stations du réseau Air Breizh et du capteur de mesure

La figure ci-dessous présente la comparaison entre les concentrations horaires en NO₂ mesurées par le capteur et les concentrations mesurées par les stations d’Air Breizh.

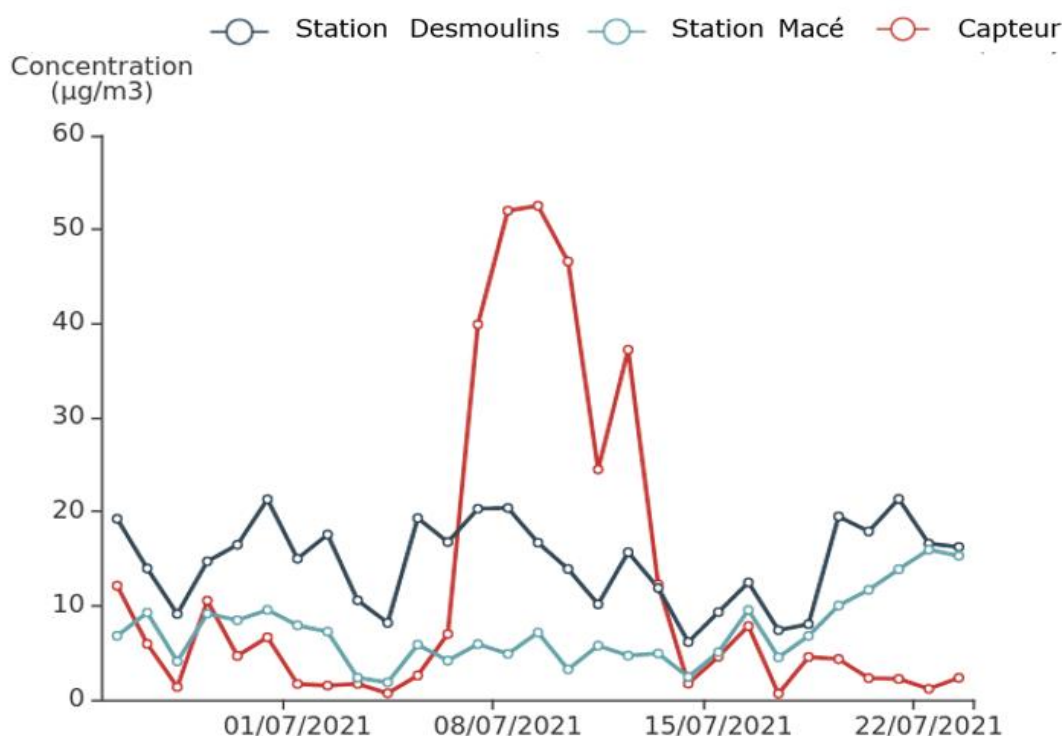


Figure 16 : Comparaison des concentrations en NO₂ avec les stations Air Breizh

On observe que les concentrations mesurées par le capteur sont globalement plus faibles que celles mesurées par les stations, hormis lors du pic du 07 au 13/07, où les concentrations mesurées par le capteur étaient environ 2 fois supérieures à celles de la station urbaine trafic (Desmoulins) et 8 fois supérieures à celles de la station urbaine de fond (Macé).

Le pic de concentrations du capteur semble donc lié à un **évènement localisé** (potentiellement les travaux d’aménagement/terrassement à l’ouest).

Ainsi, les mesures effectuées par le capteur semblent cohérentes avec les mesures des stations.

Le tableau suivant présente les concentrations mesurées par les stations Air Breizh pour les années 2018, 2019 et 2020.

Tableau 10 : Concentrations en NO₂ mesurées par les stations Air Breizh durant les 3 dernières années

		Station Macé			Station Desmoulins		
		2018	2019	2020	2018	2019	2020
NO ₂ en µg/m ³	Moyenne annuelle	13	11	9	27	27	20
	Maximum horaire	85	90	95	157	148	139

On remarque que la moyenne annuelle de la station Macé est du même ordre de grandeur que les concentrations moyennes sur un mois du capteur ($12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les concentrations en NO_2 au niveau de ces deux stations sont inférieures, lors des 3 dernières années, à la valeur limite et au seuil OMS en moyenne annuelle ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ainsi, qu'en moyenne horaire, à la recommandation de l'OMS, au seuil d'information et de recommandations et à la valeur limite ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.2.4 Résultats des concentrations moyennes modélisées par Air Breizh

La Figure 17 présente les concentrations en NO_2 en moyenne annuelle modélisées à l'échelle de la métropole de Brest pour l'année 2018 (dernières données disponibles).

Au niveau du projet (cercle violet sur la Figure 17), on observe que les concentrations sont situées entre 0 et $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces valeurs sont supérieures à proximité de la D205 (entre 12 et $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et de la N245 (entre 12 et $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et peuvent ainsi dépasser localement la valeur limite et le seuil de l'OMS de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ainsi, le NO_2 est un polluant à enjeu au niveau du projet, et en particulier à proximité de la N245.

4.2.5 Synthèse sur les concentrations en dioxyde d'azote

A partir de la campagne de mesures du 24 juin au 23 juillet 2021, on constate que les concentrations en NO_2 au droit du site sont significativement inférieures aux recommandations de l'OMS, ainsi qu'au seuil d'information et de recommandations et à la valeur limite ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire).

Les valeurs mesurées sont globalement plus faibles que les mesures effectuées sur la même période au niveau des stations Air Breizh, hormis sur la période du 07/07 au 13/07, où les concentrations sont de 2 à 8 fois supérieures à celles des stations Air Breizh, en lien probablement avec la proximité de travaux d'aménagement/terrassment dans le lotissement Botspern (au nord-ouest du projet). Les concentrations en NO_2 supérieures au niveau du radiello situé au nord-ouest du projet confirme cette potentielle source.

L'analyse des concentrations moyennes annuelles modélisées par Air Breizh indiquent que les concentrations moyennes susceptibles d'être présentes au niveau du site étudié sont du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées, avec des concentrations qui peuvent, à proximité de la N245, dépasser la valeur limite et le seuil de l'OMS de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ainsi, au niveau du projet, les concentrations en NO_2 sont susceptibles d'approcher, voire de dépasser la recommandation de l'OMS et la valeur limite (moyenne annuelle) dans les zones à proximité immédiate de la N245.

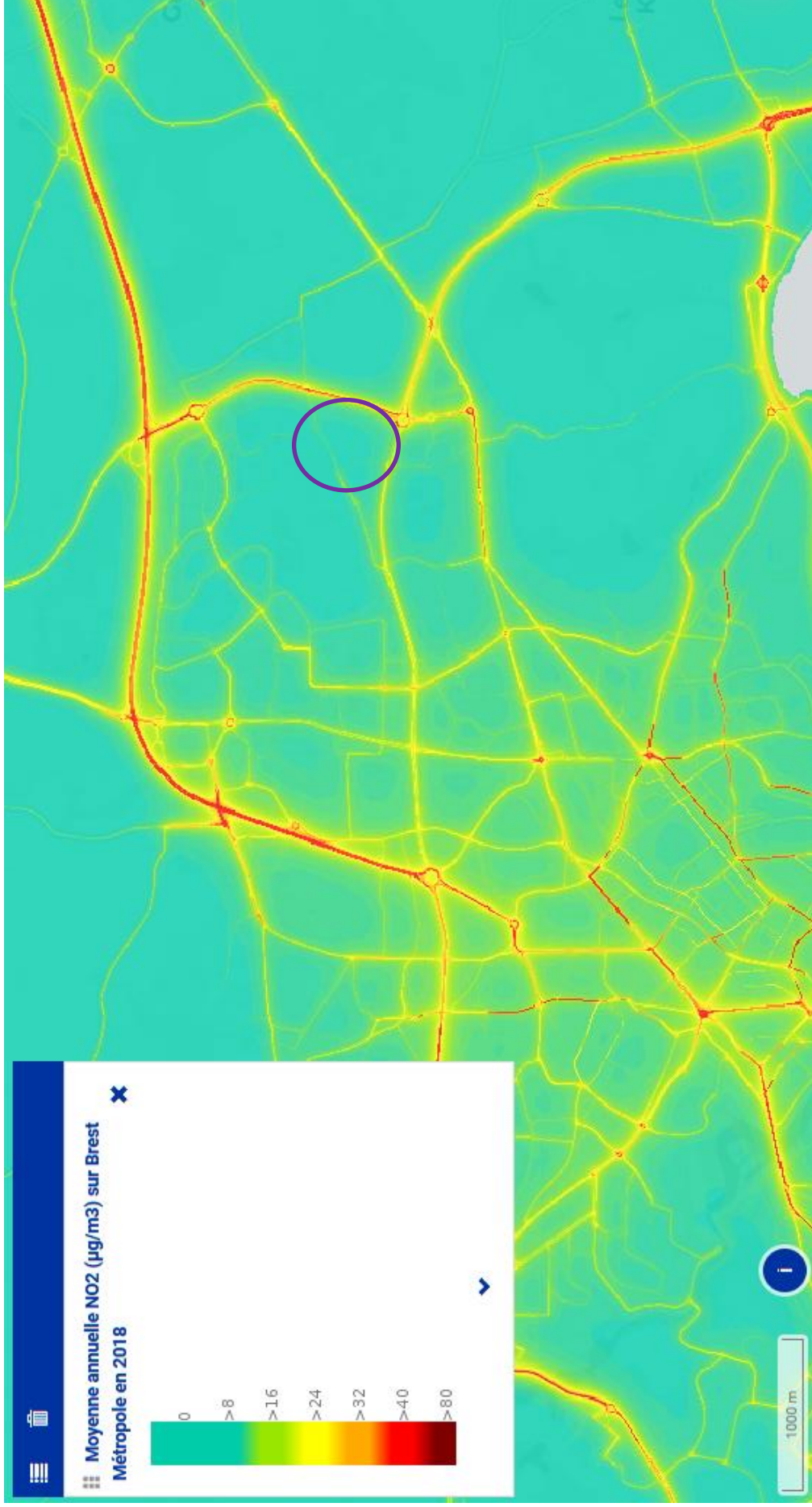


Figure 17 : Concentrations moyennes de NO₂ pour l'année 2018
Source : Air Breizh- 2018

4.3 Concentrations en particules fines PM1

Le tableau suivant présente les concentrations minimum, maximum et moyennes en PM₁ pendant la période de mesure.

Tableau 11 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en PM1

PM ₁ en µg/m ³	Micro-capteur	
	Minimum horaire	0.64
	Moyenne	5.98
	Maximum journalier	12.93
	Maximum horaire	18.06

La figure suivante présente les concentrations journalières en PM₁ mesurées par le capteur pendant un mois, ainsi que la comparaison avec les concentrations en PM_{2.5} et PM₁₀.

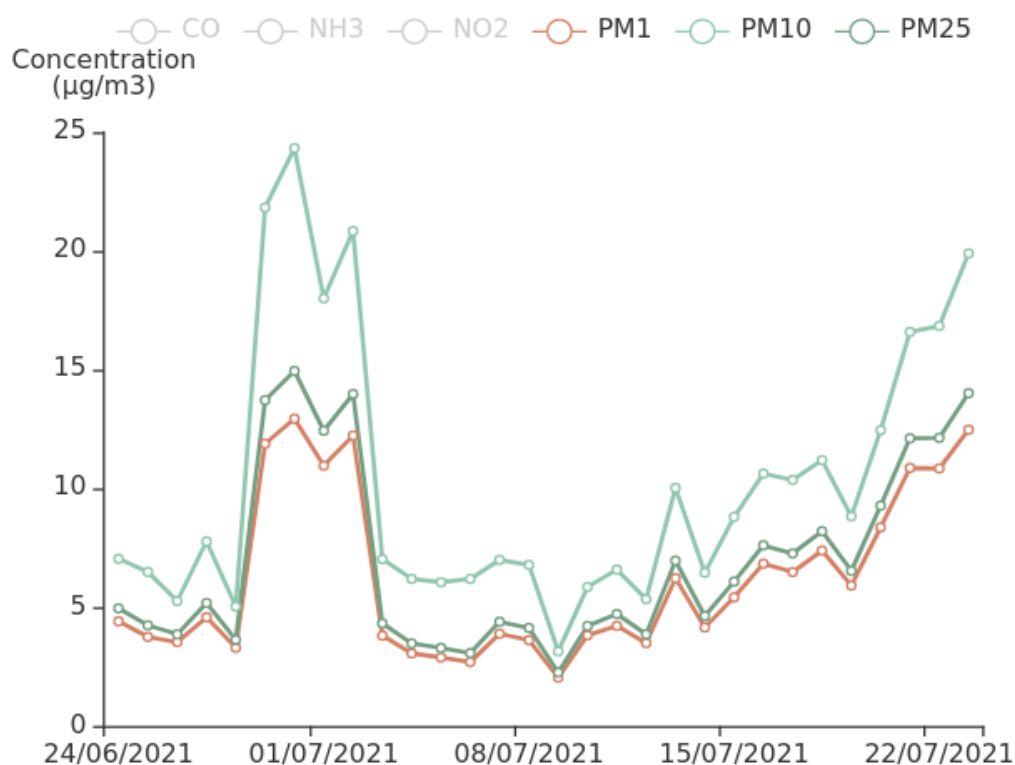


Figure 18 : Concentrations journalières en PM1 mesurées par le capteur

On remarque que les concentrations en PM₁ suivent les mêmes évolutions que celles en PM_{2.5} et PM₁₀.

Aucune valeur guide (seuil réglementaire ou recommandations de l’OMS) n’existe pour les PM₁, ce qui ne permet pas de faire de comparaison.

Aucune station du réseau Air Breizh à proximité du projet ne mesure les concentrations en PM₁. Cependant, les concentrations en PM_{2.5} et PM₁₀ sont mesurées pour certaines stations, et les résultats sont analysés dans le paragraphe suivant.

4.4 Concentrations en particules fines PM2.5

4.4.1 Résultats des capteurs de mesure

Le tableau suivant présente les concentrations minimum, maximum et moyennes en PM_{2.5} pendant la période de mesure.

Tableau 12 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en PM2.5

PM _{2.5} en µg/m ³	Micro-capteur	
	Minimum horaire	0.71
	Moyenne	6.74
	Maximum journalier	14.95
	Maximum horaire	21.12

La figure suivante présente les concentrations journalières en PM_{2.5} mesurées par le capteur pendant un mois.

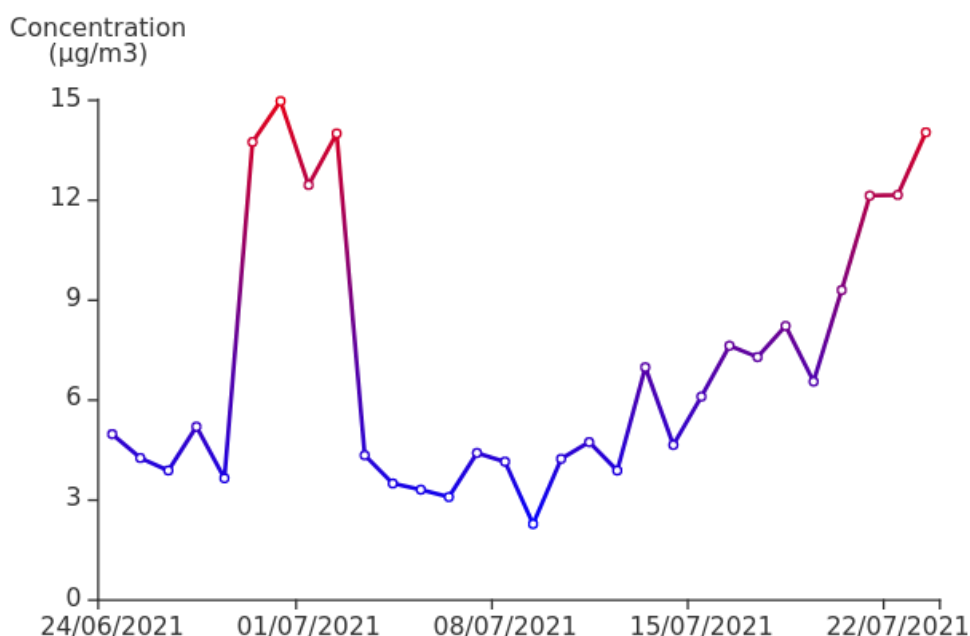


Figure 19 : Concentrations journalières en PM2.5 mesurées par le capteur

On observe que les concentrations en PM_{2.5} sont toutes inférieures à la recommandation de l'OMS en moyenne journalière, et globalement 3.7 fois inférieures à ce seuil (25 µg/m³).

Les concentrations les plus élevées sont observées du 30/06 au 03/07 et du 21 au 23/07.

Du 30 juin au 3 juillet, les vents étaient assez faibles, provenant globalement du nord-ouest. Ainsi, le pic de concentrations peut potentiellement s'expliquer par une faible dispersion des polluants en lien avec le faible vent, et par de potentielles sources présentes au nord-ouest : industries, trafic routier, ...

Du 21 au 23 juillet, les vents provenaient majoritairement de l'Est, ainsi le pic peut potentiellement être en lien avec trafic routier de la RN265.

4.4.2 Comparaison des données des stations du réseau Air Breizh et des capteurs de mesure

La figure ci-dessous présente la comparaison entre les concentrations horaires en PM_{2.5} mesurées par le capteur et les concentrations mesurées par la station d'Air Breizh 'Macé'.

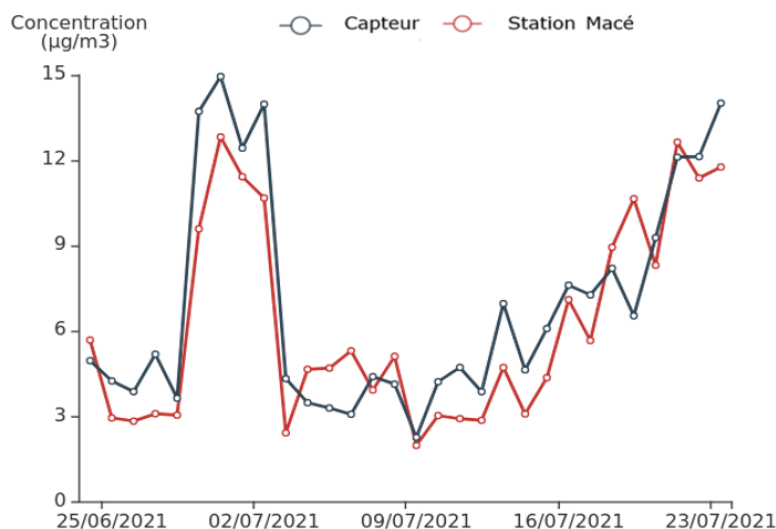


Figure 20 : Comparaison des concentrations en PM_{2.5} avec la station de Macé

On observe que les concentrations mesurées par le capteur sont globalement similaires à celles de la station Macé. Ainsi, les mesures effectuées par le capteur semblent cohérentes avec les mesures des stations. Le tableau suivant présente les concentrations mesurées en PM_{2.5} par la station Air Breizh pour les années 2018, 2019 et 2020.

Tableau 13 : Concentrations en PM_{2.5} mesurées par la station Macé durant les 3 dernières années

		Station Macé		
		2018	2019	2020
PM _{2,5} en µg/m ³	Moyenne annuelle	8	7	6
	Nombre de jours >25µg/m ³	3	8	5

On remarque que les moyennes annuelles de la station sont globalement similaires à celles du capteur (6.74 µg/m³). Les concentrations moyennes annuelles en PM_{2.5} de 2018, 2019 et 2020 étaient inférieures à la valeur limite de 25 µg/m³, ainsi que la valeur cibles (20µg/m³), l'objectif de qualité et la recommandation de l'OMS (10µg/m³). Cependant, **la recommandation de l'OMS en moyenne journalière (25 µg/m³) a été dépassé 3 fois en 2018, 8 fois en 2019 et 5 fois en 2020.**

4.4.3 Résultats des concentrations moyennes modélisées par Air Breizh

La Figure 21 présente les concentrations en PM_{2.5} en moyenne annuelle modélisées à l'échelle de la métropole de Brest pour l'année 2018 (dernières données disponibles). Au niveau du projet (cercle violet sur la carte), on observe que les concentrations sont situées entre **5 et 10 µg/m³**. Cependant, à proximité des axes routiers, les concentrations sont plus élevées, entre 10 et 15 µg/m³, et peuvent donc localement approcher voire dépasser l'objectif de qualité et la recommandation de l'OMS (10 µg/m³ en moyenne annuelle). **Ainsi, les PM_{2.5} sont des polluants à enjeu au niveau du projet, à proximité de la D205 et la N245.**

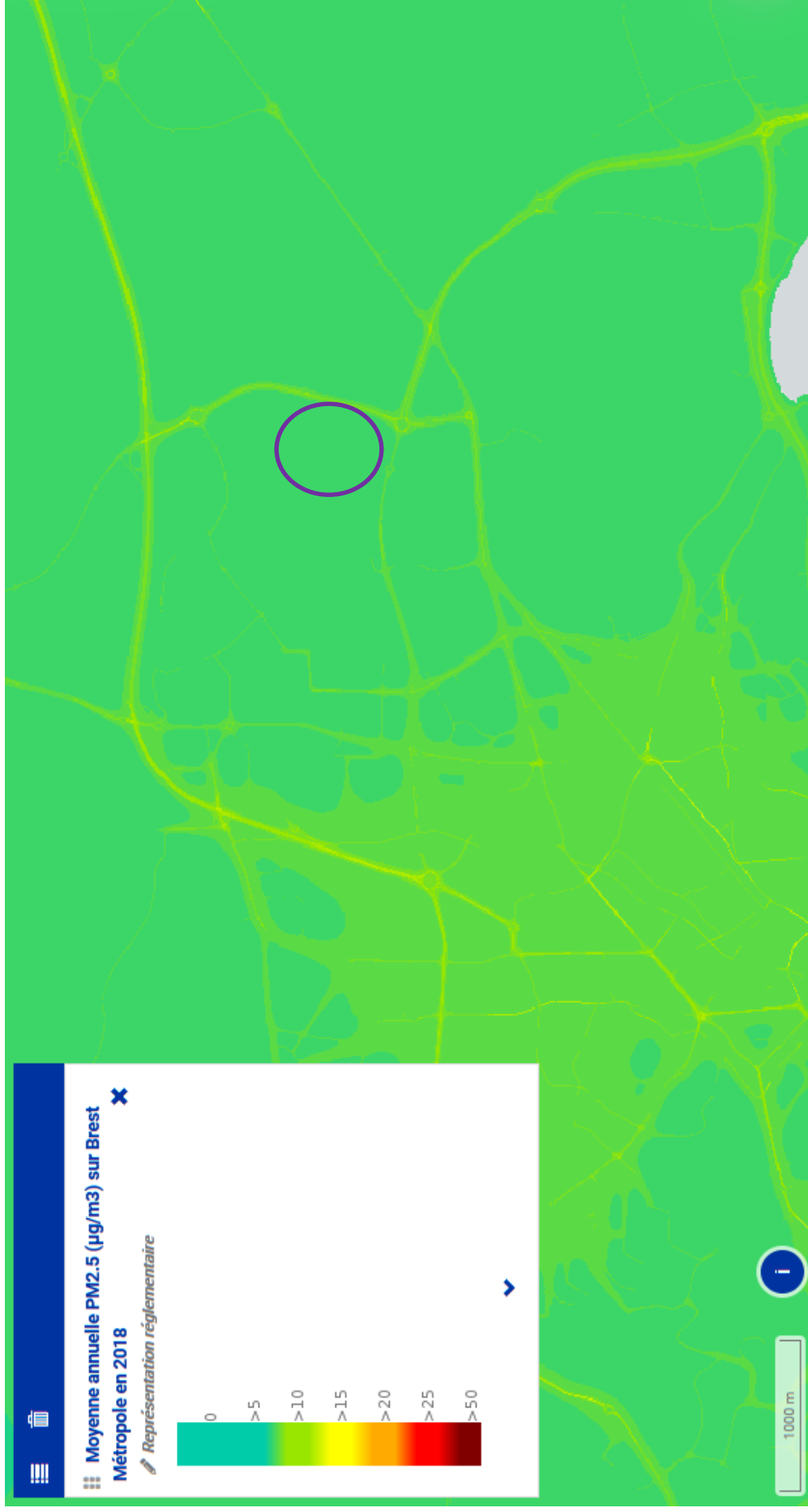


Figure 21 : Concentrations moyennes de PM2.5 pour l'année 2018

Source : Air Breizh - 2018

4.4.3.1 Synthèse sur les concentrations en PM2.5

A partir de la campagne de mesures du 24 juin au 23 juillet 2021, on constate que les concentrations en PM_{2.5} sont toutes inférieures à la recommandation de l'OMS en moyenne journalière, et globalement 3.7 fois inférieures à ce seuil (25 µg/m³).

Les concentrations journalières en PM_{2.5} du capteur suivent globalement la même évolution que la station de référence.

L'analyse des concentrations moyennes annuelles modélisées par Air Breizh indiquent que les concentrations moyennes susceptibles d'être présentes au niveau du site étudié sont du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées, avec des concentrations qui peuvent approcher voire dépasser l'objectif de qualité et la recommandation de l'OMS (10 µg/m³ en moyenne annuelle), notamment à proximité des axes routiers.

Ainsi, les PM_{2.5} sont des polluants à enjeu au niveau du projet, et ce d'autant plus à proximité de la D205 et la N245.

4.5 Concentrations en particules fines PM10

4.5.1 Résultats des capteurs de mesure

Le tableau suivant présente les concentrations minimum, maximum et moyennes en PM₁₀ pendant la période de mesure.

Tableau 14 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en PM10

	Capteur	
PM10 en µg/m ³	Minimum horaire	1.1
	Moyenne	9.96
	Maximum journalier	24.33
	Maximum horaire	36.89

La figure suivante présente les concentrations journalières en PM10 mesurées par le capteur pendant un mois.

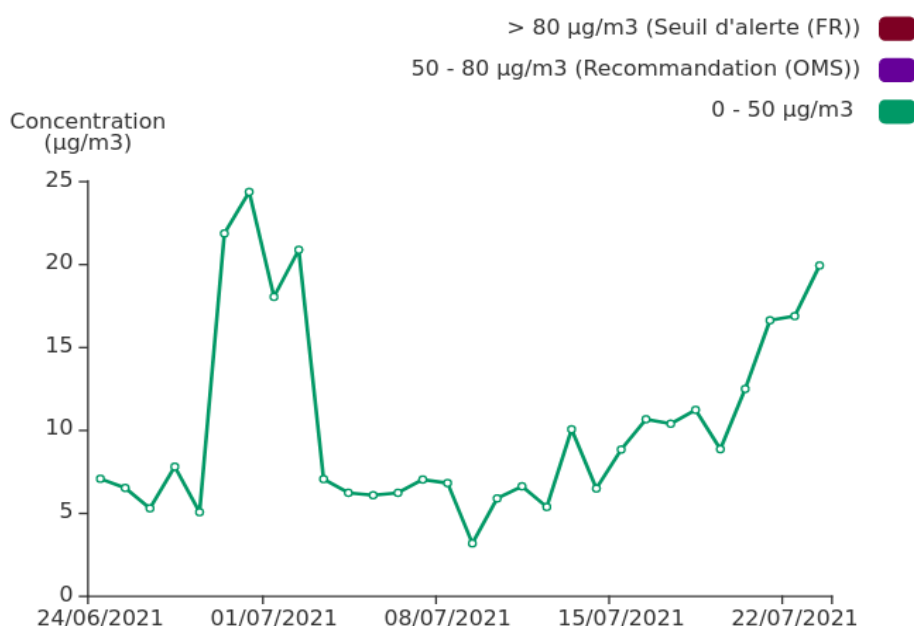


Figure 22 : Concentrations journalières en PM10 mesurées par le capteur

On observe que les concentrations annuelles en PM₁₀ sont toutes inférieures, en moyenne journalière, au seuil d'alerte (80 µg/m³), au seuil IR et au seuil de l'OMS (50 µg/m³). Elles sont globalement 5 fois inférieures à ce seuil.

Les concentrations les plus élevées sont observées du 30/06 au 03/07 et du 21 au 23/07. Elles ne semblent pas particulièrement en lien avec des températures plus froides (voir Figure **30Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), et donc pas directement en lien avec le chauffage domestique (peu de chauffage à cette période).

De plus, on remarque que les concentrations moyennes en PM₁₀ sont distribuées dans l'ensemble des directions (Figure 23), et donc que les concentrations ne proviennent pas d'une seule source fixe.

Rose des polluants

Concentration moyenne en PM₁₀ par direction de vent en µg/m³

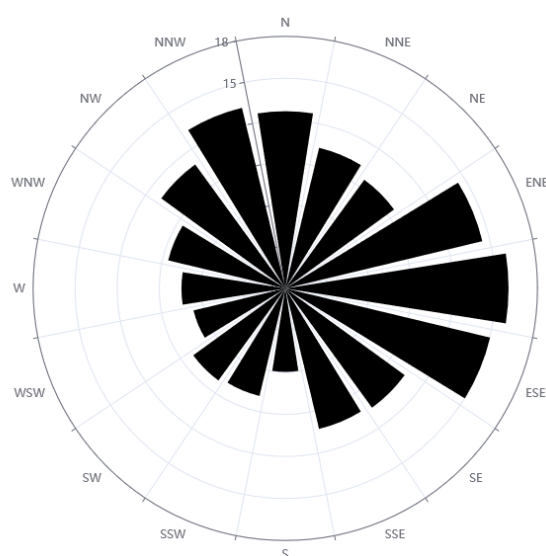


Figure 23 : Rose des polluants pour les concentrations moyennes en PM₁₀

4.5.2 Comparaison des données des stations du réseau Air Breizh et des capteurs de mesure

La figure ci-dessous présente la comparaison entre les concentrations horaires en PM₁₀ mesurées par le capteur et les concentrations mesurées par les stations d'Air Breizh.

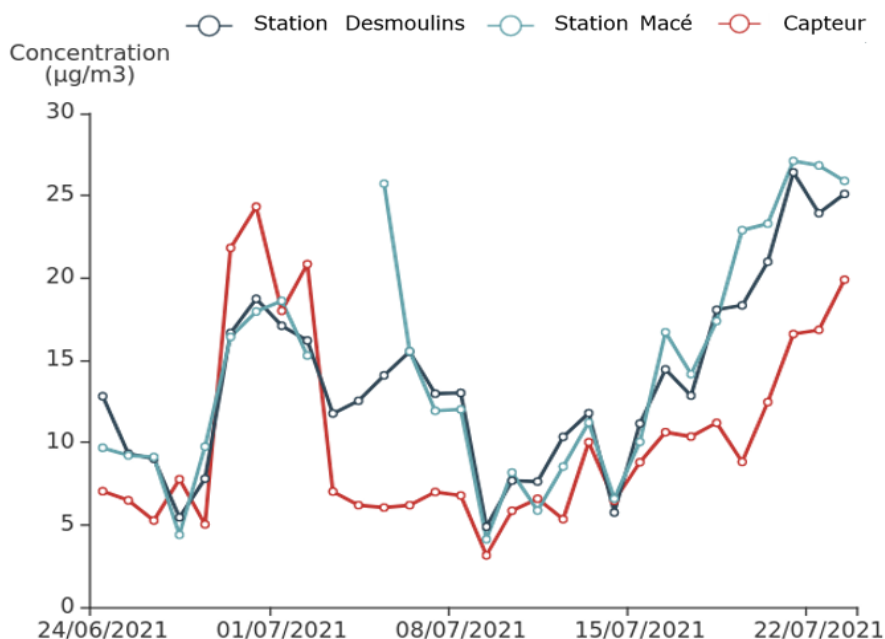


Figure 24 : Comparaison avec les concentrations en PM10 des stations Air Breizh

On observe que les concentrations mesurées par le capteur suivent globalement la même évolution que les concentrations des deux stations, avec des concentrations en moyenne 1.4 fois inférieures à celles des stations. Les pics de concentrations sont également présents pour les deux stations, montrant le caractère plutôt global de ces pics de concentrations en particules fines.

Ainsi, les mesures effectuées par le capteur semblent cohérentes avec les mesures des stations.

Le tableau suivant présente les concentrations mesurées en PM₁₀ par les stations Air Breizh pour les années 2018, 2019 et 2020.

Tableau 15 : Concentrations en PM10 mesurées par les stations durant les 3 dernières années

		Station Macé			Station Desmoulin		
		2018	2019	2020	2018	2019	2020
PM10 en µg/m³	Moyenne annuelle	16	17	17	-	18	18
	Maximum journalier	49	50	49	54	50	51
	Nombre de jours >50µg/m ³	0	0	0	1	0	1
	Nombre de jours >80µg/m ³	0	0	0	0	0	0

On remarque que les moyennes annuelles des stations sont supérieures à celles du capteur (1.8 fois supérieures).

Les concentrations moyennes annuelles en PM₁₀ de 2018, 2019 et 2020 pour les deux stations étaient inférieures à la valeur limite (40 µg/m³) et à l'objectif de qualité (30 µg/m³), ainsi qu'à la recommandation de l'OMS en moyenne annuelle (20 µg/m³). En moyenne journalière, le seuil d'alerte (80 µg/m³) a été respecté pour les deux stations mais le seuil IR et le seuil de l'OMS (50 µg/m³) ont été dépassés 1 fois en 2018 et 1 fois en 2020 par la station Desmoulin (station trafic).

4.5.3 Résultats des concentrations moyennes modélisées par Air Breizh

La Figure 25 présente les concentrations en PM_{10} en moyenne annuelle modélisées à l'échelle de la métropole de Brest pour l'année 2018.

Au niveau du projet (cercle violet sur la carte), on observe que les concentrations sont situées entre **12 et 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ces valeurs peuvent être supérieures à proximité de la N245 et de la D205 (entre 20 et 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ainsi, les concentrations peuvent localement **approcher**, voire **dépasser la recommandation de l'OMS** (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), à proximité des grands axes routiers.

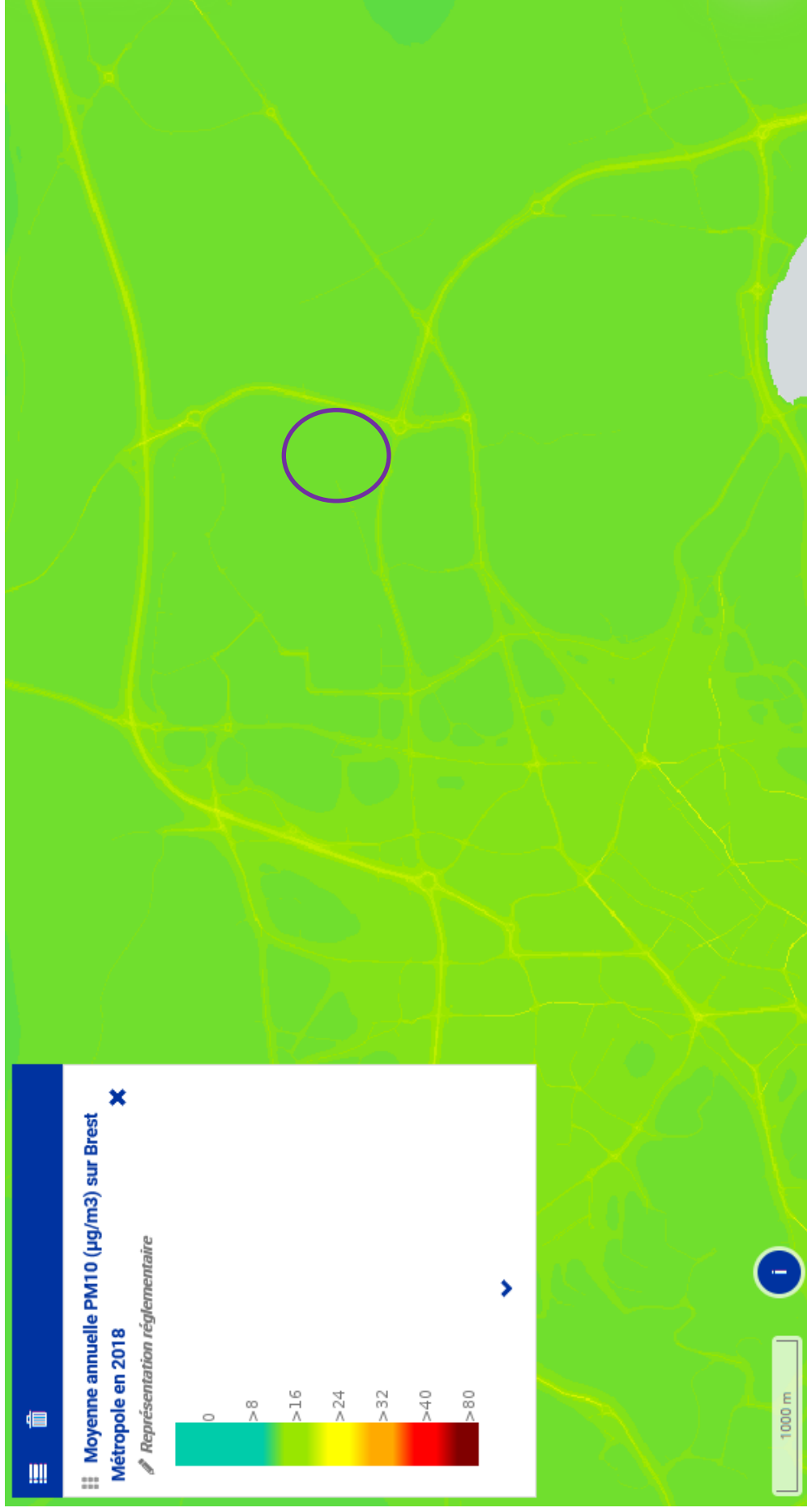


Figure 25 : Concentrations moyennes de PM10 pour l'année 2018

Source : Air Breizh - 2018

4.5.4 Synthèse sur les concentrations en PM10

A partir de la campagne de mesures du 24 juin au 23 juillet 2021, on constate que les concentrations en PM₁₀ sont toutes inférieures, en moyenne journalière, au seuil d’alerte (80 µg/m³), au seuil IR et au seuil de l’OMS (50 µg/m³). Elles sont globalement 5 fois inférieures à ce seuil.

Les concentrations journalières en PM₁₀ du capteur suivent globalement la même évolution que les stations de référence (pics de concentrations similaires).

L’analyse des concentrations moyennes annuelles modélisées par Air Breizh indiquent que les concentrations moyennes susceptibles d’être présentes au niveau du site étudié sont du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées, avec des concentrations qui peuvent localement approcher, voire dépasser la recommandation de l’OMS (20 µg/m³), à proximité des grands axes routiers.

Ainsi, les PM₁₀ sont des polluants à enjeu à proximité de la D205 et la N245.

4.6 Concentrations en monoxyde de carbone

Le tableau suivant présente les concentrations minimum, maximum et moyennes en CO pendant la période de mesure.

		Capteur
CO en µg/m ³	Minimum horaire	37.57
	Moyenne	85.96
	Maximum journalier	181.39
	Maximum sur 8h	183.18
	Maximum horaire	186.46

La Figure 26 présente les concentrations horaires en CO pour le capteur de mesures du 24 juin au 23 juillet 2021.



Figure 26 : Concentrations horaires de CO mesurées par le capteur

Toutes les concentrations sont inférieures à la recommandation de l'OMS (30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en moyenne horaire. Elles sont environ 350 fois inférieures à ce seuil.

Les concentrations en moyenne sur 8h sont également environ 55 fois inférieures à la recommandation de l'OMS et à la valeur limite en moyenne sur 8h (10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les stations du réseau Air Breizh situées à proximité du projet ne mesurent pas les concentrations de ce polluant, étant moins à enjeu que les précédents. Ainsi une comparaison avec les données de ces stations n'est pas possible pour ce polluant.

A partir de la campagne de mesures du 24 juin au 23 juillet 2021, on constate que les concentrations en CO au droit du site sont en moyenne 350 fois inférieures à la recommandation de l'OMS en moyenne horaire et environ 55 fois inférieures à la recommandation de l'OMS et à la valeur limite en moyenne sur 8h.

4.7 Concentrations en ammoniac

Le tableau suivant présente les concentrations minimum, maximum et moyennes en NH_3 pendant la période de mesure.

		Capteur
NH_3 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Minimum horaire	1.91
	Moyenne	19.96
	Maximum journalier	82.3
	Maximum horaire	85.04

La Figure 27 présente les concentrations horaires en NH_3 pour le capteur de mesures du 24 juin au 23 juillet 2021.

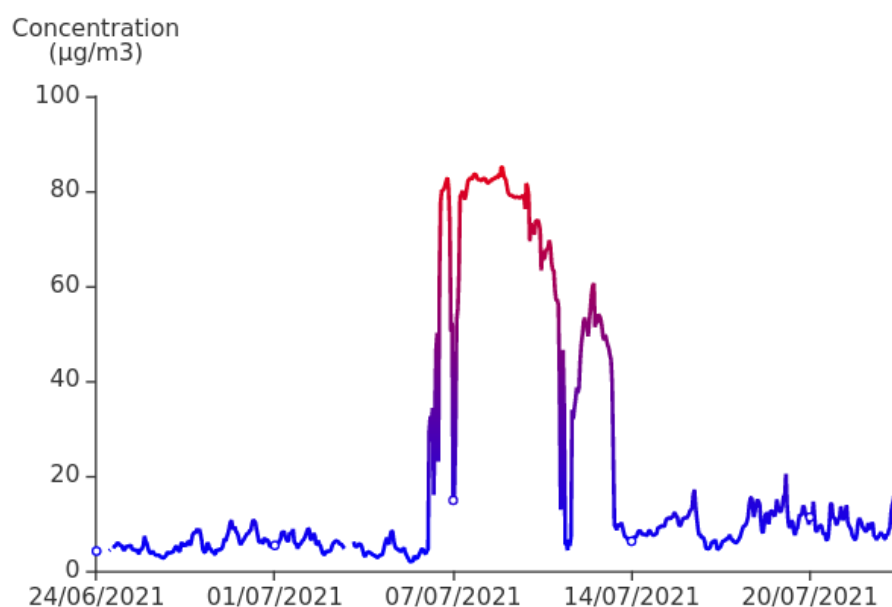


Figure 27 : Concentrations horaires en NH_3 mesurées par le capteur

Aucune valeur guide (seuil réglementaire ou recommandation de l'OMS) n'existe actuellement pour le NH_3 , ce qui ne permet pas de faire de comparaison.

Les pics de concentrations sont similaires à ceux observés pour le NO₂ et le CO. De même, la rose des polluants pour le NH₃ semblent globalement similaires à celles du NO₂ et du CO (voir Annexe 2).

Rose des polluants

Concentration moyenne en NH₃ par direction de vent en µg/m³

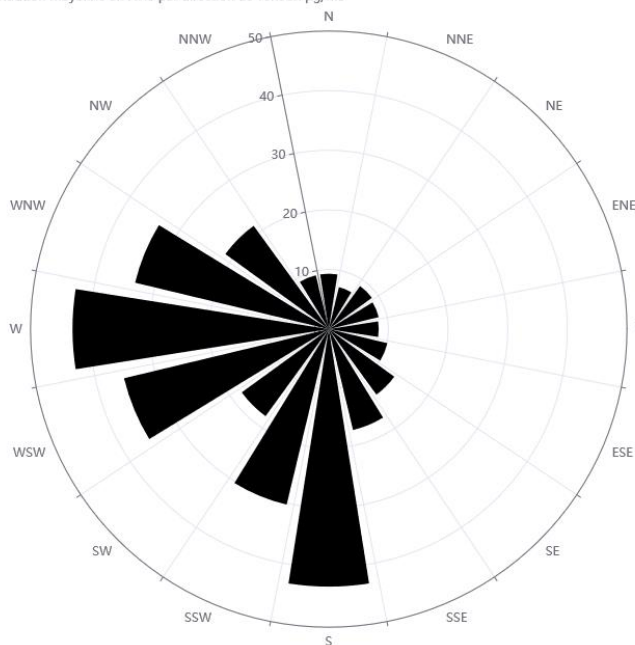


Figure 28 : Rose des polluants pour les concentrations moyennes en NH₃

Ainsi, les pics observés sont potentiellement en lien avec les travaux ayant lieu à proximité du projet (terrassement) ou à des activités agricoles.

Les stations situées les plus proches du projet ne mesurent pas les concentrations de ce polluant, ainsi une comparaison avec les mesures de ces stations n'est pas possible pour ce polluant.

A partir de la campagne de mesures du 24 juin au 23 juillet 2021, on constate que les concentrations en NH₃ sont probablement en lien avec des activités agricoles mais également en lien avec des travaux de terrassement à proximité.

Il convient de noter que le NH₃ est également un précurseur de particules fines et donc de fortes émissions et concentrations de NH₃ sont susceptibles de conduire à une augmentation des particules fines dans l'air.

5 SYNTHÈSE SUR L'ÉTAT INITIAL DE LA QUALITÉ DE L'AIR

L'état des lieux de la **qualité de l'air** au niveau du projet de nouveau stade à proximité de Brest a été fait à partir de données :

- sur les **émissions** de la commune de Guipavas (Inventaire National Spatialisé de 2012)
- sur les **concentrations** en polluants atmosphériques issues des :
 - Cartes de modélisation des concentrations de 2018 à proximité du projet

- Analyse des mesures des stations du réseau AirBreizh, durant les 3 dernières années, et le mois de mesures, les plus proches du projet,
- Analyse des mesures du capteur de mesure en continue installés pendant un mois à proximité immédiate du projet et de 3 autres points de mesure du NO₂ avec tubes passifs.

L'inventaire national spatialisé nous renseigne sur les **émissions** en polluants atmosphériques (SO₂, NO_x, COVNM, NH₃, PM_{2.5}, PM₁₀ et CO) de Guipavas. Celles-ci proviennent principalement de l'industrie, du transport routier et de la combustion dans le résidentiel et le tertiaire.

En ce qui concerne le **transport routier**, les polluants principalement émis sont les particules fines, les NO_x, le CO et COVNM. La voiture particulière est la catégorie de véhicule émettant la plus grande quantité de polluant sur le territoire (54%).

Concernant la **qualité de l'air** sur le territoire et donc les **concentrations** en polluants, nous pouvons mettre en évidence les éléments suivants :

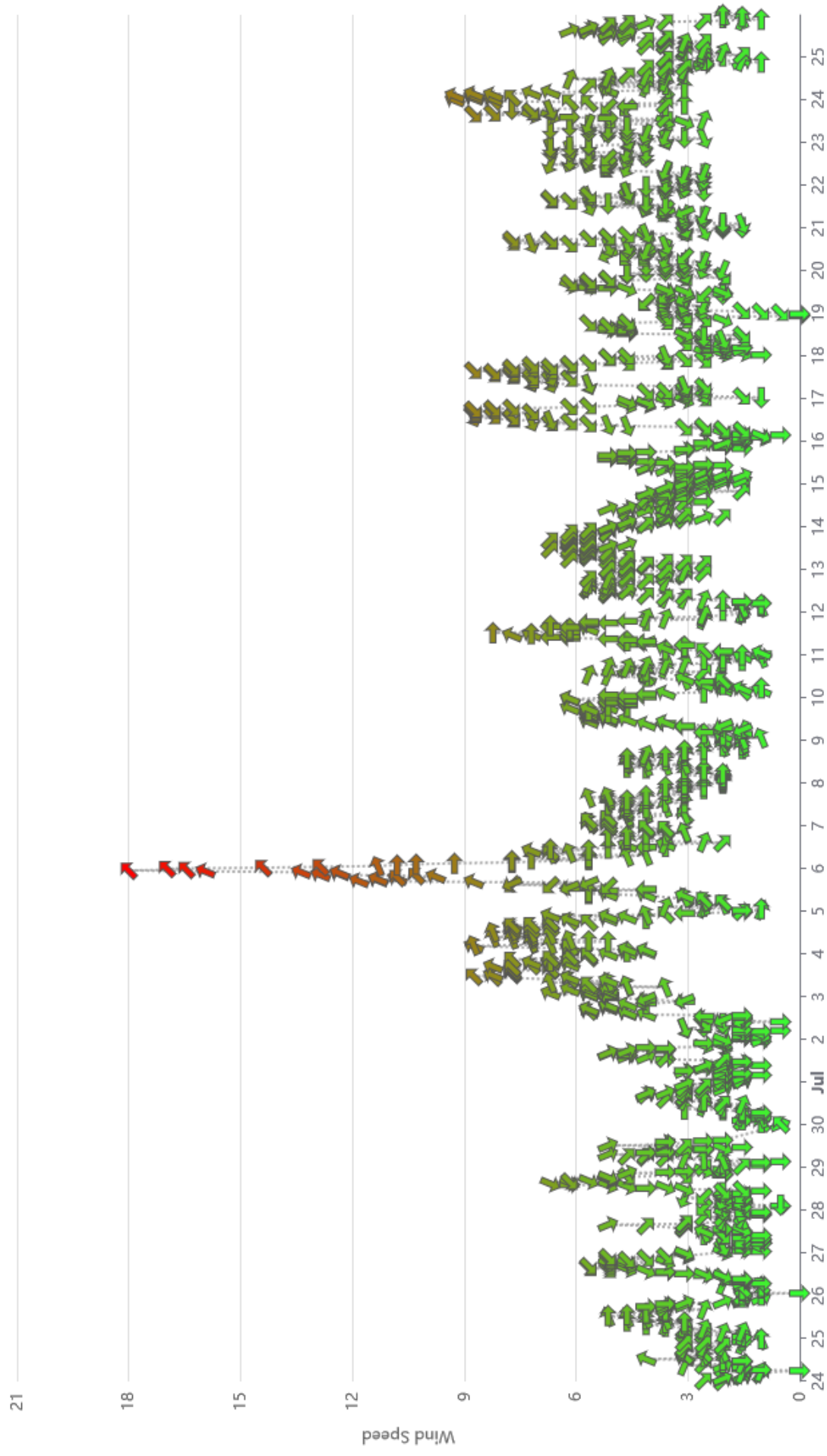
- Pour le **NO₂**, les concentrations au niveau du site semblent inférieures à la recommandation de l'OMS et à la valeur limite en moyenne annuelle. Cependant, des concentrations plus importantes peuvent être observées à proximité immédiate de la N245, pouvant localement approcher voire dépasser la recommandation de l'OMS et la valeur limite lors de périodes à fort trafic routier.
- Pour les **PM_{2.5}**, les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures sont toutes inférieures à la recommandation de l'OMS en moyenne journalière (en moyenne 3.7 fois inférieures). Cependant, en moyenne sur une année, les concentrations en PM_{2.5} au niveau du site sont susceptibles d'approcher voire de dépasser l'objectif de qualité et la recommandation de l'OMS (en moyenne annuelle), notamment à proximité des axes routiers (D205 et N245).
- Pour les **PM₁₀**, les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures sont toutes inférieures au seuil d'alerte (80 µg/m³), au seuil IR et au seuil de l'OMS (50 µg/m³) en moyenne journalière (en moyenne 5 fois inférieures au seuil OMS). Cependant, en moyenne sur une année, les concentrations en PM₁₀ au niveau du site sont susceptibles d'approcher voire de dépasser la recommandation de l'OMS (20 µg/m³), à proximité des grands axes routiers.
- Pour le **CO**, les concentrations au droit du site sont en moyenne 350 fois inférieures à la recommandation de l'OMS en moyenne horaire et environ 55 fois inférieures à la recommandation de l'OMS et à la valeur limite en moyenne sur 8h. Ainsi, ce polluant ne semble pas à enjeu dans la zone du projet.
- Pour le **NH₃**, les concentrations sont probablement en lien avec des activités agricoles mais également en lien avec des travaux de terrassement à proximité. Il convient de noter que le NH₃ est également un précurseur de particules fines et donc de fortes émissions et concentrations de NH₃ sont susceptibles de conduire à une augmentation des particules fines dans l'air.

Ainsi, au droit du projet, la qualité de l'air est un enjeu important, et en particulier à proximité de la N265 et la D205, où les seuils de l'OMS peuvent être potentiellement dépassés (voir Figure 38), et ce en particulier pour les polluants suivants :

- Le Dioxyde d'Azote (NO₂, en particulier à proximité de la N245, en lien avec le trafic routier ;
- Les Particules Fines (PM₁, PM_{2.5} et PM₁₀), à proximité de la D205 et N245, en lien avec le trafic routier également.

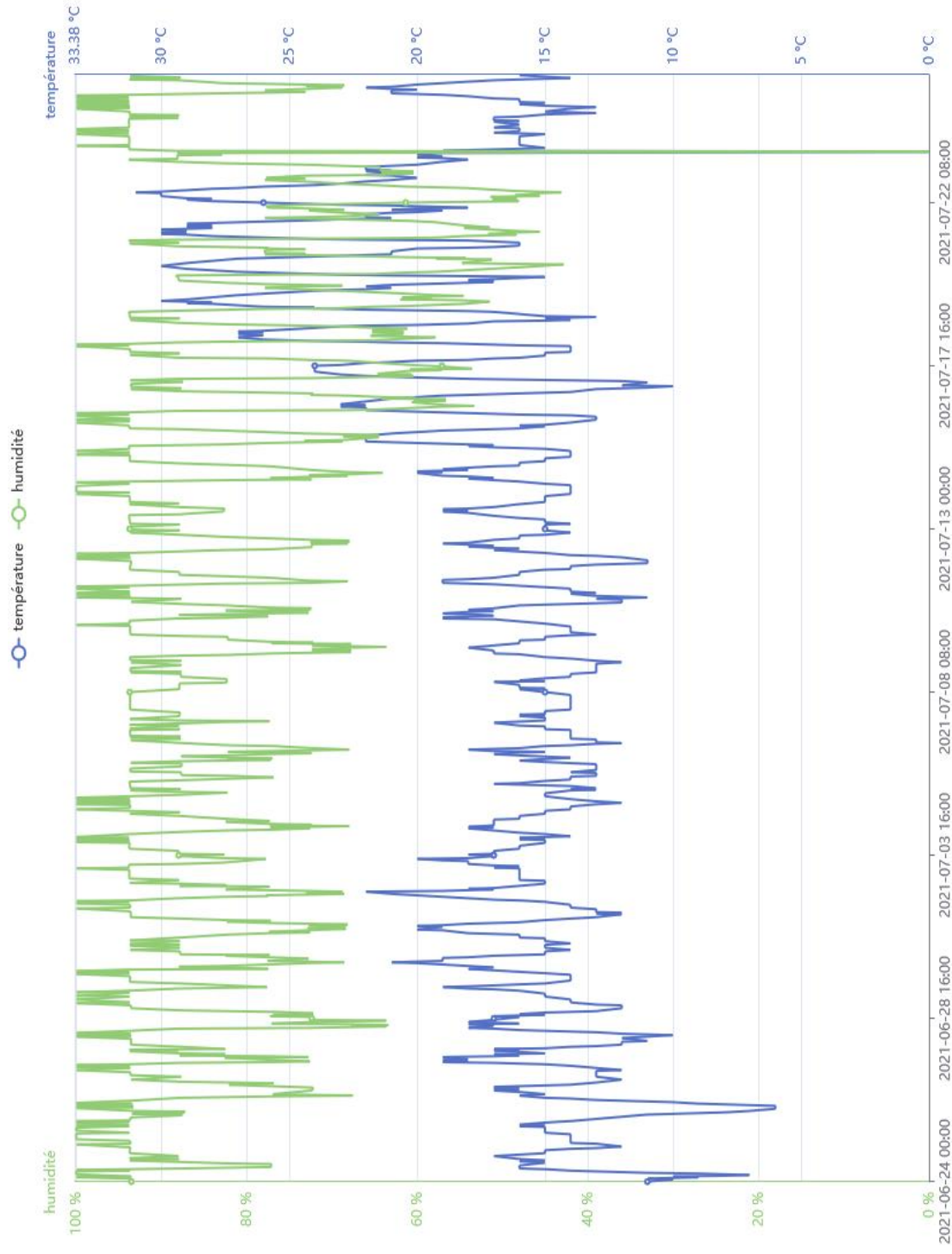
ANNEXES

Annexe 1 Données météorologiques



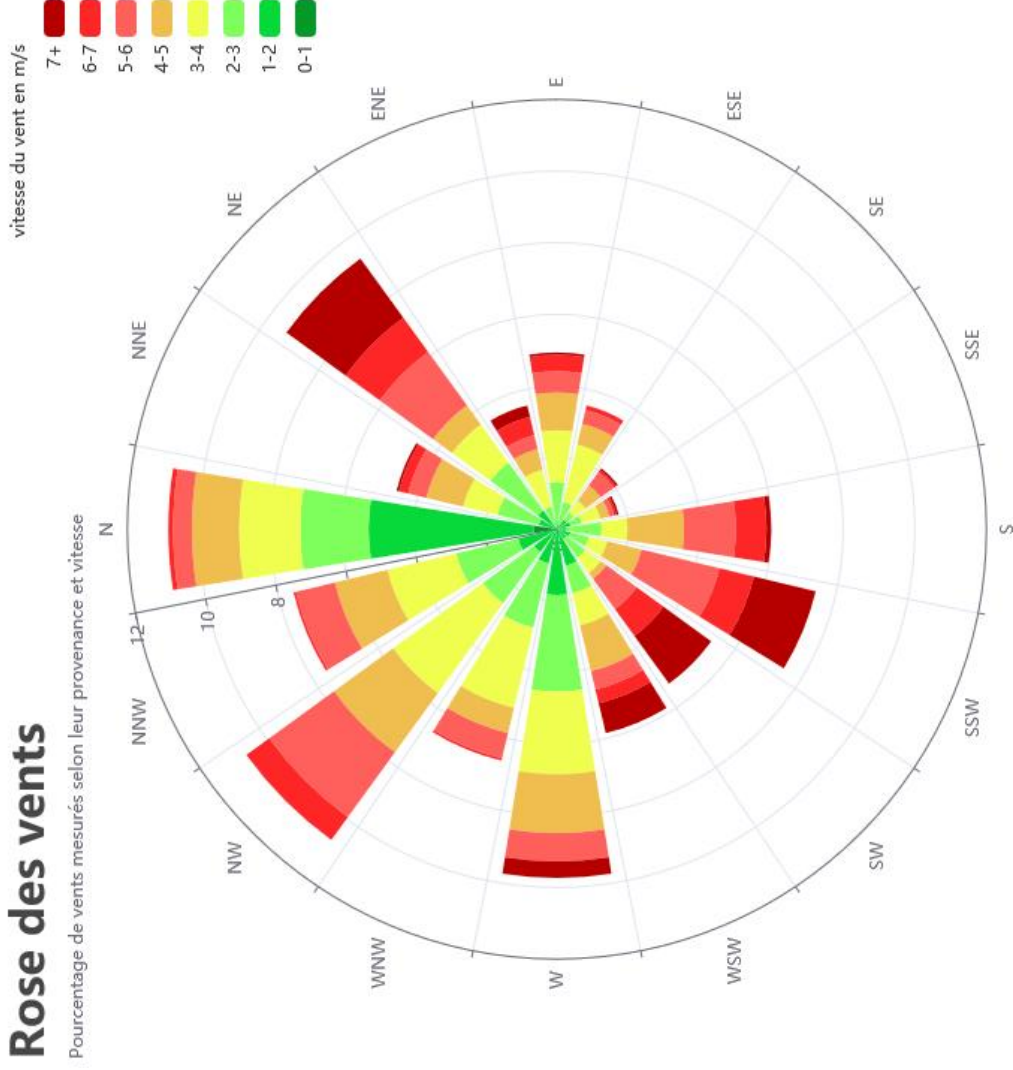
Source : Aéroport de Brest (LFRB)

Figure 29 : Vitesse et direction du vent pendant la campagne de mesure



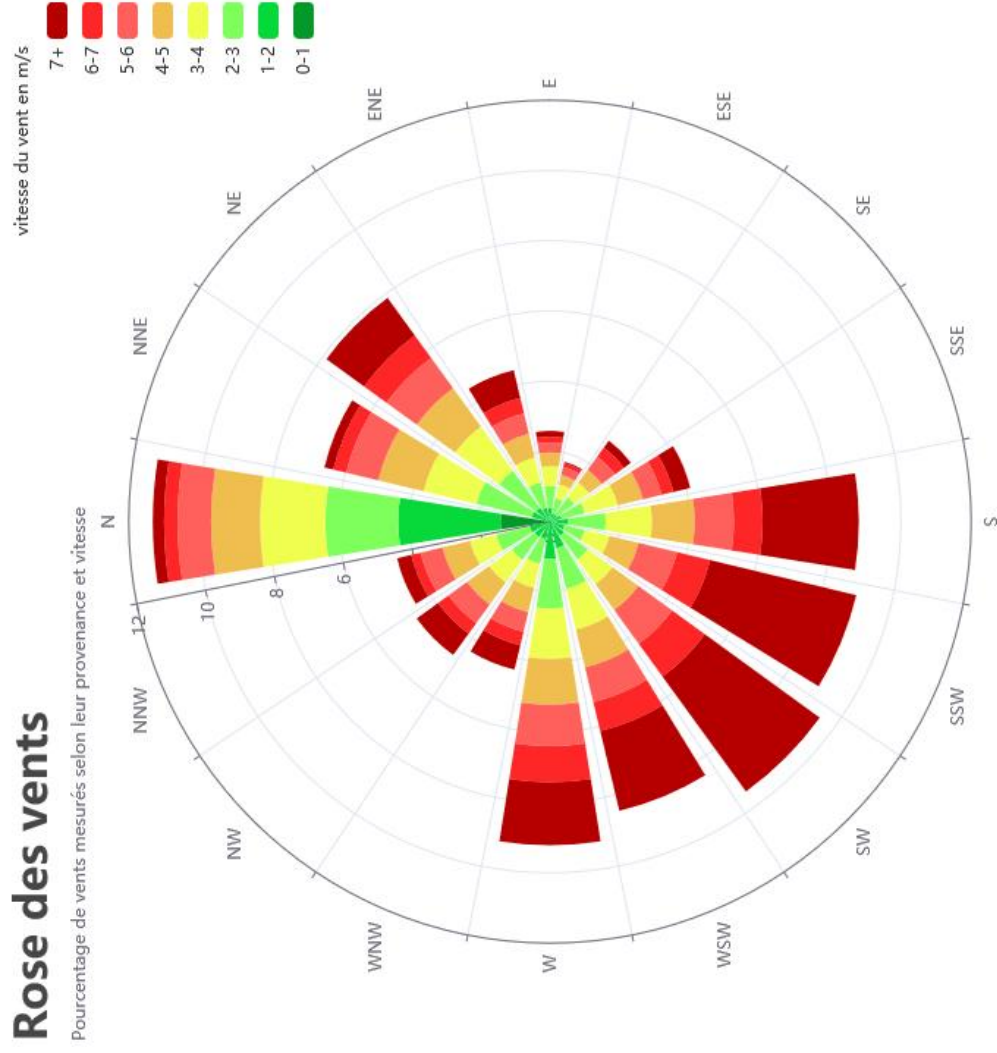
Source : Aéroport de Brest (LFRB)
Figure 30 : Température et humidité pendant la campagne de mesure

Rose des vents



Source : Aéroport de Brest (LFRB)
Figure 31 : Rose des vents sur la période de campagne

Rose des vents



Source : Aéroport de Brest (LFRB)
Figure 32 : Rose des vents sur la période 2018-2020 (3 dernières années)

Annexe 2 Concentrations en polluants – Graphiques et cartes

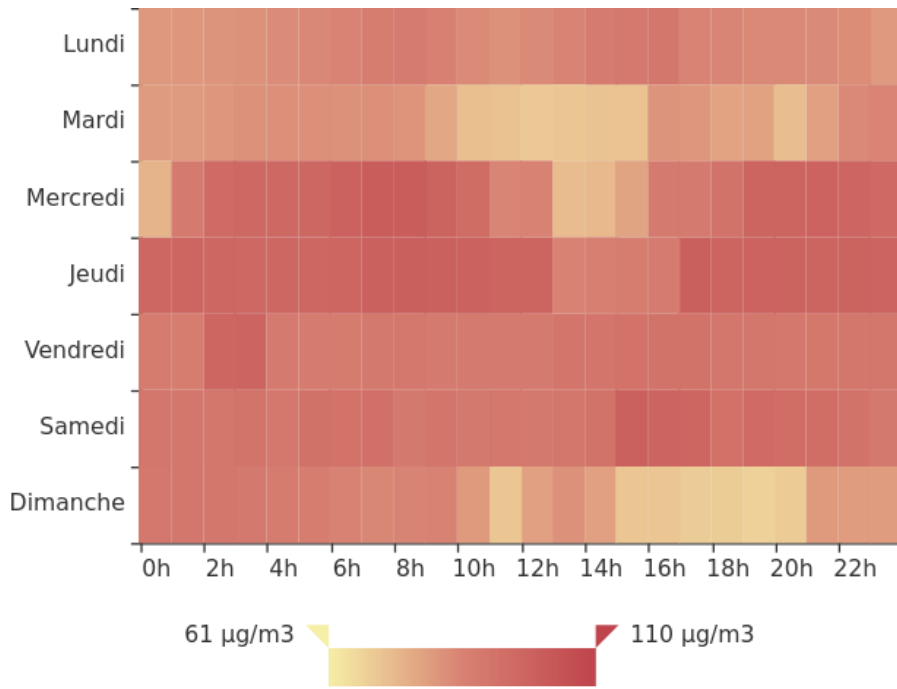


Figure 33 : Concentrations moyennes en CO par heure et par jour

Rose des polluants

Concentration moyenne en CO par direction de vent en µg/m3

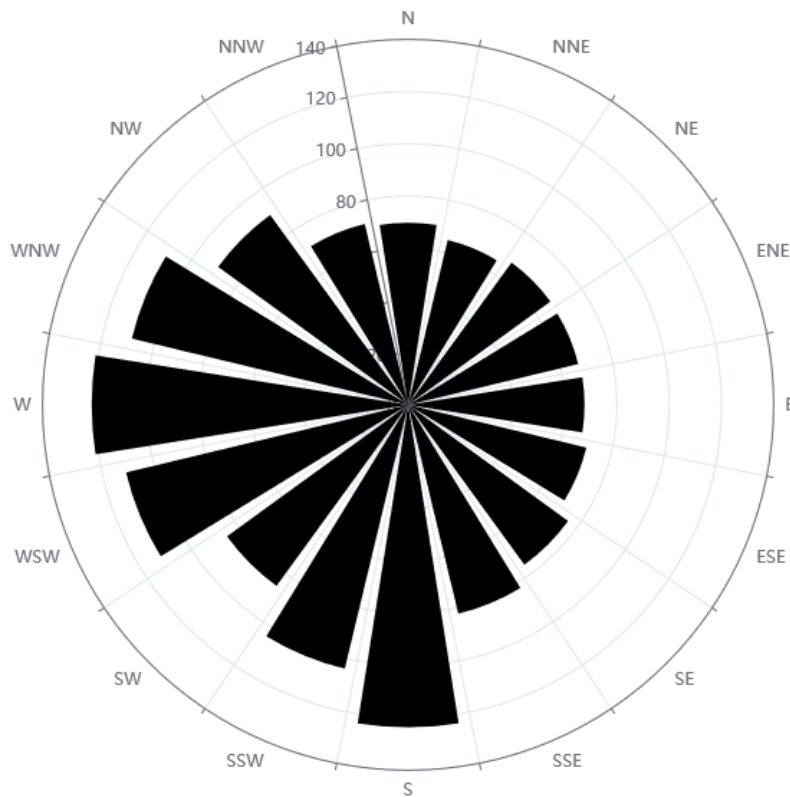


Figure 34 : Rose des polluants pour les concentrations moyennes en CO

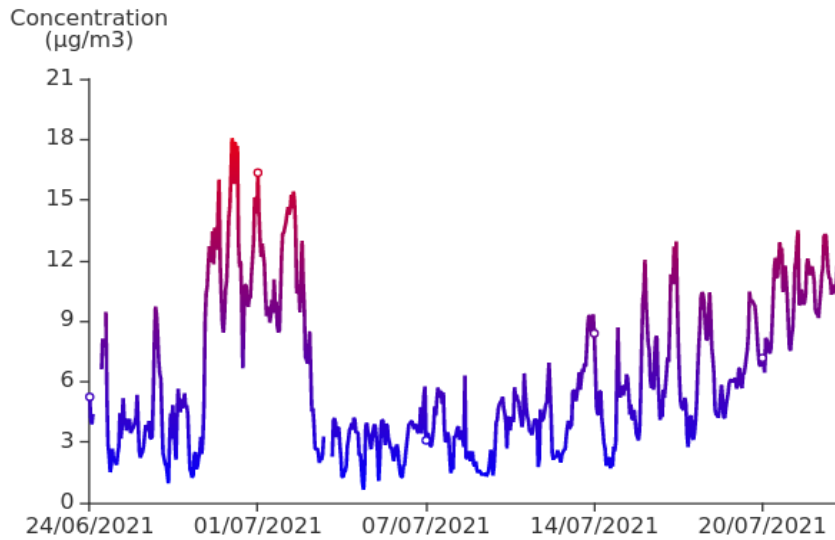


Figure 35 : Concentrations horaires en PM1 mesurées par le capteur

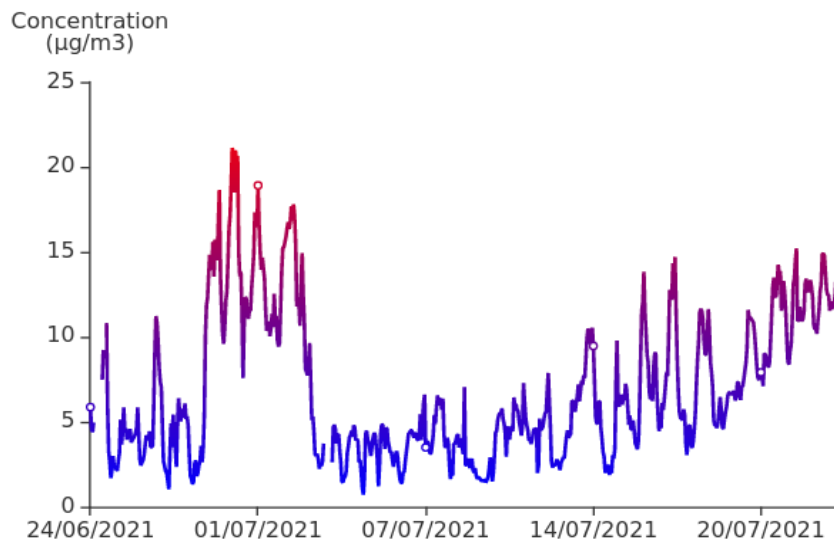


Figure 36 : Concentrations horaires en PM2.5 mesurées par le capteur

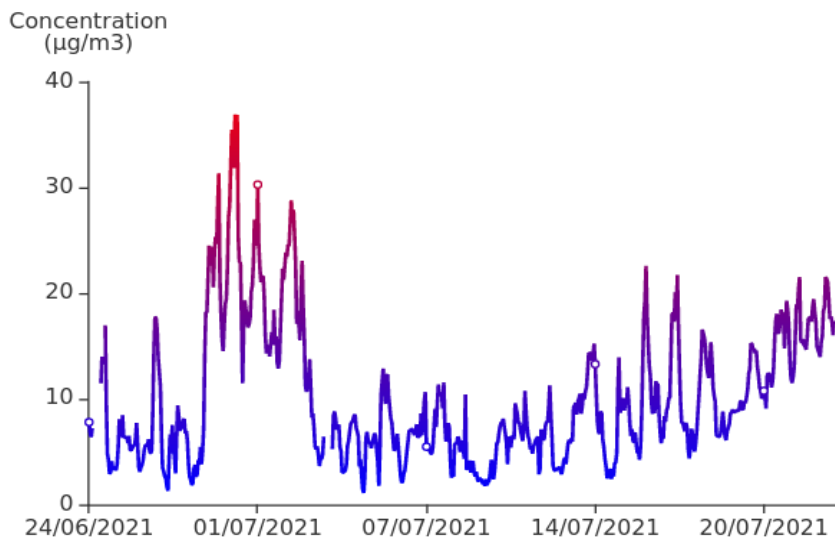


Figure 37 : Concentrations horaires en PM10 mesurées par le capteur

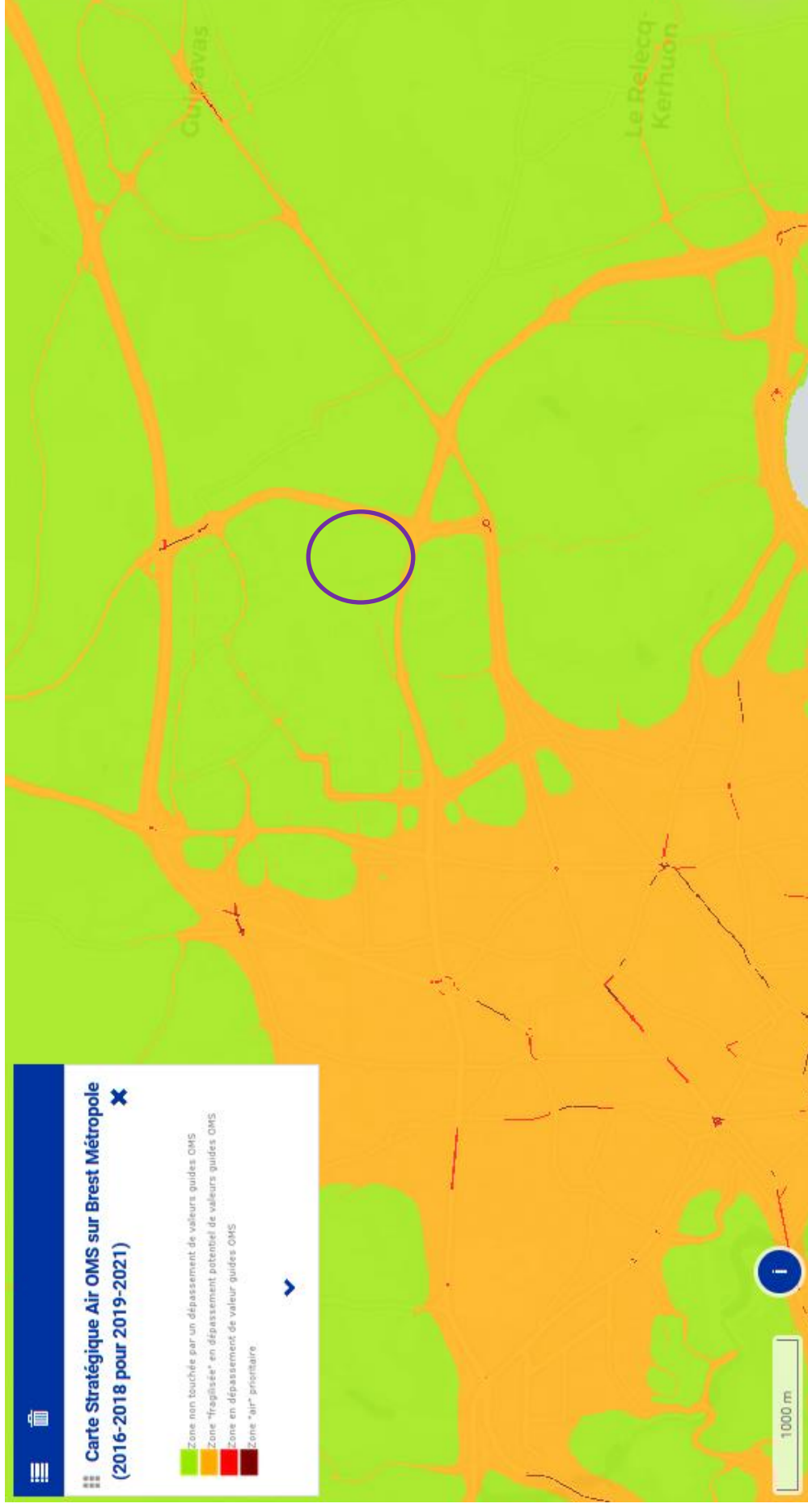


Figure 38 : Surface de dépassements ou de potentiels dépassements des recommandations de l'OMS (pour les PM2.5, PM10 et NO2)
Source : Air Breiz

Annexe 3

Rapport d'essai – TERA

Présentation générale

Numéro d'affaire TERA :	21-AT-11902	Version du rapport :	1
Client :	ATMOTERRA	Référence client :	77127
Adresse :	8 rue Saint Domingue 44 200 NANTES		
Commande client :	BPA DE26555	Devis client :	DE26555
Type de milieu:	Air ambiant		
Date de fin des prélèvements :	06/07/21		
Date de réception des échantillons :	09/07/2021	Rapport transmis le :	28/07/2021
Réserves éventuelles	Aucune		
Prélèvement effectué par :	Le client		

Les résultats ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai et sont sous réserve des informations transmises par le client (durées, volumes, températures, emplacements). Les résultats s'appliquent aux échantillons tels qu'ils ont été reçus.
Le seul format de rapport faisant foi est le format pdf transmis par mail.

Dans la suite du rapport, seuls les paramètres notés avec une * sont couverts par l'accréditation.

Commentaire : aucun

Présentation des échantillons – Nombre total d'échantillons : 3

Paramètres à analyser	Références échantillons	Emplacement client	Température (°C) (prise par défaut à 20°C si non renseignée)	Durée (minutes)	Lieu de réalisation des essais	Date d'essais
NO ₂	CR229	/	15.2	17 369	Crolles	26/07/21
NO ₂	CR230	/	15.2	17 375	Crolles	26/07/21
NO ₂	CR231	/	15.2	17 346	Crolles	26/07/21

NO₂ sur radiello code 166

Type de support : Radiello code 166

Elution / Extraction : Eau DI

Numéro de lot : 21068817

Masses sur supports en µg

Composés	No CAS	Accréditation	CR229	CR230	CR231	LQ
Dioxyde d'azote (NO₂)	10102-44-0	*	2.75	1.18	3.47	1.0

Les incertitudes sont présentées en annexe 1 de ce rapport.

Concentrations atmosphériques

Concentrations en µg/m³

Composés	No CAS	CR229	CR230	CR231	LQ
Dioxyde d'azote (NO₂)	10102-44-0	2.72	1.17	3.44	0.78

Les résultats sont sous réserve des informations transmises par le client et ne sont pas couverts par l'accréditation.

Annexe 1 - Méthodes et incertitudes

Composés	Supports	Norme	Technique analytique	Incertitude Maximale (k=2)	Commentaire
Dioxyde d'azote (NO ₂) (air ambiant)	Radiello code 166	NF EN 16339	CI CD	19%	

	Approbation
Nom(s) Fonction(s)	A.DURAND Ingénieur Analyses
Visa(s)	

FIN DU RAPPORT

A propos d'ATMOTERRA

ATMOTERRA SAS - Société par Actions Simplifiée au capital de 7 000,00 €
Immatriculée au RCS Nantes 820 330 314 – Code APE 7490B
Siège social : 8 rue de Saint Domingue, 44200 NANTES, FRANCE
Web : <https://www.atmoterra.com/>



Evaluation de l'impact sur la Qualité de l'Air du projet de stade à proximité de Brest

Holdisports



Référence projet : Etude d'impact sur la qualité de l'air du projet de stade de Brest

Titre du rapport: Evaluation de l'impact sur la Qualité de l'Air du projet de stade à proximité de Brest

Client: Holdisports

Tanguy Leborgne

160, rue Roberto Cabanas 29940 Guipavas

Coordination Julie Ballarin

Consultante

julie.ballarin@aamo.fr

Date du document: 05/12/22

Rapport N°. : 77127-RN002 -00

Références de la proposition: Re 99256 – PR001 du 19/03/2021

Résumé : Ce document analyse l'impact du trafic sur la qualité de l'air dans le cadre du projet de construction d'un nouveau stade à proximité de Brest. Cette évaluation présente les hypothèses considérées et les résultats des modélisations des polluants atmosphériques à proximité du site.

Préparé par:
Adrien BOUZONVILLE

Approuvé par:

A propos des auteurs: Le présent rapport à été préparé par ATMOTERRA, société indépendante spécialisée dans le conseil en environnement. ATMOTERRA est une Société par Actions Simplifiées Unipersonnelle (SASU) au capital de 7 000 € et immatriculée au RCS Nantes 820 330 314, avec l'Activité Principale Exercée (APE) 7490B - Activités spécialisées, scientifiques et techniques diverses. ATMOTERRA dispose d'une assurance responsabilité civile professionnelle auprès d'AXA Assurance avec une limite de garantie de 9 000 000 € par année. L'étude a été rédigée par Adrien BOUZONVILLE, Consultant en Environnement et spécialisés dans la Qualité de l'Air. Ce dernier dispose d'une certification comme praticien de la qualité de l'air (Certified Air Quality Professional – CAZANZ 2016) et de plus de 16 années d'expérience dans les domaines de l'environnement et exerce le poste de chef de projet et de président au sein d'ATMOTERRA

Distribution publique

Mots clés : état initial, aménagements, stade, trafic routier, modélisation, air, qualité de l'air, étude air

Le rapport sera cité comme suit :

ATMOTERRA, 2022, Evaluation de l'impact sur la Qualité de l'Air du projet de stade à proximité de Brest, Rapport préparé par ATMOTERRA pour Holdisports, 05/12/22, Ref. 77127-RN002 -00

Révisions

Version	Révision	§ ou page du document	Visa
00	Première diffusion	-	AB

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	5
1.1	Contexte	5
1.2	Localisation et caractéristiques du projet.....	5
1.3	Contexte réglementaire et méthodologique	6
1.3.1	Synthèse des valeurs réglementaires applicables	7
1.3.2	Les valeurs guides de l'OMS	9
2	SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL	10
2.1	Conclusions de l'analyse de l'état initial.....	10
3	IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR.....	14
3.1	Scenarios considérés	14
3.2	Méthodologie et données pour le calcul des émissions du transport routier	14
3.2.1	Méthodes de calcul.....	14
3.2.2	Facteurs d'émissions	15
3.2.3	La composition du parc routier	16
3.2.4	Les données sur la consommation de carburant.....	17
3.2.5	Facteurs d'émissions des véhicules	18
3.2.6	Données de trafic routier	19
3.3	Impact du projet sur les émissions de polluants	22
3.4	Modélisation des concentrations de la zone d'étude	23
3.4.1	Données pour la mise en œuvre de la modélisation	24
3.4.2	Les rejets atmosphériques	29
3.4.3	Les récepteurs : les établissements sensibles	29
3.4.4	Résultats des modélisations	30
3.5	Analyse des incertitudes	33
3.5.1	Incertitudes liées à la géographie du site	33
3.5.2	Incertitudes liées aux rejets	33
3.6	Proposition de mesures ERC	35
4	CONCLUSION	37

ANNEXES

ANNEXE 1	DONNEES DE TRAFIC ROUTIER.....	40
ANNEXE 2	CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS MODELISEES.....	51

Liste des figures

Figure 1 :	Le site du projet de stade (en jaune)	5
Figure 12 :	Résultat des concentrations en NO ₂ pour les 3 radiellos	11
Figure 13 :	Concentrations horaires en NO ₂ mesurées par le capteur.....	12
Figure 14 :	Concentrations moyennes en NO ₂ par heure et par jour	12
Figure 2:	Axes considérés par SCE dans le cadre de l'étude trafic	20
Figure 10 :	Graz Mesoscale Model/Graz Lagrangian Model	23
Figure 11 :	Intégration des données météorologiques pour calcul en champ proche	24
Figure 12 :	Rose des vents modélisée sur les 30 dernières années au niveau de l'aéroport de Brest	25
Figure 12 :	Rose des vents sur la période 2019 utilisée pour la modélisation au niveau du site.....	25
Figure 12 :	Classes de stabilités et directions de vents pour la série météorologique utilisée pour la modélisation au niveau du site	26
Figure 12 :	Bâtiments considérés (situation hors projet) dans la modélisation	28
Figure 12 :	Bâtiments considérés dans la modélisation.....	28
Figure 12 :	Récepteurs autour du site	30
Figure 31 :	Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers – Vendredi – hors projet (véhicule/heure)	41
Figure 31 :	Trafic reconstituée pour les Poids Lourds – Vendredi – hors projet (véhicule/heure) ...	42

Figure 31 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers – Samedi– hors projet (véhicule/heure)	43
Figure 31 : Trafic reconstituée pour les Poids Lourds – Samedi– hors projet (véhicule/heure)	44
Figure 31 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers - Vendredi– Jour de Match (véhicule/heure)	45
Figure 31 : Trafic reconstituée pour les Poids Lourds - Vendredi– Jour de Match (véhicule/heure)	46
Figure 31 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers - Samedi– Jour de Match – Entrée (véhicule/heure)	47
Figure 31 : Trafic reconstituée pour les Poids Lourds - Samedi– Jour de Match - Entrée (véhicule/heure)	48
Figure 31 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers - Samedi– Jour de Match – Sortie (véhicule/heure)	49
Figure 31 : Trafic reconstituée pour les Poids Lourds - Samedi– Jour de Match - Sortie (véhicule/heure)	50

Liste des tableaux

Tableau 1 : Définition du niveau de l'étude "Air et Santé"	6
Tableau 2 : Valeurs limites, seuils IR et d'alerte, valeurs cibles et objectif de qualité	8
Tableau 3 : Valeurs guides de l'OMS pour différents polluants	9
Tableau 10 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en NO ₂	11
Tableau 4 : Facteurs d'émissions pour les différentes classes de véhicules.....	15
Tableau 5 : Composition du parc routier français (voitures particulières et poids-lourds)	17
Tableau 6: Facteurs d'émissions calculés pour les Véhicules Légers (VL)	18
Tableau 7: Facteurs d'émissions calculés pour les Poids Lourds et bus (PL).....	18
Tableau 8: Calcul des émissions induites par le projet.....	22
Tableau 9: Résultats de la modélisation au niveau des récepteurs	31
Tableau 9: Résultats de la modélisation au niveau des récepteurs en tenant compte du bruit de fond horaire (micro-capteur).....	32
Tableau 19 : Proposition de mesures ERC.....	36

Glossaire

COVNM	Composés Organiques Volatils autres que le méthane
EEA	Agence européenne de l'environnement
FE	Facteur d'émission
FPEIR	Forces motrices, Pressions, Etat, Impacts, Réponses
GJ	Giga joule (1 J = 1.0 ^{E-9} GJ)
HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
MW	Mégawatt
NH3	Ammoniac
NO₂	Dioxyde d'Azote
NO_x	Oxyde d'azote
O₃	Ozone
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PM_{2,5}	Particule en suspension <2.5 µm
PM₁₀	Particule en suspension <10 µm
PNSE	Plan National Santé-Environnement
POP	Polluant Organique Persistant
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PREPA	Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques
PRSE	Plan Régional Santé-Environnement
RD	Route départementale
SCoT	Schéma de Cohérence Territoriale
Seuil IR	Seuil de recommandation et d'information
SO₂	Dioxyde de Soufre
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires
SRCAE	Schéma Régional Climat Air Energie
US EPA	Agence américaine de l'environnement

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Un projet de nouveau stade à proximité de Brest est en cours, avec comme conducteur de projet et accompagnateur opérationnel l'AAMO et comme porteur de projet privé HoldiSports.

Le projet consiste en la construction d'un nouveau stade, ainsi que le réaménagement des giratoires, la création d'une passerelle pour traverser le Boulevard de l'Europe, ... Ce projet, compte-tenu de son emprise globale et de l'importance du programme de construction envisagé, est soumis à étude d'impact (compilée par BIOTOPE). Ce projet sera à l'origine d'une augmentation de trafic les jours de match, qui a été estimée par le bureau d'étude en charge de l'étude trafic (SCE) sur les axes à proximité directe du projet. Holdisports a souhaité faire réaliser une évaluation de l'impact du projet d'aménagement sur la qualité de l'air. La présente étude se base sur le rapport d'étape précédente :

- ATMOTERRA, 2021, Etat Initial de la Qualité de l'Air pour le projet de stade à proximité de Brest, Rapport préparé par ATMOTERRA pour Holdisports, 29/07/21, Ref. 77127-RN001 -00

L'objectif de ce premier document était de réaliser un état initial de la qualité de l'air, c'est-à-dire d'évaluer la qualité de l'air dans la zone concernée par le projet, avant la réalisation des travaux. Cette évaluation a été réalisée à partir des stations de mesure voisines déjà existantes (réseau Air Breizh), mais également des mesures réalisées par des capteurs positionnés au niveau du projet ainsi que des concentrations modélisées par Air Breizh.

Le présent document consiste en l'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air lors des jours de match en lien avec le trafic routier induit :

- Avant et Après Match le vendredi soir (de 18h30 à 19h30 et de 22h à 23h) ;
- Avant et Après Match le samedi après-midi (de 15h30 à 16h30 et de 19h à 20h) ;

1.2 Localisation et caractéristiques du projet

Le projet est situé au niveau du rond-point de Quelarnou à Guipavas, il sera accessible par les axes routiers N265 et D205, ainsi que par la ligne A du tramway, au terminus *Porte de Guipavas*.



Figure 1 : Le site du projet de stade (en jaune)

1.3 Contexte règlementaire et méthodologique

L'incidence du projet sur la qualité de l'air est lié au trafic génère par les spectateurs lors des jours de match. Aucune autre source de rejets de polluants atmosphérique n'est présente sur le stade (chaufferie, ...).

Pour les projets ayant un impact lié au trafic routier, il convient généralement de suivre les recommandations du CEREMA de 2019 dans le *Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières*.

Le contenu des études « Air et Santé » varie en fonction des émissions attendues du projet (émissions routières principalement) et des caractéristiques des populations environnantes. Quatre niveaux d'étude sont définis par le CEREMA (2019) en fonction de la densité de population à proximité du site et en fonction du niveau de trafic attendu sur les voies concernées par le projet Tableau 1.

Tableau 1 : Définition du niveau de l'étude "Air et Santé"

Source : CEREMA, 2019, Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières

Densité hab/km ² dans la Bande d'étude	Trafic à l'horizon d'étude le plus lointain (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 50 000 véh/j	De 25 000 à 50 000 véh/j	De 10 000 à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km ²	I	I	II	II si L projet > 5 km OU III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km OU III si L projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité ≤ 2 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 50 km OU III si L projet ≤ 50 km
G IV pas de Bâti	III	III	IV	IV

La densité de population à proximité du site (commune de Guipavas¹) est de type GIII (inférieure à 2 000 hab/km²). L'augmentation du nombre de véhicules en lien avec le projet sera probablement inférieure à 50 000 véhicules/jour (près de 4000 véhicules supplémentaires sont attendus pour les entrées et sorties avant et après match selon SCE² sur une durée d'heure environ). Le projet bien que n'étant pas un projet routier, a été assimilé, pour être classifiable, à une infrastructure routière inférieure à 25km.

Ainsi, une étude de niveau II ou III pourrait donc être attendue. **Cependant, pour ce type de projet, le trafic supplémentaire par jour ne sera pas régulier : de forts pics de trafic seront observés seulement les jours de match et pendant une plage horaire limitée.** Ainsi, l'étude d'impact a été adaptée pour prendre en compte :

- Un état actuel approfondi de la qualité de l'air basé sur l'analyse de documents traitant la qualité de l'air, disponibles sur la zone d'étude ;
- Des mesure de NO₂ par tubes passifs pour compléter l'état actuel en l'absence de données disponibles;
- D'estimer les émissions pour la situation actuelle et dans la situation future avec projet;
- De modéliser les concentrations en NO₂ et SO₂ pour les différents scénarios;

¹ INSEE, 2018 – Commune de Guipavas: 336.3 hab/km²

² SCE, 2022, PROJET DE STADE DE GUIPAVAS : ETUDE DE TRAFIC - Analyse des impacts du projet sur la circulation, Ref. 210555 du 27/10/2022 Édition 1

- De comparer ces résultats aux valeurs seuils et valeurs sanitaires recommandées
- Proposer des mesures d'Évitement, de Réduction et de Compensation des impacts du projet.

Ce rapport présente les niveaux de concentrations attendus en lien avec le projet et une estimation de l'impact du projet sur la qualité de l'air et la santé en lien avec la durée d'impact du projet et les seuils et polluants associés.

1.3.1 Synthèse des valeurs réglementaires applicables

Les seuils réglementaires sont déclinés en plusieurs valeurs :

- La valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;
- Le seuil d'information et de recommandation (IR): niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;
- Le seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;
- La valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- L'objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Le tableau ci-dessous présente ces valeurs réglementaires pour différents polluants.

Tableau 2 : Valeurs limites, seuils IR et d'alerte, valeurs cibles et objectif de qualité

	NO ₂	PM _{1,0}	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	CO	Benzène	Arsenic	Nickel	B[a]p
	200 µg/m ³ sur 1h à ne pas dépasser plus de 18 heures / an	-	-	-	350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an	-	-	-	-	-
Valeurs limites européennes										
Moyenne sur 8h	-	50 µg/m ³ sur 1 jour à ne pas dépasser plus de 35 jours / an	-	-	125 µg/m ³ sur 1 jour à ne pas dépasser plus de 3 fois / an	-	-	-	-	10 000 µg/m ³ maximum sur 1 jour de la moyenne sur 8 heures
Moyenne annuelle	40 µg/m ³ sur 1 an	40 µg/m ³ sur 1 an	25 µg/m ³ sur 1 an	-	-	-	5 µg/m ³ sur 1 an	-	-	-
Seuils d'information et recommandation										
Moyenne horaire	200 µg/m ³ sur 1h	-	-	180 µg/m ³ sur 1h	300 µg/m ³ sur 1h	-	-	-	-	-
Moyenne journalière	-	50 µg/m ³ sur 1 jour	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne horaire dépassé sur 3h consécutives	400 µg/m ³	-	-	240 µg/m ³ sur 1h	500 µg/m ³ sur 1 h (pendant 3 heures consécutives)	-	-	-	-	-
Seuils d'alerte										
Moyenne journalière	-	80 µg/m ³ sur 1 jour	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne sur 8h	-	-	-	120 µg/m ³ maximum sur 1 jour de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an	-	-	-	-	-	-
Valeurs cibles										
Moyenne annuelle	-	-	20 µg/m ³ sur 1 an	-	-	-	-	6 ng/m ³	20 ng/m ³ sur 1 an	1 ng/m ³ sur 1 an
Moyenne sur 8h	-	-	-	120 µg/m ³ maximum sur 1 jour de la moyenne sur 8 heures	-	-	-	-	-	-
Objectifs de qualité										
Moyenne annuelle	40 µg/m ³ sur 1 an	30 µg/m ³ sur 1 an	10 µg/m ³ sur 1 an	-	50 µg/m ³ sur 1 an	-	2 µg/m ³ sur 1 an	-	-	-

1.3.2 Les valeurs guides de l'OMS

Les valeurs guides pour la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé constituent des recommandations afin de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air. Les valeurs guides de l'OMS résultent de données épidémiologiques et toxicologiques et constituent des objectifs à long terme. Elles sont indicatives et n'ont donc pas de portée réglementaire. Elles indiquent la concentration au-dessous de laquelle la substance ne devrait avoir aucun effet préjudiciable sur la santé. Le tableau ci-dessous présentes ces valeurs guides pour différents polluants.

Tableau 3 : Valeurs guides de l'OMS pour différents polluants

Source (pour le NO₂, les particules, l'ozone, le SO₂ et le CO) : WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Source pour le benzène : WHO, Air Quality Guidelines for Europe – Second Edition –2000

	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	CO	Benzène
	200 µg/m ³ sur 1h		-	-	500 µg/m ³ sur 10 min	30 000 µg/m ³ sur 1h	
Recommandation OMS	25 µg/m ³ sur 1 jour	45 µg/m ³ sur 1 jour	15 µg/m ³ sur 1 jour	100 µg/m ³ sur 8h	40 µg/m ³ sur 1 jour	4 000 µg/m ³ maximum sur 1 jour de la moyenne sur 8 heures	1,7 µg/m ³ sur 1 an associé à un excès de risque de 1/100 000

Considérant que le trafic induit par les matches se concentre sur une courte période (1h) avant et après le match³, il est nécessaire de considérer l'impact sur la qualité de l'air en cas de pic (maximum horaire). Ainsi, les valeurs maximales horaires ont été considérées et comparées aux valeurs horaires réglementaires et de l'OMS.

Ces valeurs étant disponibles uniquement pour le NO₂ et SO₂, seuls ces polluants ont été retenus pour évaluer l'impact sanitaire. En absence de seuil réglementaires ou sanitaires, les autres polluants émis par le trafic routier n'ont pas été considérés dans cette approche.

³ SCE considère que : Au total près de 4 000 véhicules supplémentaires sortant dans l'heure après le match (VIP + visiteurs). Il est considéré que l'ensemble de véhicules présents sort dans l'heure après le match. La répartition au quart d'heure de ces sorties est la suivante : Q1 : 15% ; Q2 : 35% ; Q3 : 35% ; Q4 : 15% et pour les sorties VIP : Sortie de 33% des voitures VIP dans l'heure et Sortie de 67% des voitures sur l'heure d'après

2 SYNTHÈSE DE L'ÉTAT INITIAL

2.1 Conclusions de l'analyse de l'état initial

L'Etat Initial de la qualité de l'air a été décrit en détail dans le rapport suivant :

- ATMOTERRA, 2021, Etat Initial de la Qualité de l'Air pour le projet de stade à proximité de Brest, Rapport préparé par ATMOTERRA pour Holdisports, 29/07/21, Ref. 77127-RN001 -00

Les conclusions sont rappelées pour mémoire ci-dessous :

L'état des lieux de la **qualité de l'air** au niveau du projet de nouveau stade à proximité de Brest a été fait à partir de données :

- sur les **émissions** de la commune de Guipavas (Inventaire National Spatialisé de 2012)
- sur les **concentrations** en polluants atmosphériques issues des :
 - Cartes de modélisation des concentrations de 2018 à proximité du projet
 - Analyse des mesures des stations du réseau AirBreizh, durant les 3 dernières années, et le mois de mesures, les plus proches du projet,
 - Analyse des mesures du capteur de mesure en continue installés pendant un mois à proximité immédiate du projet et de 3 autres points de mesure du NO₂ avec tubes passifs.

L'inventaire national spatialisé nous renseigne sur les **émissions** en polluants atmosphériques (SO₂, NO_x, COVNM, NH₃, PM_{2.5}, PM₁₀ et CO) de Guipavas. Celles-ci proviennent principalement de l'industrie, du transport routier et de la combustion dans le résidentiel et le tertiaire.

En ce qui concerne le **transport routier**, les polluants principalement émis sont les particules fines, les NO_x, le CO et COVNM. La voiture particulière est la catégorie de véhicule émettant la plus grande quantité de polluant sur le territoire (54%).

Concernant la **qualité de l'air** sur le territoire et donc les **concentrations** en polluants, nous pouvons mettre en évidence les éléments suivants :

- Pour le **NO₂**, les concentrations au niveau du site semblent inférieures à la recommandation de l'OMS et à la valeur limite en moyenne annuelle. Cependant, des concentrations plus importantes peuvent être observées à proximité immédiate de la N245, pouvant localement approcher voire dépasser la recommandation de l'OMS et la valeur limite lors de périodes à fort trafic routier.

Les concentrations en NO₂ ont été mesurées par tubes passifs en 3 points, durant 2 semaines (du 24 juin au 7 juillet 2021). La carte ci-dessous présente les résultats des mesures, correspondant à la concentration moyenne en NO₂ durant la période de mesures.

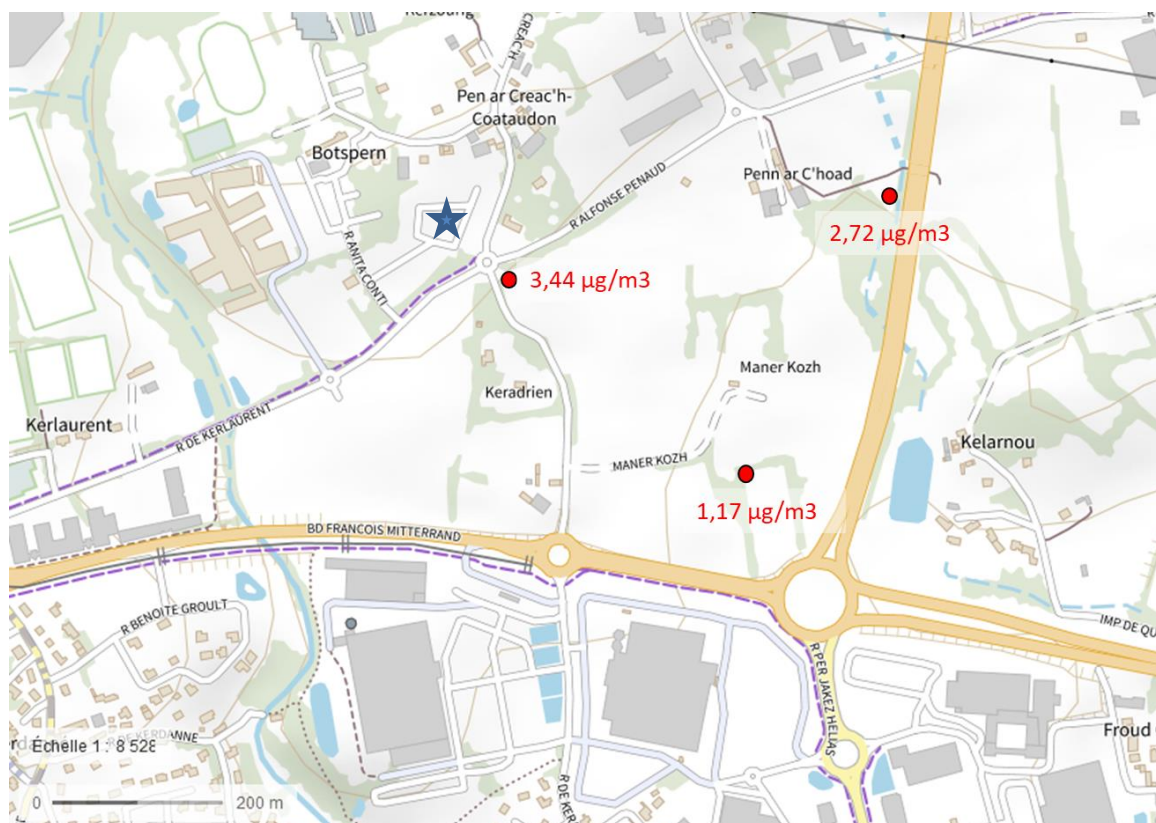


Figure 2 : Résultat des concentrations en NO₂ pour les 3 radiellos

On observe que les concentrations sont plus importantes pour le point au nord-ouest du projet, à proximité de la rue Alphonse Penaud, puis pour celui au nord-est, à proximité de la N265, que le point au sud.

Un micro-captur de mesure a également été installé (étoile bleu sur la figure ci-dessus) pour mesurer les concentrations et les pics instantanés. Le tableau suivant présente les concentrations minimum, maximum et moyennes en NO₂ pendant la période de mesure.

Tableau 4 : Concentrations minimum, maximum et moyennes en NO₂

		Micro-captur
NO ₂ en µg/m ³	Minimum horaire	0.23
	Moyenne	12.51
	Maximum journalier	52.53
	Maximum horaire	63.53

Note : Des valeurs élevées peuvent être rencontrées au démarrage du captur le temps que ce dernier chauffe et se stabilise. Ainsi, pour ce captur, les valeurs en NO₂ du premier jour (24 juin 2021) ont été supprimées (valeurs très élevées en lien avec le temps de chauffe du captur).

La figure suivante présente les concentrations horaires en NO₂ mesurées par le captur pendant un mois.

> 200 µg/m³ (Recommandation (OMS)) ■
 0 - 200 µg/m³ ■

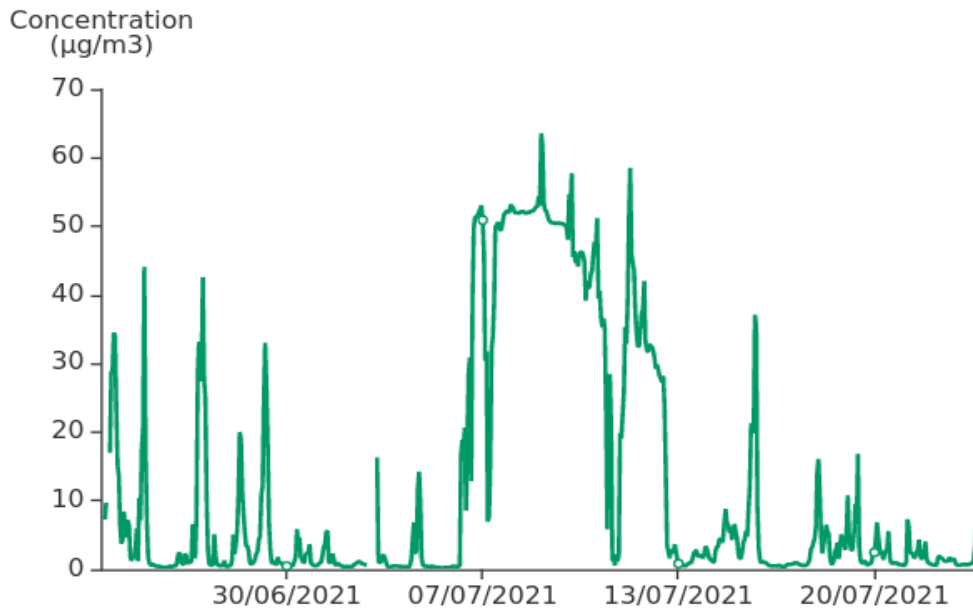


Figure 3 : Concentrations horaires en NO₂ mesurées par le capteur

Les concentrations horaires étaient toutes inférieures (en moyenne 16 fois inférieures) aux recommandations de l'OMS, ainsi qu'au seuil d'information et de recommandations et à la valeur limite (200 µg/m³) en moyenne horaire.

Le capteur met en évidence des pics de concentrations ayant lieu souvent tôt le matin (vers 5-6h), ainsi qu'un pic en continu du 07/07 au 10/07, puis le 12/07.

Le graphique suivant présente les concentrations moyennes horaires en NO₂ mesurées par le capteur, par heure et par jour sur la période de mesures.

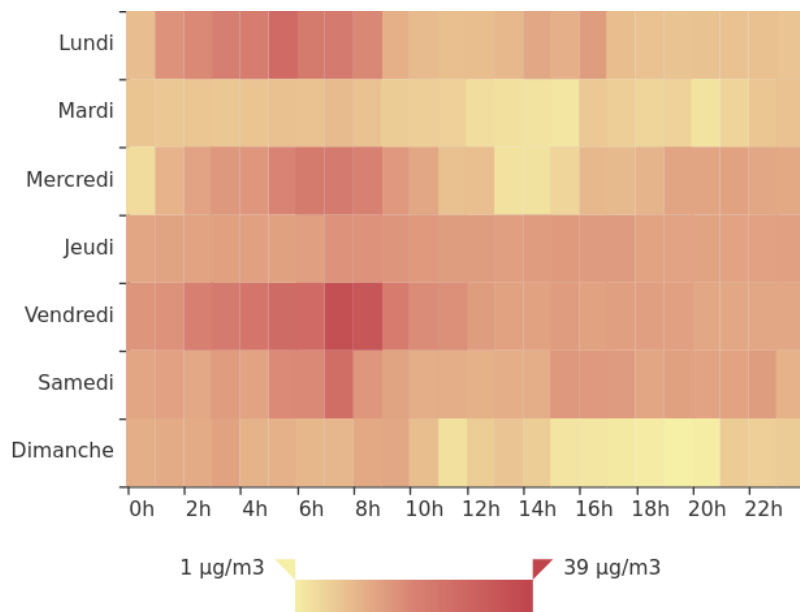


Figure 4 : Concentrations moyennes en NO₂ par heure et par jour

On observe pour des concentrations plus importantes le matin entre 5h et 9h, et des concentrations plus faibles le mardi et le dimanche. Ainsi, ces pics sont vraisemblablement en lien avec des activités humaines réalisées la semaine et plus particulièrement le matin.

- Pour les **PM_{2.5}**, les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures sont toutes inférieures à la recommandation de l'OMS en moyenne journalière (en moyenne 3.7 fois inférieures). Cependant, en moyenne sur une année, les concentrations en PM_{2.5} au niveau du site sont susceptibles d'approcher voire de dépasser l'objectif de qualité et la recommandation de l'OMS (en moyenne annuelle), notamment à proximité des axes routiers (D205 et N245).
- Pour les **PM₁₀**, les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures sont toutes inférieures au seuil d'alerte (80 µg/m³), au seuil IR et au seuil de l'OMS (50 µg/m³) en moyenne journalière (en moyenne 5 fois inférieures au seuil OMS). Cependant, en moyenne sur une année, les concentrations en PM₁₀ au niveau du site sont susceptibles d'approcher voire de dépasser la recommandation de l'OMS (20 µg/m³), à proximité des grands axes routiers.
- Pour le **CO**, les concentrations au droit du site sont en moyenne 350 fois inférieures à la recommandation de l'OMS en moyenne horaire et environ 55 fois inférieures à la recommandation de l'OMS et à la valeur limite en moyenne sur 8h. Ainsi, ce polluant ne semble pas à enjeu dans la zone du projet.
- Pour le **NH₃**, les concentrations sont probablement en lien avec des activités agricoles mais également en lien avec des travaux de terrassement à proximité. Il convient de noter que le NH₃ est également un précurseur de particules fines et donc de fortes émissions et concentrations de NH₃ sont susceptibles de conduire à une augmentation des particules fines dans l'air.

Ainsi, au droit du projet, la qualité de l'air est un enjeu important, et en particulier à proximité de la N265 et la D205, où les seuils de l'OMS peuvent être potentiellement dépassés (voir **Error! Reference source not found.**), et ce en particulier pour les polluants suivants :

- Le Dioxyde d'Azote (NO₂, en particulier à proximité de la N245, en lien avec le trafic routier ;
- Les Particules Fines (PM₁, PM_{2.5} et PM₁₀), à proximité de la D205 et N245, en lien avec le trafic routier également.

3 IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

3.1 Scenarios considérés

Afin de pouvoir évaluer l'influence du projet (modification du trafic, aménagement de l'espace urbain impliquant un flux de véhicule plus important en période de match) sur la qualité de l'air, une évaluation des **émissions** de polluants au niveau du domaine d'étude a tout d'abord été réalisée pour **trois scénarios** :

- Scenario 1 : Avant et Après Match le vendredi soir (de 18h30 à 19h30 et de 22h à 23h) ;
- Scenario 2 : Avant Match le Samedi après-midi (de 15h30 à 16h30) ;
- Scenario 3 : Après Match le Samedi soir (de 19h à 20h) ;

Ces 3 scenarios projets ont été comparées avec les deux situations sans Match (situations de référence):

- Le vendredi
- Le samedi

3.2 Méthodologie et données pour le calcul des émissions du transport routier

3.2.1 Méthodes de calcul

Pour calculer les principales émissions de polluants atmosphériques en provenance du transport routier, la **méthodologie Tier 2** a été utilisée (la notion de vitesse des véhicules n'est pas retenue dans cette méthodologie de calcul). Cette méthode, utilisée dans le logiciel **COPERT (voir détails dans la section 3.1.1.2)**, permet de calculer les émissions en provenance de différents types de véhicules (voiture particulière, poids-lourds, bus, ...), mais aussi de différents types de carburants (essence, diesel, hybride, ...) et de technologies (Conventionnel, Euro 1 à 6). Les données nécessaires pour calculer les émissions en provenance de tous les véhicules de la zone d'étude pour cette méthodologie sont :

- Le nombre de véhicules par technologie et par tronçon de route, issu :
 - De la décomposition du parc automobile par technologie
 - Du nombre de véhicule par tronçon de route
- La longueur des tronçons de route (pour déterminer les kilomètres parcourus par les véhicules, en km) ;
- Les facteurs d'émissions (par type de technologie et polluant, en g/km).

Pour les polluants restants, soient le SO₂ et l'Arsenic, la **méthodologie Tier 1** a été utilisée (méthodologie recommandée dans le guide de l'EMEP/EEA). Elle se base sur la consommation de carburant et un facteur d'émission spécifique au carburant. Cette méthode est plus simple car elle ne prend pas en compte les différentes technologies, mais seulement les différentes catégories de véhicules et de carburants. Les données nécessaires pour cette méthodologie sont :

- Le nombre de véhicules par type de carburant et par tronçon de route, issu :
 - De la décomposition du parc automobile par carburant
 - Du nombre de véhicule par route

- La longueur des tronçons de route (pour déterminer les kilomètres parcourus par les véhicules, en km) ;
- Les facteurs d'émissions (par type de carburant et polluant, en g/g de carburant) ;
- Les consommations de carburant (en g/km).

3.2.2 Facteurs d'émissions

Pour ces deux méthodes, des **facteurs d'émissions** sont nécessaires pour effectuer le calcul. Ceux du logiciel COPERT V ont été utilisés pour la majorité des polluants. Pour les autres (B(a)P, SO₂ et As), le guide de l'EMEP/EEA « Air pollutant emission inventory guidebook 2009 » a également été utilisé.

Le logiciel **COPERT** (Computer Program to calculate Emissions from Road Transport) est un logiciel élaboré au niveau européen par différents laboratoires et instituts de recherche sur les transports. Il repose sur une banque de données européenne comprenant les résultats de mesures réalisées sur différents véhicules (différentes technologies, ...). Le logiciel permet le calcul de facteurs d'émission spécifiques à une voie donnée ou un ensemble de voies, en lien notamment avec les données météorologiques renseignées. La méthodologie COPERT est largement utilisée et reconnue pour ce type d'étude en Europe et son utilisation est recommandée par le CEREMA. Les émissions sont ensuite estimées à partir de ces facteurs d'émissions, ainsi que du nombre de véhicules par types de catégories.

Tableau 5 : Facteurs d'émissions pour les différentes classes de véhicules

Voiture particulière	NOx (g/km)	PM10 (g/km)	PM2,5 (g/km)	CO (g/km)	COVNM (g/km)	SO2		As	Benzène (g/km)
						Consommation de carburant (g fuel/km)	Teneur soufre dans carburant (g/g fuel)		
Essence									
< ECE	2.3922	0.0264	0.0154	52.6063	2.8	60	0.000003	3.00E-09	0.126
ECE 15'00	2.3922	0.0264	0.0154	41.1338	2.19	60	0.000003	3.00E-09	0.099
ECE 15'01/02	2.1687	0.0264	0.0154	33.487	2.06	60	0.000003	3.00E-09	0.093
ECE 15'03	2.262	0.0264	0.0154	36.4957	2.06	60	0.000003	3.00E-09	0.093
ECE 15'04	2.4458	0.0264	0.0154	21.1975	1.68	60	0.000003	3.00E-09	0.076
Euro 1	0.4591	0.0264	0.0154	5.2863	0.53	60	0.000003	3.00E-09	0.024
Euro 2	0.2736	0.0264	0.0154	3.155	0.251	60	0.000003	3.00E-09	0.011
Euro 3	0.1154	0.0251	0.0141	2.6896	0.119	60	0.000003	3.00E-09	0.005
Euro 4	0.073	0.0251	0.0141	0.846	0.065	60	0.000003	3.00E-09	0.003
Euro 5	0.052	0.0255	0.0144	0.866	0.065	60	0.000003	3.00E-09	0.003
Euro 6	0.0552	0.0255	0.0145	0.8372	0.065	60	0.000003	3.00E-09	0.003
Diesel									
1986-1988	0.5518	0.2962	0.2852	0.8387	0.159	70	0.000005	1.00E-09	0.003
Euro 1	0.7231	0.1114	0.1004	0.4863	0.047	70	0.000005	1.00E-09	0.001
Euro 2	0.7481	0.0874	0.0764	0.3802	0.035	70	0.000005	1.00E-09	0.001
Euro 3	0.8006	0.066	0.0549	0.1203	0.02	70	0.000005	1.00E-09	0.000
Euro 4	0.5831	0.061	0.05	0.1212	0.014	70	0.000005	1.00E-09	0.000
Euro 5	0.6318	0.0274	0.0164	0.0502	0.008	70	0.000005	1.00E-09	0.000
Euro 6	0.5204	0.0265	0.0155	0.0627	0.008	70	0.000005	1.00E-09	0.000
Autres									
Hybride essence	0.0038	0.024	0.013	0.6379	0.001	34	0.000003	3.00E-09	0.000
Electrique	0	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0.000
Hybride diesel	0.0050	0.0900	0.0753	0.0377	0.0001	34	0.000005	1.00E-09	0.000
Autres (GNV,...)	0.073	0.0251	0.0141	0.846	0.035	60	0	0.00E+00	0.002
Poids lourds diesel									
Euro 0	10.9954	0.5603	0.5126	3.3517	1.2216	240	0.000003	1.00E-09	0.024
Euro 1	6.5698	0.3825	0.3348	1.5752	0.4267	240	0.000003	1.00E-09	0.009
Euro 2	7.1882	0.2343	0.1866	1.2725	0.2793	240	0.000003	1.00E-09	0.006
Euro 3	5.8729	0.244	0.1963	1.5613	0.2597	240	0.000003	1.00E-09	0.005
Euro 4	3.9195	0.1306	0.0829	0.785	0.0383	240	0.000003	1.00E-09	0.001
Euro 5	3.9165	0.1376	0.0899	1.2103	0.0351	240	0.000003	1.00E-09	0.001
Euro 6	0.3644	0.1046	0.0569	0.139	0.0245	240	0.000003	1.00E-09	0.000
Source	FE issus de COPERT V, Méthodologie Tier 2	FE issus de COPERT V, Méthodologie Tier 2	FE issus de COPERT V, Méthodologie Tier 2	FE issus de COPERT V, Méthodologie Tier 2	FE issus de COPERT V, Méthodologie Tier 2 pour PL	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, p.21-22		EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, p.46 et p.87	

Il existe dans le logiciel COPERT V un grand nombre de catégories de véhicules différents, caractérisées par le type de véhicule (voiture particulière, poids-lourd, ...), le type de carburant, la taille du véhicule ainsi que la technologie (Euro). Il a été choisi de ne sélectionner que les voitures particulières de taille moyenne et les poids-lourds de type « articulé 14-20t », ainsi que les technologies allant jusqu'à Euro 6, comme décrit dans le parc routier. Ainsi, cette hypothèse peut induire un résultat majorant car pour les années futures, une partie des véhicules seront de type Euro 7 ou plus, et émettront potentiellement moins de polluants atmosphériques (meilleure technologie).

De plus, pour les catégories de véhicules « hybride » et « GNV », il a également été choisi une catégorie de taille « moyenne » et de technologie moyenne (Euro4).

Les facteurs d'émissions pour la catégorie de voiture « hybride diesel » n'étant pas disponibles, ils ont été estimés à partir des facteurs d'émissions des « hybrides essence » et du ratio des facteurs d'émissions moyens des véhicules diesel sur les véhicules essence.

› Hypothèses lors du calcul des émissions de SO₂ :

Pour calculer les émissions de SO₂, la teneur en soufre du carburant est nécessaire. La donnée utilisée pour cette teneur est celle proposée dans le guide de l'EMEP/EEA⁴, pour des carburants après 2009 (5 ppm pour l'essence et 3 ppm pour le diesel). Il a été fait l'hypothèse que cette valeur était constante entre les années, alors qu'il est probable qu'elle diminue au fil des années.

› Hypothèses lors du calcul des émissions de Benzène :

Pour calculer les émissions de benzène, il a été pris comme hypothèses que 4,5% des émissions de COVNM pour les véhicules essences étaient des émissions de benzène, et que 2% des émissions de COVNM pour les véhicules diesel étaient des émissions de benzène, d'après le tableau de composition des émissions de COVNM d'un rapport COPERT⁵.

› Hypothèses de calcul pour les émissions en provenance des véhicules GNV :

Aucune donnée précise sur les facteurs d'émissions pour les véhicules GNV pour le SO₂ et l'As n'étant disponible et considérant que les émissions de SO₂ et d'As en provenance de ces types de véhicules sont négligeables, l'hypothèse d'un facteur d'émission égale à 0 a été choisie.

3.2.3 La composition du parc routier

Pour cette étude, les données du **parc automobile** standard français de l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR)⁶ de 2020 et 2025 (parc automobile en pourcentage calculé avec des hypothèses prospectives) ont été utilisées pour caractériser la typologie du parc roulant en lien avec le projet (catégorie de véhicule, type de carburant et norme EURO).

Pour le **parc de poids-lourds** français, la répartition selon les différentes technologies pour les années 2020 et 2025 provient du CETU⁷, par extrapolation des données du parc INRETS⁸.

⁴ EMEP, EEA, Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019, 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv; Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motorcycles, p.22

⁵ EEA, COPERT II Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport, Methodology and Emission Factors, Technical report No.6, November 1997, p.52

⁶ Michel André, Anne-Laure Roche, Lauréline Bourcier. Statistique de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France. [Rapport de recherche] IFSTTAR – Institut Français des Sciences et technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2014, 137 p. hal-01431629

⁷ Calcul des émissions de polluants des véhicules automobiles en tunnel, Centre d'Etudes des Tunnels, novembre 2012

⁸ Transport routier – Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025, Hugrel Joumard, 2004

Tableau 6 : Composition du parc routier français (voitures particulières et poids-lourds)

Voiture particulière	2020	2025
Essence		
< ECE	0,00%	0,00%
ECE 15'00	0,00%	0,00%
ECE 15'01/02	0,00%	0,00%
ECE 15'03	0,00%	0,00%
ECE 15'04	0,00%	0,00%
Euro 1	0,20%	0,00%
Euro 2	0,60%	0,10%
Euro 3	1,60%	0,40%
Euro 4	2,90%	1,10%
Euro 5	5,90%	3,10%
Euro 6	10,30%	17,40%
Diesel		
1986-1988	0,00%	0,00%
Euro 1	0,20%	0,00%
Euro 2	0,90%	0,20%
Euro 3	5,10%	1,50%
Euro 4	13,40%	5,10%
Euro 5	24,60%	13,20%
Euro 6	29,90%	45,80%
Autres		
Hybride essence	1,90%	6,30%
Electrique	0,50%	1,70%
Hybride diesel	1,20%	3,40%
Autres (GNV, ...)	0,80%	0,70%
TOTAL	100,00%	100,00%
Poids-lourds diesel		
	2020	2025
Euro 0	0,00%	0,00%
Euro 1	0,00%	0,00%
Euro 2	0,05%	0,00%
Euro 3	1,95%	0,05%
Euro 4	9,20%	0,95%
Euro 5	29,80%	9,90%
Euro 6	59,00%	89,10%
TOTAL	100,00%	100,00%

3.2.4 Les données sur la consommation de carburant

Pour le calcul des émissions de SO₂ et d'Arsenic, les données sur la **consommation de carburant** et sur les teneurs en soufre dans les carburants proviennent du guide de l'EMEP/EEA « Air pollutant emission inventory guidebook 2009 ».

3.2.5 Facteurs d'émissions des véhicules

Pour cette étude, il a été considéré, en cohérence avec les informations transmises par SCE, les :

- Véhicules Légers – voitures particulières pour les usagers et spectateurs
- Poids Lourds – camions circulant sur les axes routiers et bus / navettes transportant les spectateurs

Les facteurs d'émissions, par véhicule et par tronçon de route (kg/km/h/véhicule) sont présentés dans les tableaux suivants.

Ces facteurs d'émissions ont été calculés en multipliant les facteurs d'émission de chaque classes de véhicules (Tableau 5) avec la composition du parc automobile pour l'horizon temporel considéré ici, soit 2025 (Tableau 6)

Tableau 7: Facteurs d'émissions calculés pour les Véhicules Légers (VL)

2025	NOx	PM10	PM2,5	CO	COVNM	Ni	B(a)P	SO2	As	Benzène
<i>Voiture particulière</i>	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]
Essence										
< ECE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ECE 15'00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ECE 15'01/02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ECE 15'03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ECE 15'04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Euro 1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Euro 2	2.74E-04	2.64E-05	1.54E-05	3.15E-03	2.51E-04	1.46E-06	3.20E-10	3.60E-07	1.80E-10	1.13E-05
Euro 3	4.62E-04	1.00E-04	5.62E-05	1.08E-02	4.76E-04	5.85E-06	1.28E-09	1.44E-06	7.20E-10	2.14E-05
Euro 4	8.03E-04	2.76E-04	1.55E-04	9.31E-03	7.15E-04	1.61E-05	3.52E-09	3.96E-06	1.98E-09	3.22E-05
Euro 5	1.61E-03	7.89E-04	4.47E-04	2.68E-02	2.02E-03	4.55E-05	9.92E-09	1.12E-05	5.58E-09	9.07E-05
Euro 6	9.60E-03	4.44E-03	2.52E-03	1.46E-01	1.13E-02	2.55E-04	5.57E-08	6.26E-05	3.13E-08	5.09E-04
Diesel										
1986-1988	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Euro 1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Euro 2	1.50E-03	1.75E-04	1.53E-04	7.60E-04	7.00E-05	2.62E-06	3.48E-09	1.40E-06	1.40E-10	1.40E-06
Euro 3	1.20E-02	9.90E-04	8.24E-04	1.80E-03	3.00E-04	1.96E-05	2.61E-08	1.05E-05	1.05E-09	6.00E-06
Euro 4	2.97E-02	3.11E-03	2.55E-03	6.18E-03	7.14E-04	6.67E-05	8.87E-08	3.57E-05	3.57E-09	1.43E-05
Euro 5	8.34E-02	3.62E-03	2.16E-03	6.63E-03	1.06E-03	1.73E-04	2.30E-07	9.24E-05	9.24E-09	2.11E-05
Euro 6	2.38E-01	1.21E-02	7.10E-03	2.87E-02	3.66E-03	5.99E-04	7.97E-07	3.21E-04	3.21E-08	7.33E-05
Autres										
Hybride essence	2.39E-04	1.51E-03	8.17E-04	4.02E-02	6.30E-05	8.79E-05	2.02E-08	1.29E-05	6.43E-09	2.84E-06
Electrique	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Hybride diesel	1.70E-04	3.06E-03	2.56E-03	1.28E-03	3.57E-06	4.23E-05	5.52E-08	1.16E-05	1.16E-09	7.13E-08
Autres (GNV, ...)	5.11E-04	1.76E-04	9.84E-05	5.92E-03	2.45E-04	9.07E-06	2.24E-09	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-05

Tableau 8: Facteurs d'émissions calculés pour les Poids Lourds et bus (PL)

2025	NOx	PM10	PM2,5	CO	COVNM	Ni	B(a)P	SO2	As	Benzène
	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]	[g/km/j]
Poids lourds diesel										
Euro 0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Euro 1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Euro 2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Euro 3	2.94E-03	1.22E-04	9.81E-05	7.81E-04	1.30E-04	2.75E-06	4.50E-10	7.20E-07	1.20E-10	2.60E-06
Euro 4	3.72E-02	1.24E-03	7.88E-04	7.46E-03	3.64E-04	5.22E-05	8.55E-09	1.37E-05	2.28E-09	7.28E-06
Euro 5	3.88E-01	1.36E-02	8.90E-03	1.20E-01	3.48E-03	5.44E-04	8.91E-08	1.43E-04	2.38E-08	6.95E-05
Euro 6	3.25E-01	9.32E-02	5.07E-02	1.24E-01	2.18E-02	4.90E-03	8.02E-07	1.28E-03	2.14E-07	4.36E-04
TOTAL (g/km/j)	7.53E-01	1.08E-01	6.04E-02	2.52E-01	2.58E-02	5.50E-03	9.00E-07	1.44E-03	2.40E-07	5.15E-04
TOTAL (kg/km/h/vehicule)	3.14E-05	4.51E-06	2.52E-06	1.05E-05	1.07E-06	2.29E-07	3.75E-11	6.00E-08	1.00E-11	2.15E-08

3.2.6 Données de trafic routier

3.2.6.1 Données transmises par SCE

La présente étude se base sur les hypothèses et données transmises par SCE et en particulier les hypothèses récapitulées dans le rapport SCE, 2022, PROJET DE STADE DE GUIPAVAS : ETUDE DE TRAFIC - Analyse des impacts du projet sur la circulation, Ref. 210555 du 27/10/2022 Édition 1

Les données de trafic (VL et PL) suivantes ont été transmises pour les principaux axes (cf ci-dessous) pour :

- ETAT INITIAL (situation actuelle, sur la base de comptages)
 - Vendredi
 - Samedi
- PROJET (simulation des trafic par SCE):
 - Vendredi soir avant match
 - Samedi après-midi avant match
 - Samedi après-midi après match

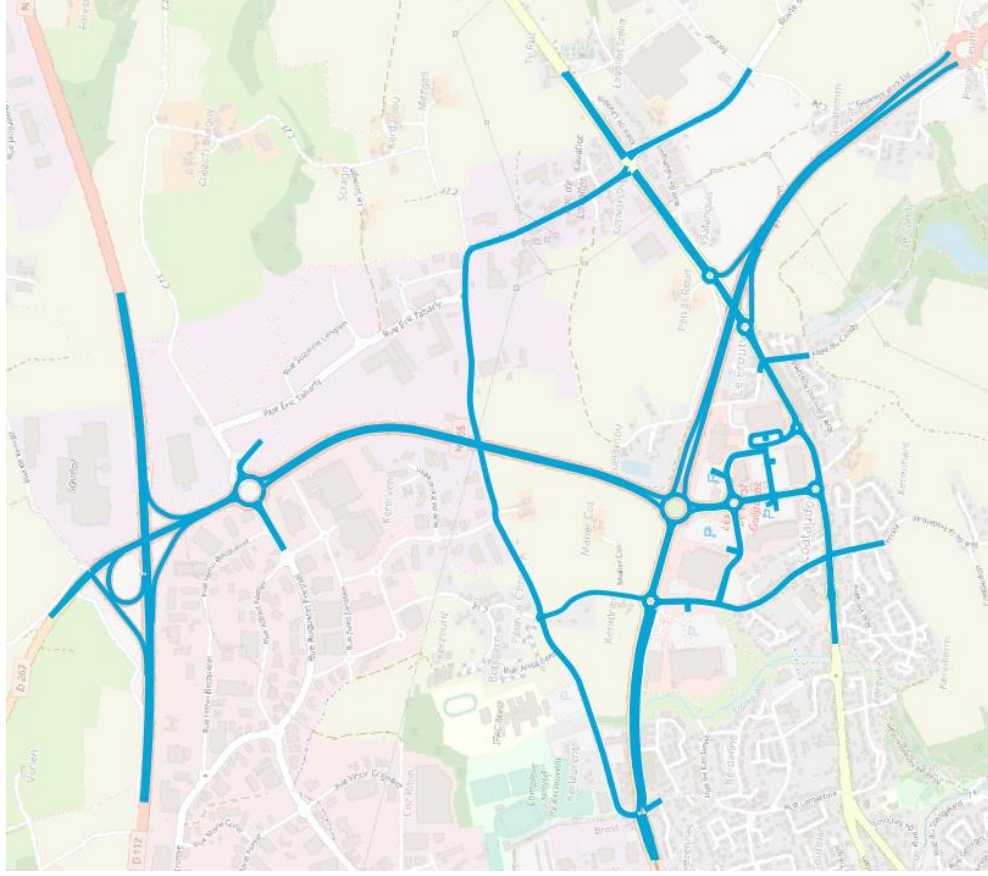
L'hypothèse prise par SCE pour la croissance du trafic de fond a été celle d'une « stagnation du trafic » du fait des évolutions attendues dans les modes de déplacements. Ainsi un tendanciel hors projet n'a pas été considéré comme pertinent à étudier.

Il convient de noter que seuls certains axes ont été évalués par SCE comme présenté ci-dessous (Figure 5).

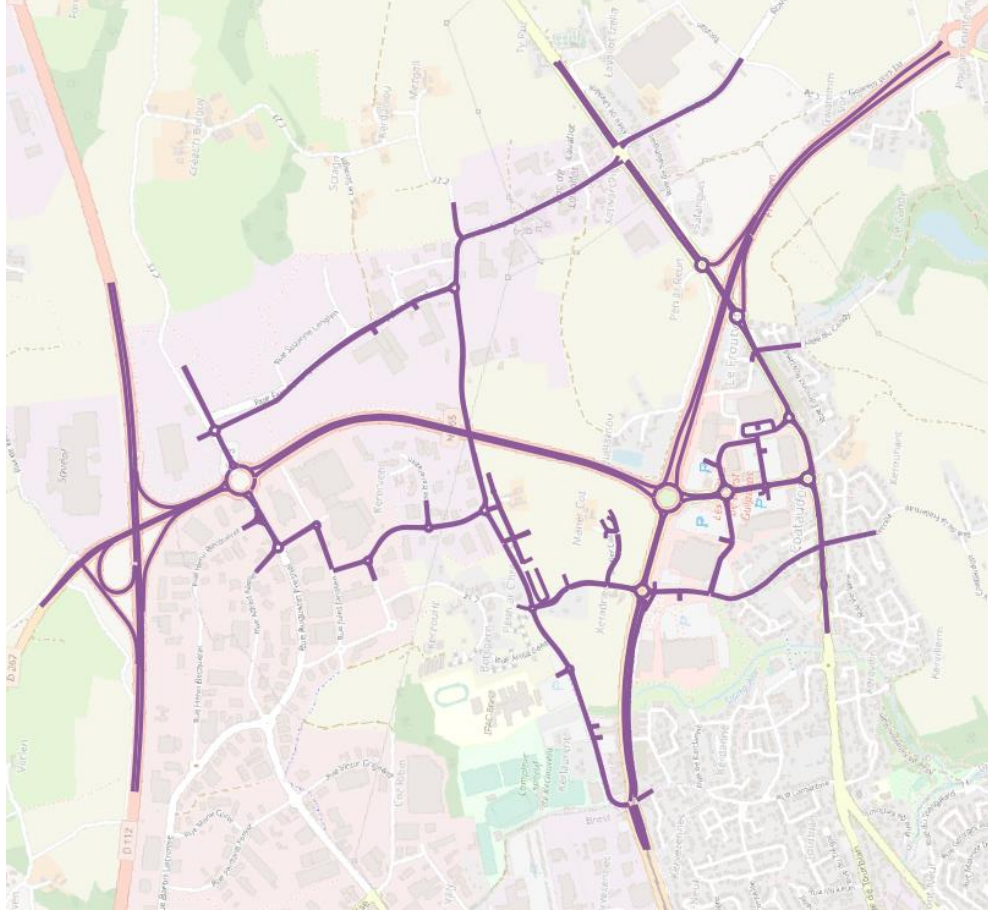
Afin de calculer l'incidence sur la qualité de l'air du projet et d'assurer une cohérence et continuité dans les axes routiers, le trafic sur les axes voisins autour du site (domaine d'étude de la modélisation) a dû être reconstitué manuellement considérant différentes hypothèses détaillées dans les sections suivantes.

En effet, le modèle de dispersion des polluants atmosphérique requiert des hypothèses cohérentes sur le domaine de calcul afin de prendre en compte la contribution des axes voisins (bruit de fond) et d'éviter les effets de bords à proximité du domaine de calcul.

Cette représentation reste cependant incomplète puisqu'elle ne considère pas l'ensemble des axes routiers dans un périmètre plus large autour du projet.



Axes considérés par SCE pour l'état initial (vendredi et samedi)



Axes considérés par SCE pour les situation projet avec stade (vendredi et samedi)

Figure 5: Axes considérés par SCE dans le cadre de l'étude trafic

3.2.6.2 Reconstitution du trafic sur les axes voisins

En l'absence de données spécifiques sur le trafic routier de la zone plus large autour du projet, les hypothèses suivantes ont été considérées :

- Trafic sur les voies départementales : environ 500 v/h
- Trafic sur les voies desservant les zones commerciale/artisanale au Nord du site :
 - Véhicules légers (VL) : environ 130 v/h le vendredi et 10 v/h le samedi
 - Poids Lourds (PL): environ 13 v/h le vendredi et 10 v/h le samedi – hors match / état initial
 - Poids Lourds : environ 5 v/h le vendredi et 0v/h le samedi – jours de match
- Trafic sur les voies de desserte et voies résidentielles : environ 10 v/h

Ces hypothèses ont été choisies pour légèrement surestimer le trafic routier voisin (hypothèse pénalisante pour la qualité de l'air), tout en conservant (dans la mesure du possible) la continuité avec les mesures réalisées par SCE

Il a été considéré en particulier que le trafic hors jour de match sur la zone industrielle/artisanale au nord du site ne serait pas impacté par la circulation des spectateurs et que ces activités opèreraient normalement (avec un flux de VL et PL significatif). Lors des jours de match, il est attendu que les activités et résidents de cette zone évitent la période de pointe (entrée et sortie de match), ainsi, réduisant le flux de VL et PL circulant sur les axes connexes. Un flux de PL réduit lors des jours de match en anticipant que certaines entreprises prendraient leurs disposition pour éviter la zones en période de matchs.

L'ensemble du trafic pour le réseau routier sur le domaine d'étude est présenté en Annexe 1.

3.3 Impact du projet sur les émissions de polluants

Considérant les facteurs d'émission des véhicules légers et poids lourds (Section 3.2.5), et le volume de trafic supplémentaire les jours de match (environ 4000 VL et 25 navettes selon l'estimation de SCE), il est possible d'estimer l'impact des matchs sur les émissions de polluants de la commune de Guipavas (cf. Section 3.2 de l'Etat Initial de la Qualité de l'Air).

Pour cette estimation, nous avons pris les hypothèses majorantes suivantes :

- les véhicules légers parcourent en moyenne 30 km⁹ (15km A/R pour les véhicules allant au stade)
- chaque navette effectue 6 trajets de 10km avant les matches et 6 trajets de 10km après matches, soit 120 km/navette

Tableau 9: Calcul des émissions induites par le projet

	NOx	PM10	PM2,5	CO	COVNM	Ni	B(a)P	SO2	As	Benzène
TOTAL (kg/km/h) - VL	1.58E-05	1.27E-06	8.11E-07	1.20E-05	8.70E-07	5.51E-08	5.39E-11	2.35E-08	3.89E-12	3.31E-08
TOTAL (kg/km/h) - PL	3.14E-05	4.51E-06	2.52E-06	1.05E-05	1.07E-06	2.29E-07	3.75E-11	6.00E-08	1.00E-11	2.15E-08
VL	4000		Distance	30	km					
PL	25		Distance	120	km					
TOTAL (kg/match) VL	1.89E+00	1.52E-01	9.73E-02	1.44E+00	1.04E-01	6.62E-03	6.47E-06	2.82E-03	4.67E-07	3.97E-03
TOTAL (kg/match) PL	9.41E-02	1.35E-02	7.56E-03	3.15E-02	3.22E-03	6.87E-04	1.13E-07	1.80E-04	3.00E-08	6.44E-05
TOTAL (kg/match) - PL+PL	1.99E+00	1.66E-01	1.05E-01	1.47E+00	1.08E-01	7.30E-03	6.58E-06	3.00E-03	4.97E-07	4.04E-03

Emissions annuelles pour la commune de Guipavas (INS, 2012)

Transport routier (kg/an)	152283	11340	9490	164916	32807	nd	nd	242	nd	nd
Part relative d'un match sur les émissions annuelles su secteur	0.0013%	0.0015%	0.0011%	0.0009%	0.0003%	nd	nd	0.0012%	nd	nd

Ainsi, considérant ces hypothèses, les émissions routières en lien avec un match représentent moins de 0,01% des émissions routières annuelles de la commune de Guipavas.

En faisant l'hypothèse majorante qu'il y ait un match toutes les 2 semaines (soit 25/an), les émissions du projet représenteraient moins de 0.037% des émissions routières annuelles de la commune de Guipavas (tous polluants confondus).

⁹ Dans une situation réelle de comptabilisation, conformément aux recommandations du CITEPA, les émissions territoriales sont assignées à la commune seulement sur le tronç de l'axe présent sur la commune. Ainsi l'ensemble du trajet routier se répartirait sur plusieurs communes et l'impact sur les émissions de la commune de Guipavas serait réduit. Ceci est cependant difficilement estimable et n'est donc pas considéré plus en détail ici.

3.4 Modélisation des concentrations de la zone d'étude

Pour simuler la dispersion physique des polluants issus du trafic routier dans le domaine considéré, nous avons utilisé le logiciel GRAMM/GRAL v22.09 (Graz Mesoscale Model/Graz Lagrangian Model). Ce logiciel libre-de-droit est développé par l'Université de Technologie allemande à Graz. Il a fait ses preuves dans le domaine de la modélisation atmosphérique en milieu urbain.

Nous pouvons notamment citer les études menées par l'EMPA (établissement de recherche du domaine des Écoles polytechniques fédérales suisses) sur les villes de Zurich¹⁰ et de Lausanne. Dans le cadre de cette étude d'impact nous avons utilisé ce modèle dans un contexte de terrain complexe autour du site.

Nous avons également utilisé les deux modules intégrés au modèle, le module GRAMM qui permet de calculer les champs de vent à une échelle régionale depuis des situations météorologiques d'entrée (celles-ci sont décrites dans le paragraphe suivant) et le module GRAL qui permet de calculer la dispersion en 3D en tenant compte des bâtiments comme obstacles à l'écoulement (voir Figure 6).

Nous avons implémenté le modèle en considérant les sources linéiques (axes routiers) uniquement.

Le modèle GRAL est particulièrement adapté pour cette typologie d'étude puisqu'il permet d'acquérir une description fine de l'écoulement des polluants à l'échelle des tronçons routiers et autour des sources ponctuelles sur quelques mètres (ici les mailles sont de 20 m x 20 m).

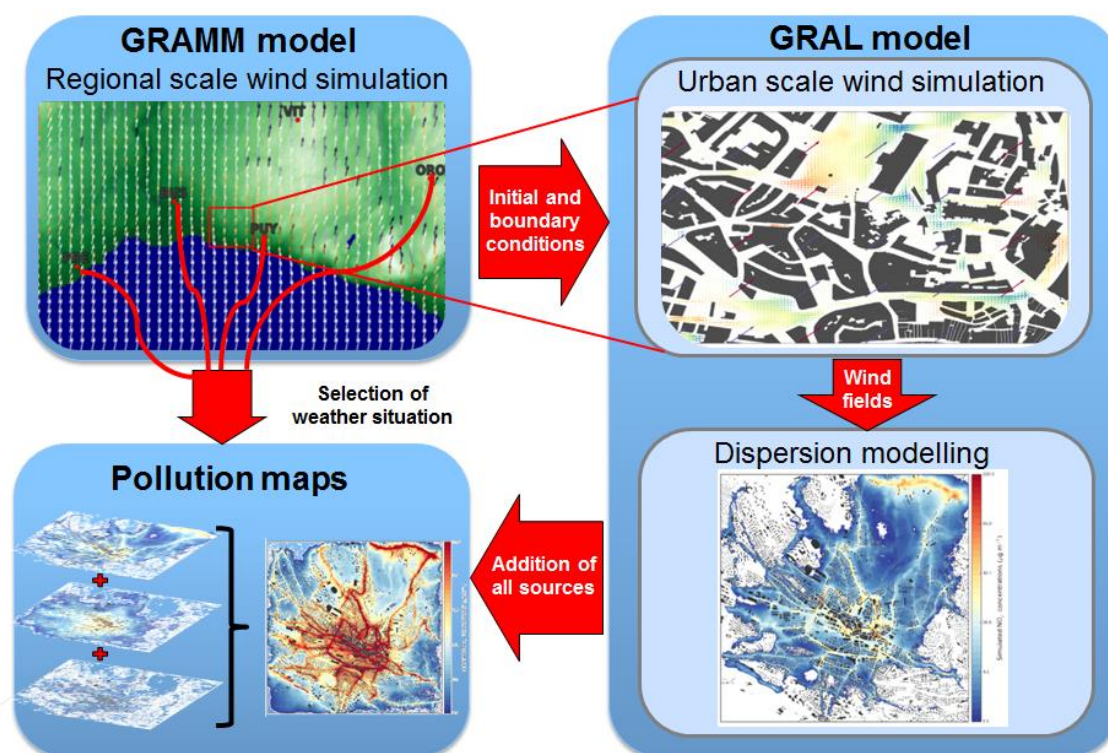


Figure 6 : Graz Mesoscale Model/Graz Lagrangian Model

¹⁰ Berchet, A., Zink, K., Oettl, D., Brunner, J., Emmenegger, L., and Brunner, D.: Evaluation of high-resolution GRAMM-GRAL (v15.12/v14.8) NO_x simulations over the city of Zürich, Switzerland, Geosci. Model Dev., 10, 3441–3459, <https://doi.org/10.5194/gmd-10-3441-2017>, 2017.

3.4.1 Données pour la mise en œuvre de la modélisation

3.4.1.1 Données météorologiques

Des conditions d'entrée sont nécessaires pour partir d'un état initial mais aussi pour donner les conditions aux bords du domaine d'étude. Ces conditions d'entrée météorologiques sont couplées au modèle GRAMM/GRAL lors des simulations. Elles sont issues d'autres simulations réalisées avec le modèle américain WRF (Weather Research and Forecasting), modèle numérique de prévisions du temps. WRF est actuellement utilisé de manière opérationnelle au centre national de météorologie américain (NCEP) ce qui lui confère un attribut certain en termes de qualité et également d'accessibilité du fait qu'il soit un modèle libre de droit. Ces deux arguments viennent conditionner le choix orienté vers ce modèle de prévision météorologique pour les simulations du projet. De plus, ce modèle est largement utilisé pour réaliser des prévisions de qualité de l'air mais également pour réaliser des analyses d'épisodes de pollution (en le combinant avec le logiciel CHIMERE par exemple)¹¹.

Le recours à un modèle de prévision du temps plutôt qu'à des données ponctuelles d'observations météorologiques comme celles de Météo-France pour ce projet est justifié par le besoin de données avec une couverture spatiale et temporelle continue et suffisamment discrète pour ne pas avoir de lacune de représentation. En effet, on peut lister ci-dessous quelques exemples de faiblesse des données Météo-France observées disponibles au grand public :

- données non observées 50 % du temps la nuit pour la hauteur des nuages
- données tri-horaire
- données ponctuelles à l'échelle du territoire (stations parfois géographiquement loin de l'étude).

Ainsi, les données WRF couvrent l'ensemble de la France avec une taille de maille horizontale de 12km x 12 km. La résolution verticale est de 35 niveaux avec des niveaux plus resserrés proche du sol.

La modélisation WRF a été réalisée en intégrant les données historiques d'observation couvrant l'ensemble du territoire (re-analysis) en intégrant des données d'observation (ERA 5) comme conditions aux limites du modèle. Les données ERA5¹² sont des données horaires, intégrant les observations sur une maille de 30 km x 30 km avec 137 niveaux.

Cependant, les sorties de prévisions météorologiques issues de WRF ont une résolution encore trop large pour être suffisamment précises à l'échelle locale du projet. De ce fait, le modèle CALMET (logiciel de modélisation météorologique 3D adapté à la petite échelle) a été utilisé pour effectuer une descente d'échelle de 12 km vers quelques centaines de mètres.

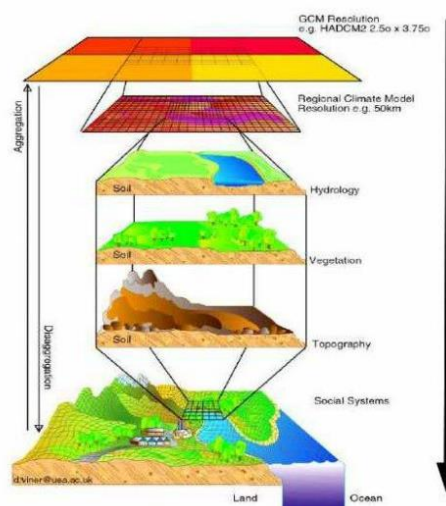


Figure 7 : Intégration des données météorologiques pour calcul en champ proche

¹¹ Colette A., Rouil L., Bessagnet B., Schucht S., Szopa S., Vautard R. and L.Menut, Pollution atmosphérique et climat. Pollution Atmosphérique, APPA, 2013, pp.78-83

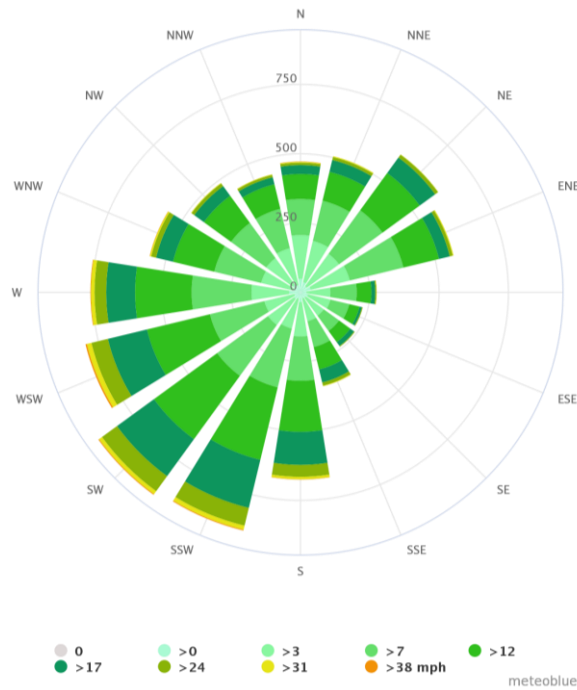
Menut, L., Mailler, S., Bessagnet, B., Siour, G., Colette, A., Couvidat, F., and Meleux, F.: An unusual way to validate regional chemistry-transport models, Geosci. Model Dev. Discuss., doi:10.5194/gmd-2016-153, in review, 2016

¹² European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ERA5-Land hourly data from 2001 to present

3.4.1.2 Principales caractéristiques des vents dans le secteur autour du site

Afin d'avoir une vision des caractéristiques principales des vents dans le secteur autour du site et également pour valider la qualité des sorties WRF, des données ont été comparées aux données de l'aéroport de Brest, située à quelques km au Nord du site.

La rose des vents générée au niveau du site est cohérente avec la distribution des vents au niveau de l'aéroport de Brest.



Source Meteo Blue

Figure 8 : Rose des vents modélisée sur les 30 dernières années au niveau de l'aéroport de Brest

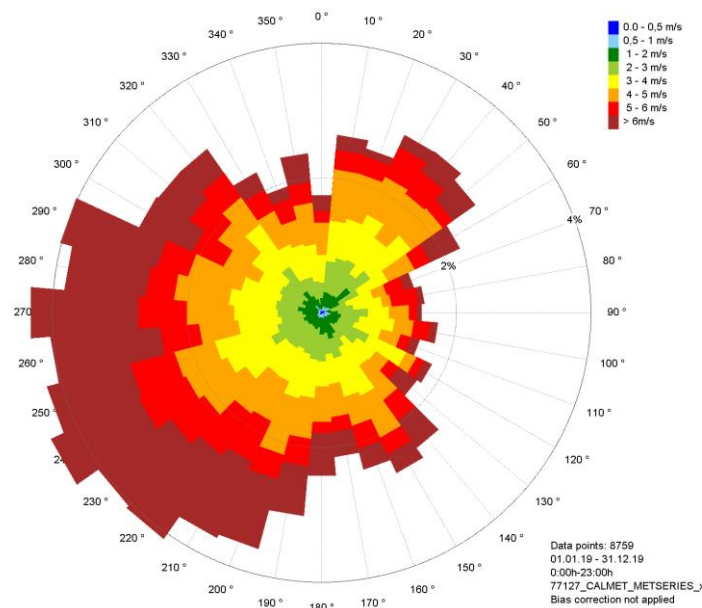


Figure 9 : Rose des vents sur la période 2019 utilisée pour la modélisation au niveau du site

Il est important de s'assurer d'une bonne représentation de la météorologie pour la suite des simulations de la qualité de l'air autour du projet. En effet, les processus météorologiques conditionnent en partie les niveaux en concentration dans l'air de polluants par la dispersion physique de ceux-là. De la même sorte que des émissions importantes peuvent amener à des épisodes de pollution plus ou moins importants, la météorologie va conditionner la dispersion atmosphérique suivant les conditions suivantes¹³ :

Condition pour une diffusion importante des polluants dans l'atmosphère

- Vitesse du vent élevée (bon transport horizontal) (hauteur de mélange élevée (large volume d'air de dilution),
- Instabilité de l'air (bonne diffusion verticale) correspondant aux classes A, B, C et D de Pasquill (équivalentes aux classes SC1 à 4 sur le graph ci-dessous),

Condition pour une faible diffusion des polluants dans l'atmosphère

- Vitesse du vent faible;
- Hauteur de mélange basse,
- Forte stabilité de l'air (condition d'inversion) correspondant aux classes E et F de Pasquill.

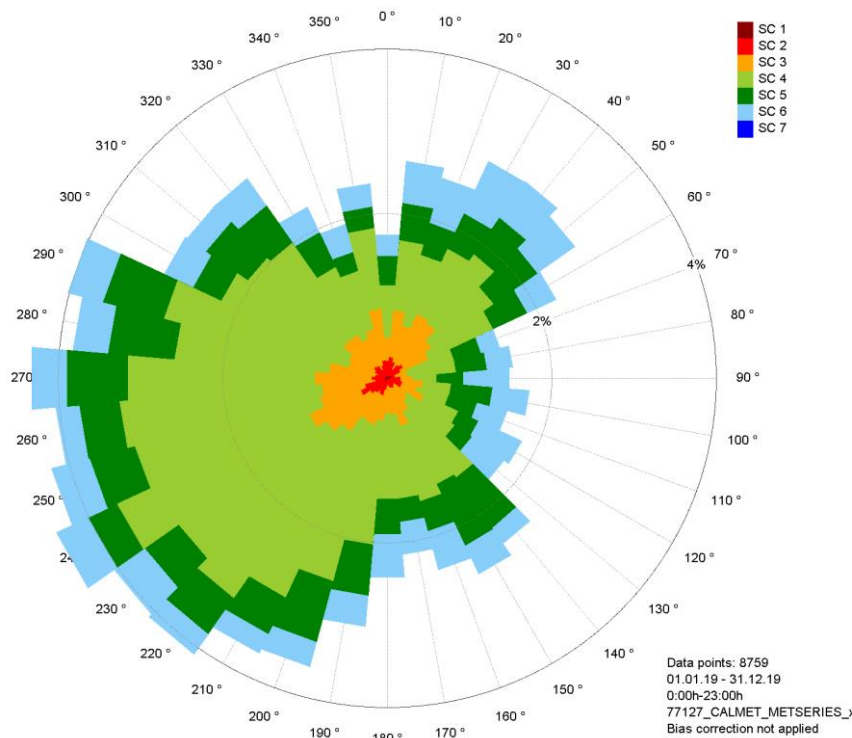


Figure 10 : Classes de stabilités et directions de vents pour la série météorologique utilisée pour la modélisation au niveau du site

¹³ B. P.A. GRANDJEAN - Pollution atmosphérique et traitements des émissions - Département de génie chimique - Université Laval (Québec)

3.4.1.3 Topographie et usage du sol

Les données géographiques de topographie et d'usage des sols ont été prises en compte lors des simulations avec GRAMM/GRAL pour la dispersion des polluants. Les données d'usage du sol proviennent de l'inventaire biophysique de l'occupation des sols CORINE Land Cover. Cette base de données des sols comprend 5 grands types d'occupation du territoire : territoires artificialisés, territoires agricoles, forêts et milieux semi-naturels, zones humides et surfaces en eau. Cependant, la zone d'étude est principalement située dans un territoire artificialisé. Les données de topographie sont issues de la SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

3.4.1.4 Dimensions des bâtiments

Les bâtiments présents dans le domaine d'étude ont aussi été intégrés dans le modèle. Ils proviennent de la base de données de l'IGN (BD TOPO).

Le rapport hauteur des bâtiments sur largeur des routes permet de définir le degré d'ouverture des espaces et s'ils sont des espaces propices à l'accumulation des polluants car exigus. Par exemple, le rapport de 10 mètres (hauteur moyenne du bâti) sur 6 mètres (largeur moyenne des routes) donne environ 1,6 comme résultat, soit un espace considéré comme semi-ouvert où les polluants peuvent s'accumuler modérément¹⁴.

La configuration avec et hors projet a été adaptée afin de tenir compte des bâtiments supprimés et de l'ajout du stade (élément massif) comme présenté sur la figure Figure 12.

Les bâtiments résidentiels en projet a proximité du site n'ont pas été inclus dans le modèle. Ceci est discuté plus en détail dans l'analyse des incertitudes

¹⁴ Afiq, W.M., Azwadi, C.S., & Saqr, K.M. (2012). Effects of buildings aspect ratio, wind speed and wind direction on flow structure and pollutant dispersion in symmetric street canyons: a review. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 7, 158-165.

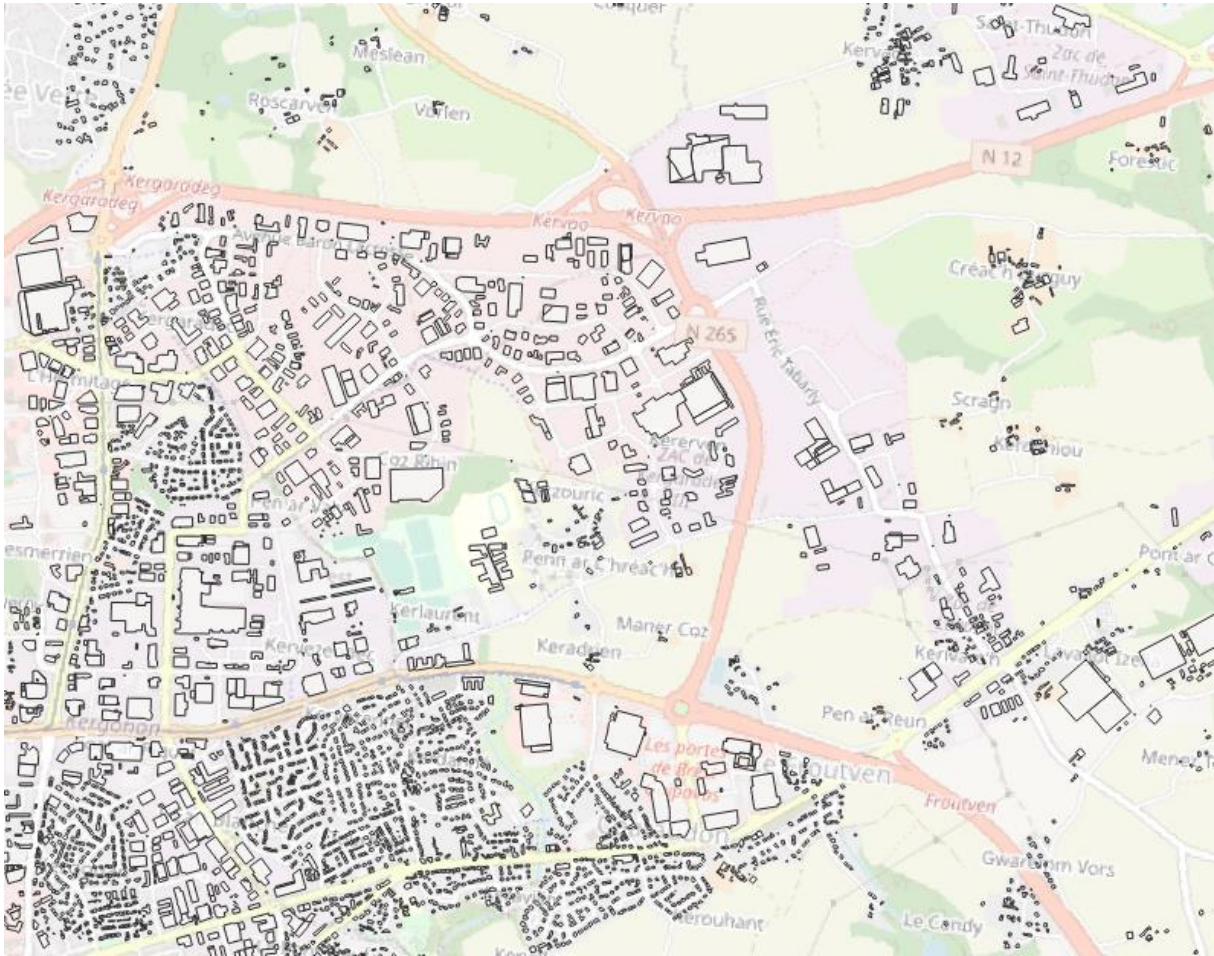


Figure 11 : Bâtiments considérés (situation hors projet) dans la modélisation



Situation hors projet



Situation projet

Figure 12 : Bâtiments considérés dans la modélisation

3.4.2 Les rejets atmosphériques

3.4.2.1 Hypothèses concernant les routes

Les hypothèses suivantes ont été retenues, pour les routes, dans le modèle :

- Une hauteur de rejets de 0m
- Une largeur des routes de 4m environ (pour chaque sens ou axe).

3.4.2.2 Variabilité des émissions

Les émissions de trafic ont été considérées comme constantes au fil des saisons et des heures, sans variation au cours d'une journée.

En effet, pour cette étude, nous cherchons à calculer la **concentration maximale** induite par le trafic du stade, correspondant **au maximum horaire** en considérant :

- Que l'ensemble du flux de véhicule circule sur les axes routiers pendant cette période, sans modulation du flux sur cette heure
- Que cette situation se produit toute l'année sur l'ensemble des 8760 conditions météorologiques horaires (1 an de données horaires). En effet, il n'apparaît pas cohérent de limiter cela aux horaires des matches, cela limiterait les situations météorologiques à 52 événements (nombre de semaines) avec le risque de ne pas capturer la situation météorologique la plus pénalisante.

Ces hypothèses sont relativement pénalisantes et permettent d'identifier les pics horaires en considérant une circulation régulière et maximale sur les axes routiers avant et après matches.

3.4.3 Les récepteurs : les établissements sensibles

3.4.3.1 Les points cibles considérés

Dans la zone d'étude, 24 récepteurs ont été placés à proximité du site et des routes étudiées dans des zones sensibles et au niveau des résidents proches du site.

Ils permettront de déterminer l'impact des rejets liés au projet et la concentration locale pour les substances retenues.

Les points 19 et 24 correspondent en particulier à des établissements sensibles avec une école primaire et une crèche, respectivement.

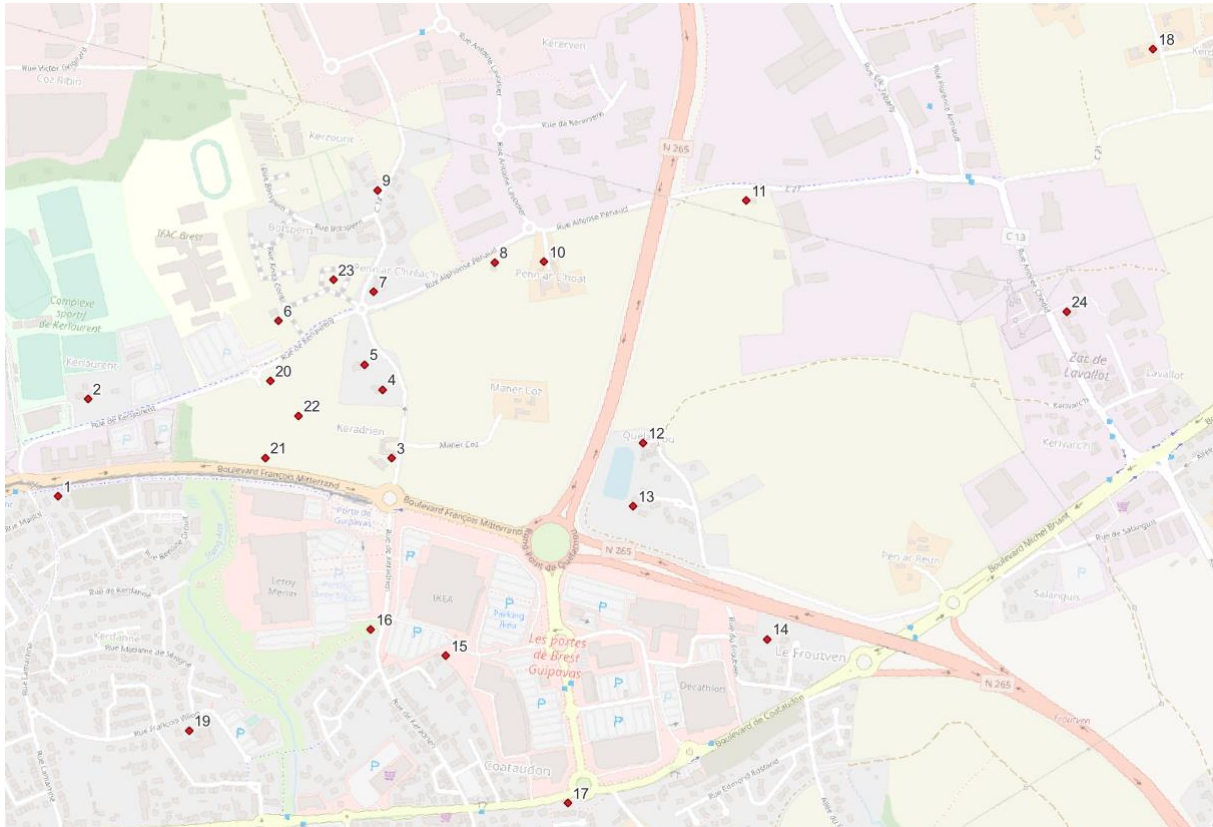


Figure 13 : Récepteurs autour du site

3.4.4 Résultats des modélisations

Les résultats obtenus sont des concentrations en NO₂ et SO₂, pour chaque scénario, à hauteur d'homme (1,5m). Les concentrations maximales au niveau des récepteurs cibles sont présentées dans le paragraphe suivant, et les cartes des concentrations modélisées sont présentes en **Error! Reference source not found.**

Ces résultats ne considèrent que l'impact des émissions du trafic routier des routes du domaine d'étude, présentées dans le paragraphe **Error! Reference source not found.**

Bien que le domaine ait été élargi, les concentrations modélisées ne prennent pas en compte la pollution de fond des axes plus lointains, ainsi, le terme 'contribution' des projets sera utilisé, et non le terme 'concentration'.

La contribution maximale au niveau des récepteurs sélectionnées est également présentée dans le tableau ci-dessous. Elle correspond à la différence entre la situation modélisée pour l'état initial et la situation projetée. **Cette grandeur représente donc la contribution du projet.**

A cette valeur, il sera nécessaire d'ajouter la valeur de bruit de fond observé dans l'environnement (cf. Etat initial de la Qualité de l'Air)

Tableau 10: Résultats de la modélisation au niveau des récepteurs

Récepteur	Position X	Position Y	Vendredi					Samedi																		
			NOx [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – Maximum horaire					SO2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – Maximum horaire																		
			Etat initial	Projet	Variation relative	Etat initial	Projet (entrée 15h)	Variation relative	Projet (sortie)	Variation relative	Etat initial	Projet (entrée 15h)	Variation relative	Projet (sortie)	Variation relative	Etat initial	Projet (entrée 15h)	Variation relative	Projet (sortie)	Variation relative	Etat initial	Projet (entrée 15h)	Variation relative	Projet (sortie)	Variation relative	
1	-4.4515348	48.418727	3.63	4.93	36%	4.09	6.71	64%	4.59	12%	5.5E-03	6.9E-03	27%	5.7E-03	1.0E-02	84%	8.6E-03	52%	5.5E-03	6.9E-03	27%	5.7E-03	1.0E-02	84%	8.6E-03	52%
2	-4.451034	48.420376	2.30	3.25	42%	2.31	4.90	113%	2.85	24%	3.5E-03	4.7E-03	34%	3.5E-03	8.9E-03	154%	4.4E-03	25%	3.5E-03	4.7E-03	34%	3.5E-03	8.9E-03	154%	4.4E-03	25%
3	-4.4433899	48.419875	3.28	5.59	70%	3.27	6.27	92%	6.12	87%	5.4E-03	6.2E-03	15%	5.0E-03	9.2E-03	82%	9.0E-03	78%	5.4E-03	6.2E-03	15%	5.0E-03	9.2E-03	82%	9.0E-03	78%
4	-4.4437687	48.420991	2.72	3.81	40%	2.47	5.25	113%	3.78	53%	4.2E-03	4.4E-03	5%	3.6E-03	8.2E-03	128%	6.3E-03	75%	4.2E-03	4.4E-03	5%	3.6E-03	8.2E-03	128%	6.3E-03	75%
5	-4.4442762	48.421368	2.29	3.21	40%	2.47	4.76	93%	3.11	26%	3.4E-03	4.4E-03	29%	3.6E-03	8.0E-03	125%	4.5E-03	27%	3.4E-03	4.4E-03	29%	3.6E-03	8.0E-03	125%	4.5E-03	27%
6	-4.4455026	48.421956	2.15	2.99	39%	2.42	6.06	150%	3.04	25%	3.8E-03	4.8E-03	26%	3.8E-03	9.4E-03	146%	4.7E-03	23%	3.8E-03	4.8E-03	26%	3.8E-03	9.4E-03	146%	4.7E-03	23%
7	-4.4442148	48.42258	2.69	4.04	50%	2.77	7.24	161%	3.43	24%	4.0E-03	5.3E-03	31%	5.0E-03	1.0E-02	107%	6.1E-03	22%	4.0E-03	5.3E-03	31%	5.0E-03	1.0E-02	107%	6.1E-03	22%
8	-4.4413062	48.423252	3.42	5.21	53%	4.35	8.64	98%	4.66	7%	5.9E-03	7.4E-03	25%	6.6E-03	1.3E-02	97%	5.4E-03	-19%	5.9E-03	7.4E-03	25%	6.6E-03	1.3E-02	97%	5.4E-03	-19%
9	-4.443731	48.424259	2.86	3.36	18%	3.14	4.28	36%	2.79	-11%	4.4E-03	4.4E-03	0%	4.0E-03	5.5E-03	40%	4.7E-03	19%	4.4E-03	4.4E-03	0%	4.0E-03	5.5E-03	40%	4.7E-03	19%
10	-4.4400768	48.423338	4.11	5.89	43%	3.40	6.60	94%	3.96	17%	5.5E-03	8.1E-03	49%	5.3E-03	1.0E-02	89%	8.0E-03	51%	5.5E-03	8.1E-03	49%	5.3E-03	1.0E-02	89%	8.0E-03	51%
11	-4.4352172	48.424657	4.03	6.04	50%	4.75	6.53	38%	4.17	-12%	6.7E-03	8.2E-03	23%	6.3E-03	8.9E-03	40%	7.4E-03	17%	6.7E-03	8.2E-03	23%	6.3E-03	8.9E-03	40%	7.4E-03	17%
12	-4.4372062	48.420515	5.40	6.33	17%	4.88	6.61	35%	5.07	4%	8.8E-03	9.9E-03	12%	7.7E-03	1.1E-02	41%	8.2E-03	7%	8.8E-03	9.9E-03	12%	7.7E-03	1.1E-02	41%	8.2E-03	7%
13	-4.4373101	48.41946	5.55	7.39	33%	5.45	6.75	24%	6.53	20%	9.2E-03	8.5E-03	-7%	7.7E-03	9.4E-03	23%	1.0E-02	32%	9.2E-03	8.5E-03	-7%	7.7E-03	9.4E-03	23%	1.0E-02	32%
14	-4.4336784	48.41748	5.70	6.78	19%	5.52	6.20	12%	5.80	5%	9.7E-03	1.0E-02	6%	8.6E-03	8.4E-03	-3%	7.6E-03	-11%	9.7E-03	1.0E-02	6%	8.6E-03	8.4E-03	-3%	7.6E-03	-11%
15	-4.4415824	48.416712	3.33	4.65	40%	3.84	6.59	72%	5.26	37%	6.1E-03	6.8E-03	12%	5.7E-03	1.0E-02	77%	7.0E-03	24%	6.1E-03	6.8E-03	12%	5.7E-03	1.0E-02	77%	7.0E-03	24%
16	-4.443496	48.417027	3.52	5.24	49%	3.24	7.43	129%	5.61	73%	5.1E-03	7.2E-03	40%	5.9E-03	1.1E-02	94%	8.0E-03	37%	5.1E-03	7.2E-03	40%	5.9E-03	1.1E-02	94%	8.0E-03	37%
17	-4.4382351	48.414479	7.00	7.40	6%	6.32	8.62	36%	6.92	9%	1.0E-02	1.1E-02	6%	9.4E-03	1.3E-02	37%	1.1E-02	19%	1.0E-02	1.1E-02	6%	9.4E-03	1.3E-02	37%	1.1E-02	19%
18	-4.4255212	48.427779	1.77	1.60	-9%	1.24	2.86	130%	1.44	16%	2.6E-03	3.0E-03	13%	1.6E-03	4.3E-03	177%	1.8E-03	15%	2.6E-03	3.0E-03	13%	1.6E-03	4.3E-03	177%	1.8E-03	15%
19	-4.4477576	48.415083	1.71	1.88	10%	1.95	2.46	26%	2.13	9%	2.7E-03	3.5E-03	31%	2.5E-03	4.1E-03	63%	3.2E-03	27%	2.7E-03	3.5E-03	31%	2.5E-03	4.1E-03	63%	3.2E-03	27%
20	-4.4465698	48.420956	2.51	3.28	31%	2.55	5.16	103%	3.26	28%	4.3E-03	5.2E-03	20%	4.0E-03	8.8E-03	119%	4.9E-03	23%	4.3E-03	5.2E-03	20%	4.0E-03	8.8E-03	119%	4.9E-03	23%
21	-4.4465133	48.419684	5.23	6.08	16%	5.19	8.77	69%	5.82	12%	7.5E-03	9.4E-03	26%	7.5E-03	1.4E-02	81%	9.3E-03	24%	7.5E-03	9.4E-03	26%	7.5E-03	1.4E-02	81%	9.3E-03	24%
22	-4.445785	48.420427	2.80	3.21	15%	2.50	5.69	128%	3.86	55%	4.4E-03	5.0E-03	14%	4.0E-03	7.4E-03	86%	5.2E-03	30%	4.4E-03	5.0E-03	14%	4.0E-03	7.4E-03	86%	5.2E-03	30%
23	-4.4452515	48.422712	2.11	3.19	51%	2.34	5.41	131%	3.34	42%	3.0E-03	4.1E-03	37%	4.1E-03	8.8E-03	114%	5.4E-03	32%	3.0E-03	4.1E-03	37%	4.1E-03	8.8E-03	114%	5.4E-03	32%
24	-4.427055	48.423333	2.44	4.42	81%	2.80	5.92	111%	3.64	30%	3.9E-03	6.6E-03	71%	4.4E-03	8.7E-03	98%	5.3E-03	22%	3.9E-03	6.6E-03	71%	4.4E-03	8.7E-03	98%	5.3E-03	22%
Ecart maximum entre l'état initial et la situation projet en $\mu\text{g}/\text{m}^3$:			2.31	2.31		2.80	4.47		2.84		2.7E-03	2.7E-03		6.5E-03	6.5E-03		3.9E-03		2.7E-03	2.7E-03		6.5E-03	6.5E-03		3.9E-03	

La concentration modélisée pour le SO₂ apparaît négligeable en lien avec la faible contribution du transport routier. Comme indiqué précédemment, afin d'estimer la concentration attendue au niveau du site lors des jours de match, il est nécessaire d'ajouter le bruit de fond horaire. La valeur de 63.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été retenue, correspondant au maximum horaire du capteur mesuré à proximité du site lors de l'état initial (Tableau 4 et Figure 3). Cette valeur est généralement observée le matin lors des pics de trafic (Figure 4).

Les résultats pour le NO₂ considérant ce bruit de fond sont donc présentés Tableau 11 suivant pour l'état initial et la situation projetée.¹⁵

¹⁵ La valeur de bruit de fond pour le SO₂ n'est pas disponible en l'absence d'enjeux sanitaire autour de cette valeur dans la zone (hors zone industrielle ou pétrochimique).

Tableau 11: Résultats de la modélisation au niveau des récepteurs en tenant compte du bruit de fond horaire (micro-capteur)

Recepteur	Vendredi						Samedi						
	Position X	Position Y	Etat initial	Projet	Variation relative	Différence en µg/m3	NOx [µg/m3] – Maximum horaire						
							Etat initial	Projet (entrée 15h)	Variation relative	Différence en µg/m3	Projet (sortie)	Variation relative	Différence en µg/m3
1	-4.4515348	48.418727	67.16	68.46	2%	1.30	67.62	70.24	4%	66.15	68.12	1%	0.50
2	-4.451034	48.420376	65.83	66.78	1%	0.95	65.84	68.43	4%	66.12	66.38	1%	0.54
3	-4.4433899	48.419875	66.81	69.12	3%	2.31	66.80	69.80	4%	66.53	69.65	4%	2.84
4	-4.4437687	48.420991	66.25	67.34	2%	1.09	66.00	68.78	4%	66.31	67.31	2%	1.31
5	-4.4442762	48.421368	65.82	66.74	1%	0.92	66.00	68.29	3%	65.82	66.64	1%	0.64
6	-4.4465026	48.421956	65.68	66.52	1%	0.85	65.95	69.59	6%	67.17	66.57	1%	0.61
7	-4.4442148	48.42258	66.22	67.57	2%	1.35	66.30	70.77	7%	68.00	66.96	1%	0.66
8	-4.4413062	48.423252	66.95	68.74	3%	1.80	67.88	72.17	6%	67.81	68.19	0%	0.31
9	-4.4443731	48.424259	66.39	66.89	1%	0.50	66.67	67.81	2%	64.67	66.32	-1%	-0.35
10	-4.4400768	48.423338	67.64	69.42	3%	1.78	66.93	70.13	5%	66.74	67.49	1%	0.57
11	-4.4352172	48.424657	67.56	69.57	3%	2.01	68.28	70.06	3%	65.31	67.70	-1%	-0.58
12	-4.4372062	48.420515	68.93	69.86	1%	0.93	68.41	70.14	3%	65.26	68.60	0%	0.18
13	-4.4373101	48.41946	69.08	70.92	3%	1.84	68.98	70.28	2%	64.83	70.06	2%	1.08
14	-4.4336784	48.41748	69.23	70.31	2%	1.08	69.05	69.73	1%	64.22	69.33	0%	0.29
15	-4.4415824	48.416712	66.86	68.18	2%	1.32	67.37	70.12	4%	66.28	68.79	2%	1.42
16	-4.443496	48.417027	67.05	68.77	3%	1.72	66.77	70.96	6%	67.72	69.14	4%	2.38
17	-4.4382351	48.414479	70.53	70.93	1%	0.40	69.85	72.15	3%	65.83	70.45	1%	0.59
18	-4.4255212	48.427779	65.30	65.13	0%	-0.17	64.77	66.39	2%	65.15	64.97	0%	0.20
19	-4.4477576	48.415083	65.24	65.41	0%	0.17	65.48	65.99	1%	64.04	65.66	0%	0.17
20	-4.4465698	48.420956	66.04	66.81	1%	0.77	66.08	68.69	4%	66.15	66.79	1%	0.71
21	-4.4465133	48.419684	68.76	69.61	1%	0.85	68.72	72.30	5%	67.11	69.35	1%	0.62
22	-4.445785	48.420427	66.33	66.74	1%	0.41	66.03	69.22	5%	66.73	67.39	2%	1.36
23	-4.4452515	48.422712	65.64	66.72	2%	1.08	65.87	68.94	5%	66.60	66.87	2%	1.00
24	-4.427055	48.423333	65.97	67.95	3%	1.98	66.33	69.45	5%	66.65	67.17	1%	0.84

3.5 Analyse des incertitudes

Le présent document établit des estimations quantitatives des concentrations attendues dans le domaine d'étude. Cependant, il convient de noter que des incertitudes existent sur ces estimations.

3.5.1 Incertitudes liées à la géographie du site

3.5.1.1 Usage du sol

L'usage des sols a été considéré en utilisant la base de données CORINE Land Cover. Cette base de données concentre les données topographiques et d'occupation des sols à une résolution horizontale de 100 mètres ce qui est nettement inférieur à la résolution de la modélisation. Cependant, il convient de tempérer ce propos puisque la zone du site est essentiellement concernée par une seule catégorie d'occupation des sols de type zones artificialisées. De plus la considération des bâtiments permet de corriger cette incertitude.

3.5.1.2 Topographie

Pour la même raison que l'usage des sols, l'écart de résolution entre la topographie et le modèle physique de dispersion des polluants pourrait amener à de mauvaises représentations de certains phénomènes météorologiques. Comme nous l'avons évoqué juste au-dessus le domaine d'étude est localisé en zone urbaine et la topographie est donc de nature artificielle (bâtiments, routes, etc.). Cependant, cette topographie artificielle est représentée explicitement par la BD TOPO et vient donc palier au problème de résolution de la base de données topographique. Au droit du site, la topographie est relativement plane.

3.5.2 Incertitudes liées aux rejets

3.5.2.1 Trafic

Les données trafic (comptage des véhicules) sont issues de mesures réalisées lors d'une campagne en 2018 sur certains axes routiers. Elles constituent donc des données caractéristiques mais non exhaustives du trafic réel.

Pour le projet, les données trafics transmis par SCE ne couvrent pas l'ensemble du réseau et mettent en évidence un certain nombre de discontinuités dans la redistribution des flux. Cet aspect a été corrigé en redistribuant le trafic sur les axes voisins ou les continuités de route, tout en considérant une contribution des activités locales (en particulier pour la Zone artisanale au Nord du site). Certains axes ont de ce fait été recréés (parkings par exemple) pour augmenter la représentativité du modèle.

D'autre part, les données extrapolées sur les autres axes sont des données trafic considérant la classe de routes avec 4 classes différentes (autoroute, route secondaire, résidentielle et rue piétonne). Cette classification peut amener à simplifier le réseau routier.

Facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions utilisés pour calculer les émissions issues du trafic routier sont issus du Guide OMINEA du CITEPA. Les facteurs d'émission sont pour la plupart déterminés en banc d'essai et dans des conditions idéales de laboratoire. Ces conditions peuvent ne pas être totalement représentatives et varier en fonction de la conduite des automobilistes. Ceci peut être en particulier le cas en cas d'embouteillage (entrée ou sortie de stade) ou les émissions des véhicules pourraient

être différents. Considérant les technologies de certains véhicules (stop and go par exemple), il n'est pas possible d'estimer l'incidence de ce facteur sur les émissions.

Selon le CEREMA, l'incidence sur la vitesse moyenne sur l'infrastructure routière peut conduire en un impact positif ou négatif sur la qualité de l'air :

- Positif si les périodes de congestion sont supprimées et que la vitesse moyenne hors congestion reste stable.
- Négatif si la vitesse moyenne hors congestion est augmentée (ex. vitesse moyenne chargée à 70km/h à 100km/h en trafic fluide). En effet, les émissions unitaires seront augmentées.

Ceci a une incidence sur les recommandations (mesures ERC).

Composition du parc automobile

Les hypothèses concernant la composition du parc automobile sont issues des données de l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) de 2010. Ces données sont des standards à l'échelle nationale et ne sont potentiellement pas représentatives du parc automobile locale. En effet, les normes des véhicules ont tendance à être plus strictes et à réduire les émissions en lien avec ces émissions. De la même manière des véhicules moins polluants se développent (véhicules électriques) et la flotte de véhicules identifiée par l'IFSTAR en 2025 est globalement susceptible d'être plus émissive que la flotte future de 2028 ou 2030 (estimation de la mise en service du stade). Cette hypothèse conduit donc à une légère surestimation des résultats de concentration.

Variabilité temporelle des émissions

Le trafic a été considéré comme constant pendant tout l'année. Pour cette étude, nous cherchons à calculer la concentration maximale induite par le trafic du stade, correspondant au maximum horaire en considérant :

- Que l'ensemble du flux de véhicule circule sur les axes routiers pendant cette période, sans modulation du flux sur cette heure
- Que cette situation se produit toute l'année sur l'ensemble des 8760 conditions météorologiques horaires (1 an de données horaires). En effet, il n'apparaît pas cohérent de limiter cela aux horaires des matches, cela limiterait les situations météorologiques à 52 événements (nombre de semaines) avec le risque de ne pas capturer la situation météorologique la plus pénalisante.

Ces hypothèses sont relativement pénalisantes et permettent d'identifier les pics horaires en considérant une circulation régulière et maximale sur les axes routiers avant et après matches.

Incertitudes liées à la chimie

Il n'a pas été pris en compte de chimie atmosphérique pour les polluants et ont donc été modélisés sous une forme inerte. Les caractéristiques chimiques des polluants (solubilité, modification par oxydoréduction...) pourraient induire une surestimation des valeurs dans notre étude pour certains polluants (NO₂, COV, ...) mais peut conduire à une sous-estimation des valeurs en PM_{2.5} ou Ozone (polluants secondaires).

Les émissions ont été considérées en NO_x. Les concentrations sont retenues en NO₂ afin de pouvoir les comparer aux valeurs de l'OMS. Il a été considéré un ratio NO_x/NO_x = 1 pour cette étude ce qui conduit en une surestimation des résultats.

3.5.2.2 *Incertitudes liées aux rejets voisins et au bruit de fond*

Les rejets routiers en lien avec le projet de stade ont été pris en compte, mais les rejets en lien avec d'autres projets (logements voisins en projet) n'ont pas été évalués en l'absence d'évaluation d'incidence sur le trafic routier. Cette contribution est toutefois anticipée comme étant négligeable par rapport au flux de véhicules dans la situation de matchs. Une augmentation moyenne du trafic est attendue en lien avec ces projets mais avec une incidence sur la concentration moyenne annuelle.

Le bruit de fond a été considéré en tenant compte de la valeur mesurée par un micro-capteur sur le site. La valeur maximale horaire a été retenue, bien que cette valeur est généralement observée le matin lors des pics de trafic (Figure 4). Cela induit une surestimation du résultat.

Cependant la position du capteur (éloigné des axes à fort trafic comme la RN) est susceptible de sous-estimer la valeur max mesurée du fait de l'éloignement. Ceci induit une sous-estimation des valeurs maximales horaires pour les récepteurs proches de la RN. On estime toutefois que cette sous-estimation est compensée par la surestimation précédente en retenant la valeur maximale mesurée sur toute la période.

3.5.2.3 *Incertitudes liées à la météorologie*

Lessivage et dépôt sec

Les dépôts secs et humides n'ont pas été pris en compte dans cette étude. Le dépôt sec et le lessivage des couches atmosphériques par la pluie pourraient influencer les résultats des concentrations. Ce choix de modélisation est pénalisant pour les concentrations ambiantes qui sont alors potentiellement surestimées.

Durée considérée

Les données météorologiques considérées couvrent une période d'une année spécifique (2018). Cette année n'est potentiellement pas représentative de la météorologie locale sur une plus grande période et il existe des incertitudes sur l'évolution de ces conditions météorologiques sur les horizons de l'étude en lien avec le changement climatique. De plus, le décalage de 15° vers l'Est des simulations WRF par rapport à la réalité induit également des incertitudes.

3.6 Proposition de mesures ERC

Le tableau ci-dessous présente des propositions de mesures pour éviter ou réduire les effets du projet sur la qualité de l'air. Il n'existe pas de mesures compensatoires pour l'air connues à ce jour dans le domaine des transports.

Ces mesures sont techniques ou organisationnelles et leurs coûts globaux sont évalués de manière sommaire. L'efficacité attendue de chacune des recommandations est également présentée. Ces mesures pourront être adaptées en fonction de la circulation réelle observée après un ou plusieurs matchs.

Tableau 12 : Proposition de mesures ERC

Mesures organisationnelles ou techniques proposées	Commentaire/détail	Coût estimé	Efficacité attendue
Choix de la période de travaux en fonction des pics de circulation afin d'éviter l'incidence sur le trafic global	Phase travaux	Faible	Moyenne
Bâchage systématique des camions de chantier pour réduire les émissions de poussières	Peut être complété par des systèmes d'aspersion Impacts sur les PM seulement	Faible	Elevée
Utilisation de produits ne contenant pas de solvants lors des travaux		Elevée	Faible
Utilisation de filtres à particules pour les véhicules de chantier avec moteurs diesel	Phase travaux	Modérée	Elevée
Restriction de circulation de certains véhicules	Vigilance sur l'accessibilité des populations pour ne pas exclure certaines personnes	Modérée	Elevée
Régulation des vitesses de circulation	Optimisation de la circulation afin de limiter la congestion et fluidifier le trafic	Modérée	Modérée
Adapter les horaires des transports en commun et communiquer sur leurs avantages		Faible	Modérée
Encourager l'utilisation de navettes électriques		Elevée	Faible
Proposer un forfait tarifaire pour l'entrée au stade qui inclus les transports en commun		Faible	Modérée
Communiquer sur les avantages (couts, rapidité) de l'utilisation des navettes ou des transports en communs		Faible	Elevée
Encourager le co-voiturage		Faible	Modérée
Panneaux d'affichage et circulation dynamique adaptée	Adapter les itinéraires et la vitesse en temps réel pour fluidifier le trafic	Modérée	Elevée
Mesurer le trafic induit lors des jours de match et adapter la circulation et les filtrages au fil de l'eau	Permet de mettre à jour les études trafic projet et d'avoir une meilleure vision de la situation réelle.	Faible	Elevée
Mettre en place des emplacements vélos sécurisés pour encourager la mobilité multimodale	Participe également à limiter les petits déplacements	Faible	Elevée
Orienter la circulation des engins dans certains axes évitant les récepteurs sensibles	Phase travaux en particulier	Faible	Elevée
Développer des écrans de verdure pour protéger les piétons et populations sensibles le long des axes majeurs	Vigilance sur l'aspect Pollen et sur l'éventuelle accumulation des polluants (prévention de la dispersion) en fonction de la configuration	Faible	Modérée
Contrôler la qualité de l'air intérieur et extérieur à proximité des établissements sensibles (écoles, crèches,...) présentant une dégradation additionnelle de la qualité de l'air en lien avec les projets	Suite à ces mesures, des actions plus spécifiques localement devront être mises en œuvre	Modérée	Elevée
Confirmer les flux de circulation lors des matchs		Faible	Modérée
Contrôler la qualité de l'air lors des matchs à l'aide de micro-capteurs afin de mesurer les pics pour les NO2	Permet de confirmer l'absence de risques sanitaires et d'adapter les conditions de circulation en cas de valeurs élevées.	Modérée	Modérée

4 CONCLUSION

Dans le cadre de l'évaluation de l'impact du projet de stade, impliquant des aménagements routiers et la construction d'une infrastructure, ATMOTERRA a produit :

- une estimation des émissions trafic pour les principaux polluants et plus spécifiquement pour le NO₂, polluant traceur du trafic routier,
- Cinq modélisations des concentrations (maximum horaires) dans l'air pour le NO₂ et SO₂ ont été réalisées comme suit :
 - Scenario 1 : Avant et Après Match le vendredi soir (de 18h30 à 19h30 et de 22h à 23h) ;
 - Scenario 2 : Avant Match le Samedi après-midi (de 15h30 à 16h30) ;
 - Scenario 3 : Après Match le Samedi soir (de 19h à 20h) ;
 - Situation actuelle sans Match (situations de référence):
 - le vendredi
 - Le samedi
- une comparaison de ces valeurs projetées, tenant compte du bruit de fond mesure lors de l'état initial, avec les valeurs réglementaires et sanitaires adaptées,
- et enfin, une proposition d'Évitement, de Réduction et de Compensation (ERC) des impacts du projet.

Les résultats des estimations **des émissions** tous polluants confondus confirment en majorité une très légère hausse des émissions de la situation actuelle à la situation future sans projet. Les émissions routières en lien avec un match représentent moins de 0,01% des émissions routières annuelles de la commune de Guipavas. En faisant l'hypothèse majorante qu'il y ait un match toutes les 2 semaines (soit 25/an), les émissions du projet représenteraient moins de 0.037% des émissions routières annuelles de la commune de Guipavas (tous polluants confondus).

Concernant les **concentrations en SO₂**, les concentrations attendues (max horaires) sont négligeables (contribution du projet +0.0065 µg/m³ au maximum) par rapport aux valeurs réglementaires ou sanitaires (350 µg/m³). Ce polluant n'est pas un polluant à enjeu sur la zone en lien avec le trafic routier (faible teneur en soufre des carburants).

Concernant les **concentrations en NO₂**, les projets cumulés auront un impact variable sur les concentrations :

- Certains récepteurs voient leurs **concentrations augmenter** en lien avec l'augmentation du trafic et la modification de l'architecture locale et la densification de l'habitat qui tendance à contraindre les polluants le long des axes routiers ;
- D'autres récepteurs voient leurs **concentrations diminuer légèrement** en lien avec la baisse du trafic et la modification de l'architecture locale ;
- La plupart des récepteurs ont des **concentrations qui sont relativement similaires** aux concentrations calculées pour l'état sans projet suggérant que l'augmentation du trafic dans certain axes est globalement relativement faible

La contribution maximale du projet est de +4.47 µg/m³ au maximum au niveau des récepteurs sélectionnés par rapport à la situation initiale. Ceci induit une concentration maximale (tenant compte du bruit de fond maximal mesuré lors de l'état initial à proximité du site) de 72.30 µg/m³. **Cette valeur maximale horaire en période de match est significativement inférieure à la valeur recommandée par l'OMS et la valeur limite réglementaire (200 µg/m³ sur 1h).**

Ces informations confirment l'impact faible des matchs sur la qualité de l'air dans un environnement proche lors des jours de match.

Il convient cependant de noter que ces estimations sont basées sur des estimations du trafic attendu et des compositions du parc routier futur. Ces éléments présentent des incertitudes significatives, comme présentées dans ce rapport.

L'amélioration de la qualité de l'air est directement liée à la réduction de la circulation automobile autour du stade. Ainsi, les mesures de reports modales seront à privilégier et à encourager en particulier pour le recours au transport en commun au vélo ou à la marche avant le recours aux navettes et la mise à disposition des parkings aux abords du site. La fluidification du trafic est également un enjeu important permettant de réduire les émissions atmosphériques.

Des mesures réelles de trafic routier et éventuellement de qualité de l'air (micro-capteur pour le NO₂) permettraient également de confirmer la cohérence des hypothèses sélectionnées et l'absence de risque sanitaire pour les populations proches du projet.

ANNEXES

Annexe 1 Données de trafic routier

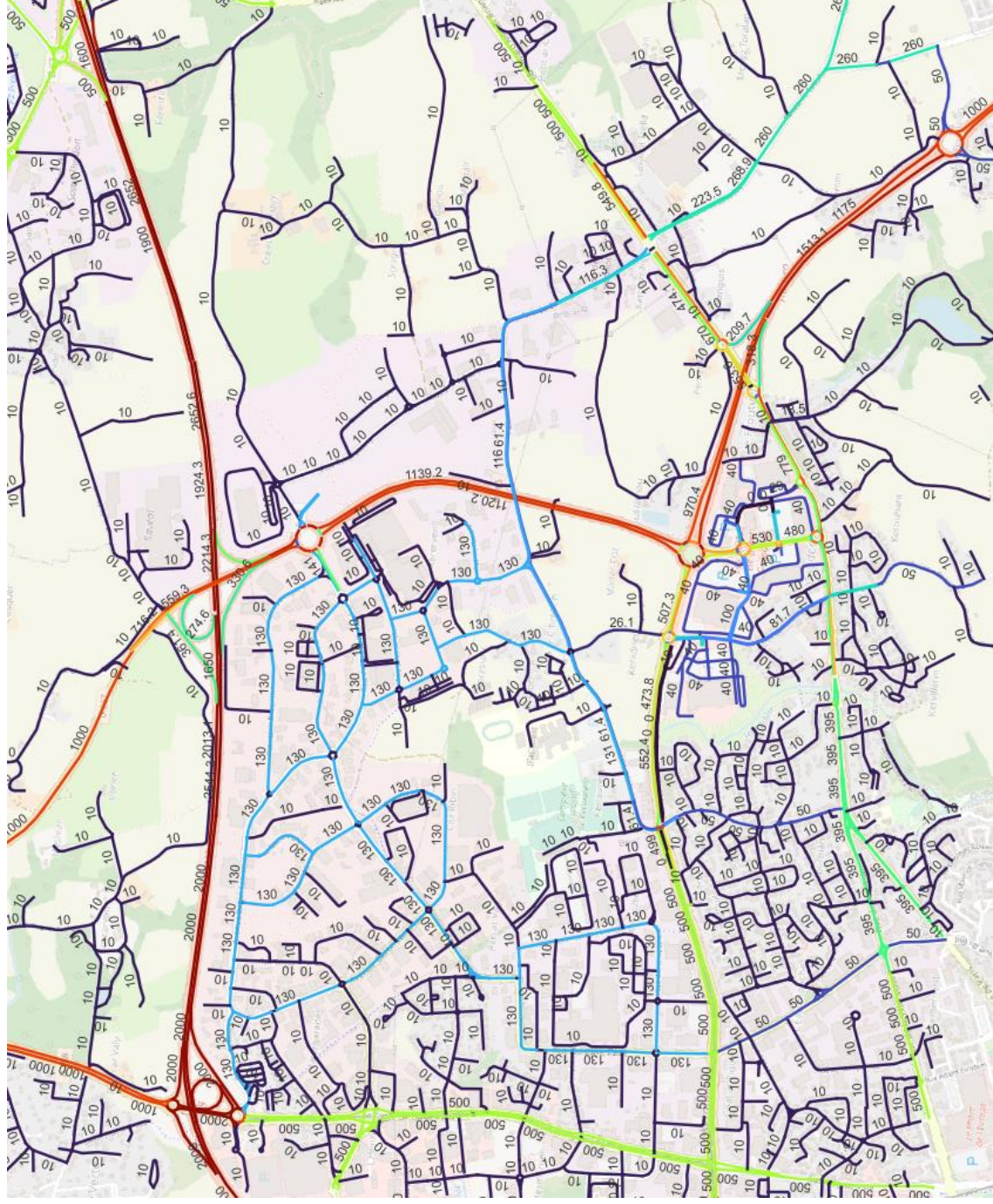


Figure 14 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers – Vendredi – hors projet (véhicule/heure)

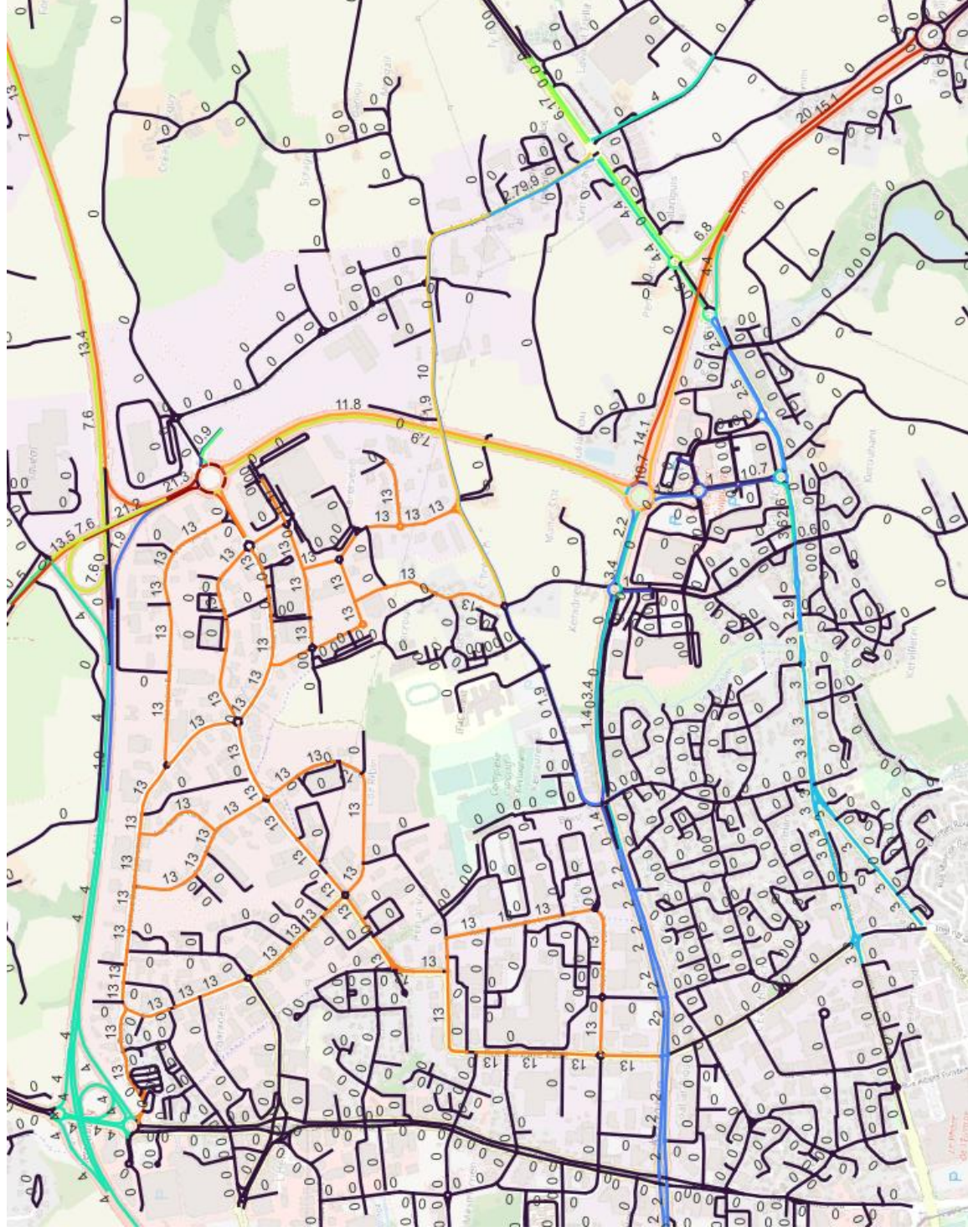


Figure 15 : Trafic reconstituée pour les Poids Lourds – Vendredi – hors projet (véhicule/heure)

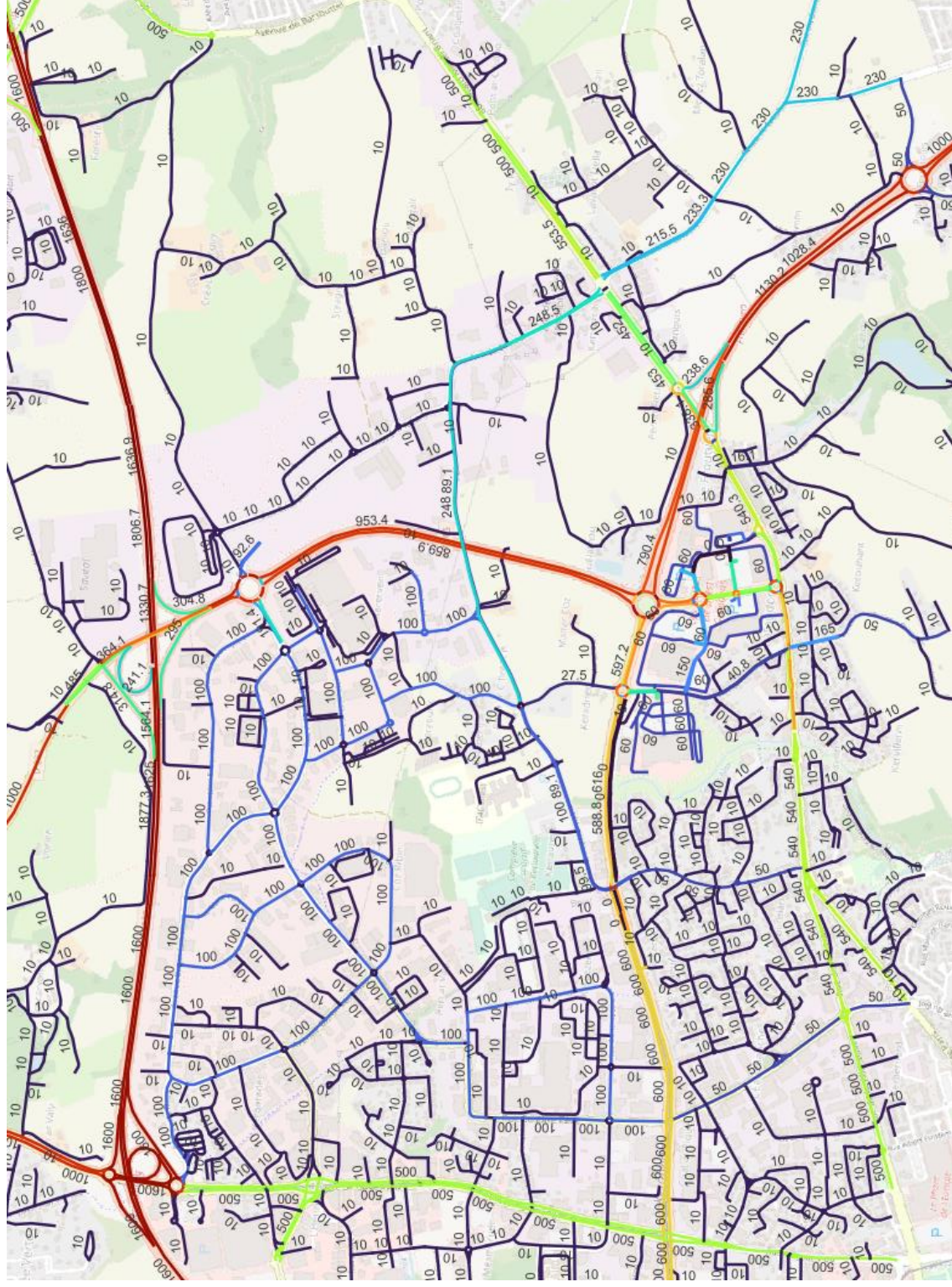


Figure 16 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers – Samedi – hors projet (véhicule/heure)

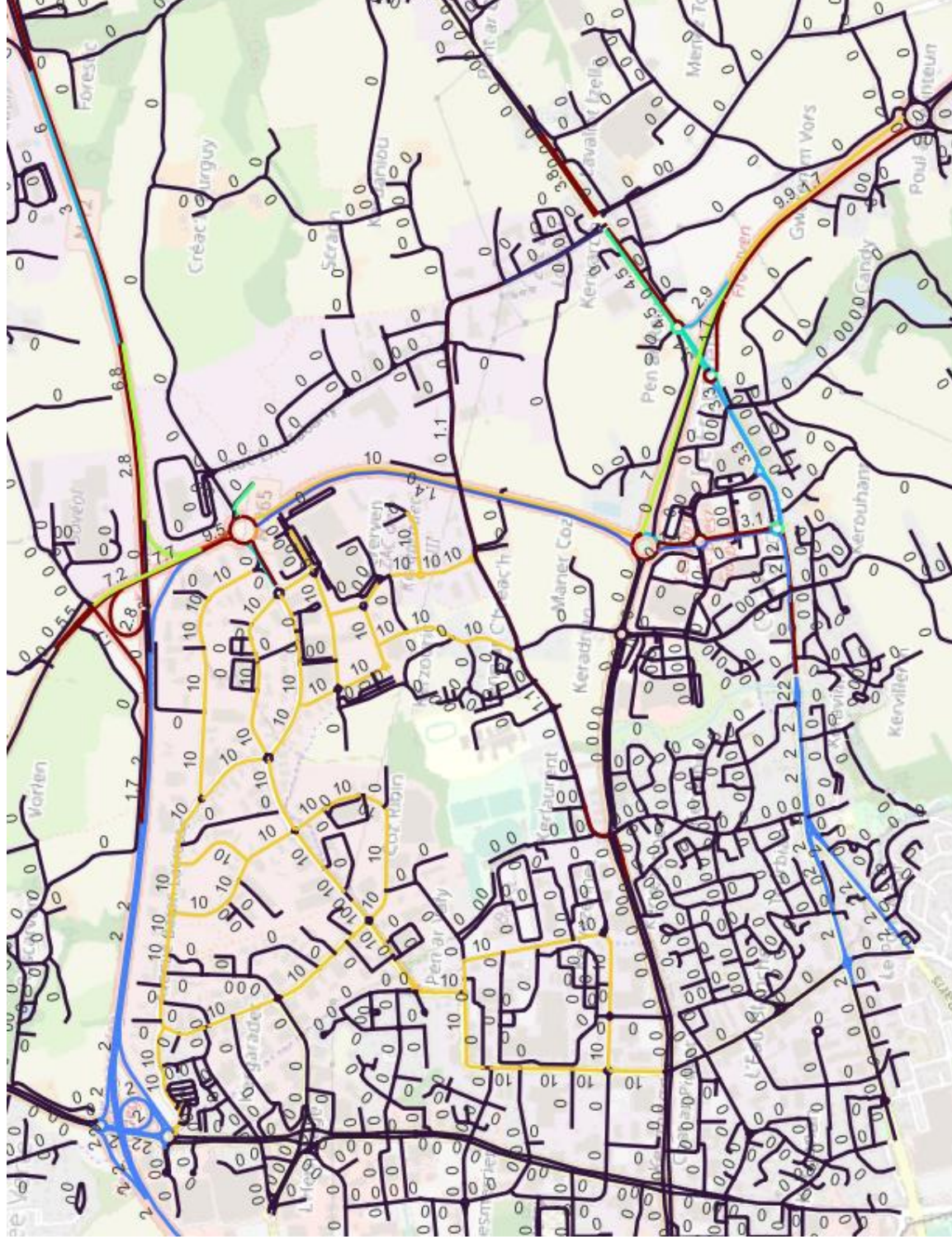


Figure 17 : Trafic reconstituée pour les Poids Lourds – Samedi- hors projet (véhicule/heure)

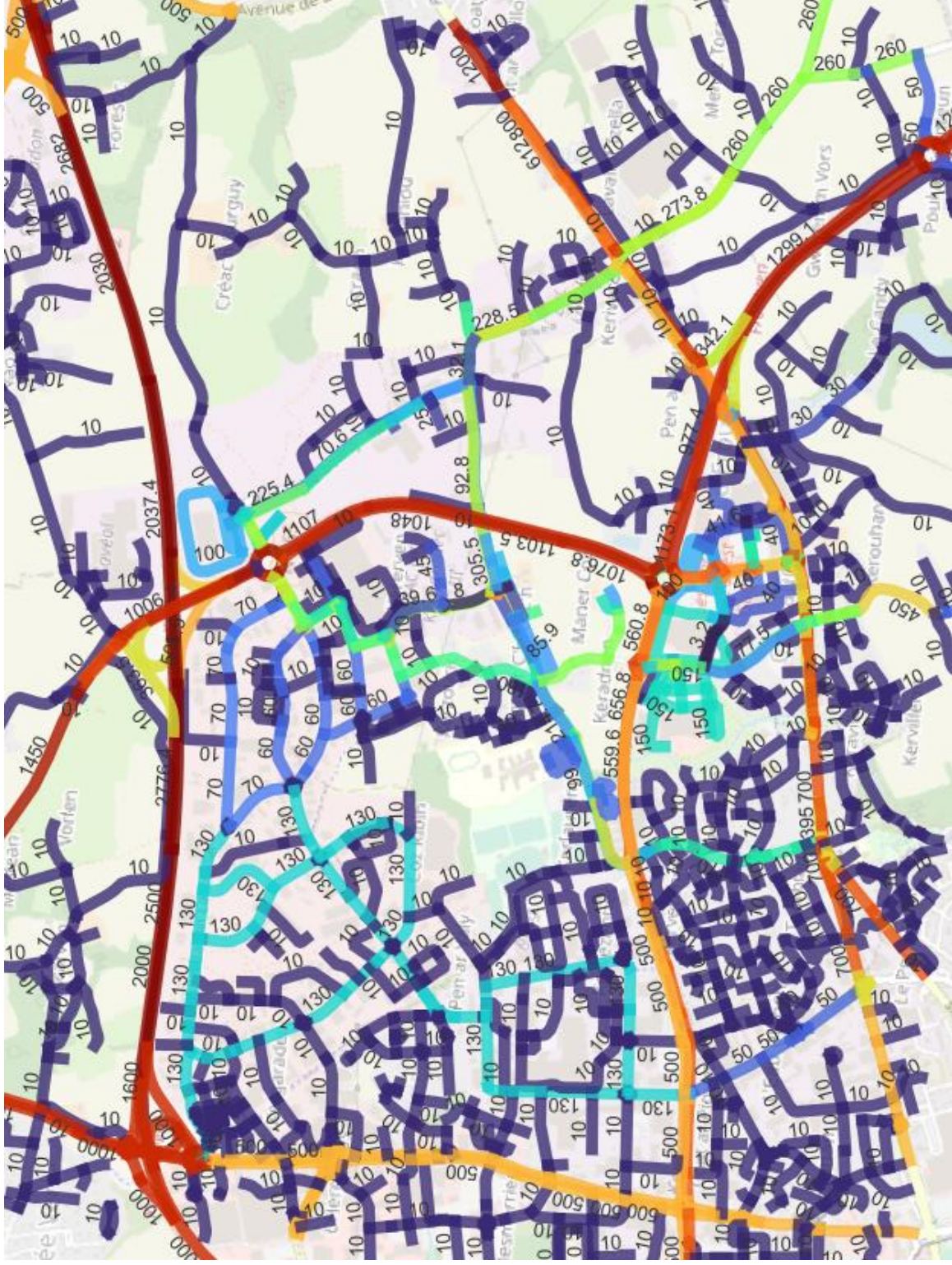


Figure 18 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers - Vendredi- Jour de Match (véhicule/heure)

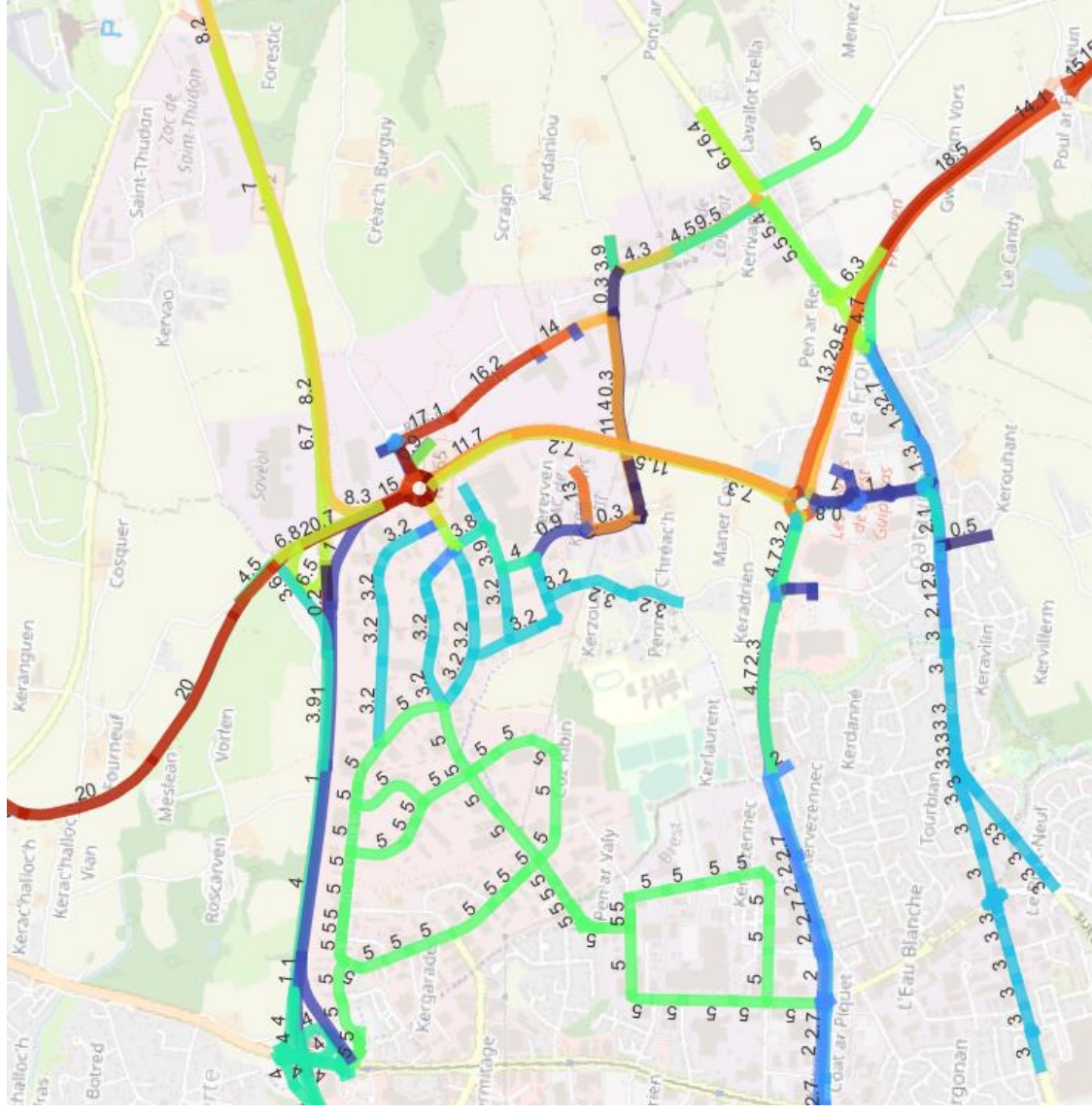


Figure 19 : Trafic reconstituée pour les Poids Lourds - Vendredi – Jour de Match (véhicule/heure)

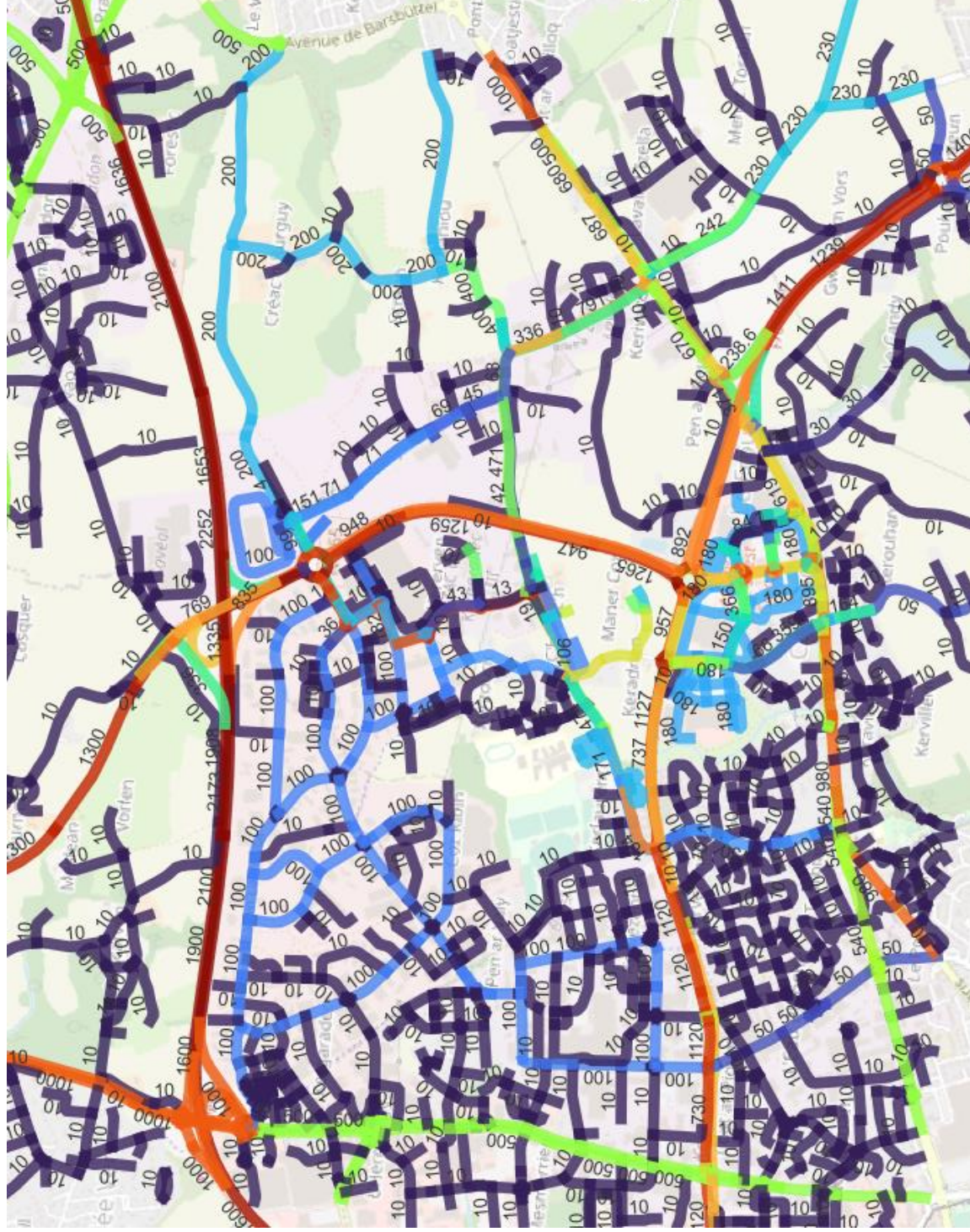


Figure 20 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers - Samedi- Jour de Match - Entrée (véhicule/heure)

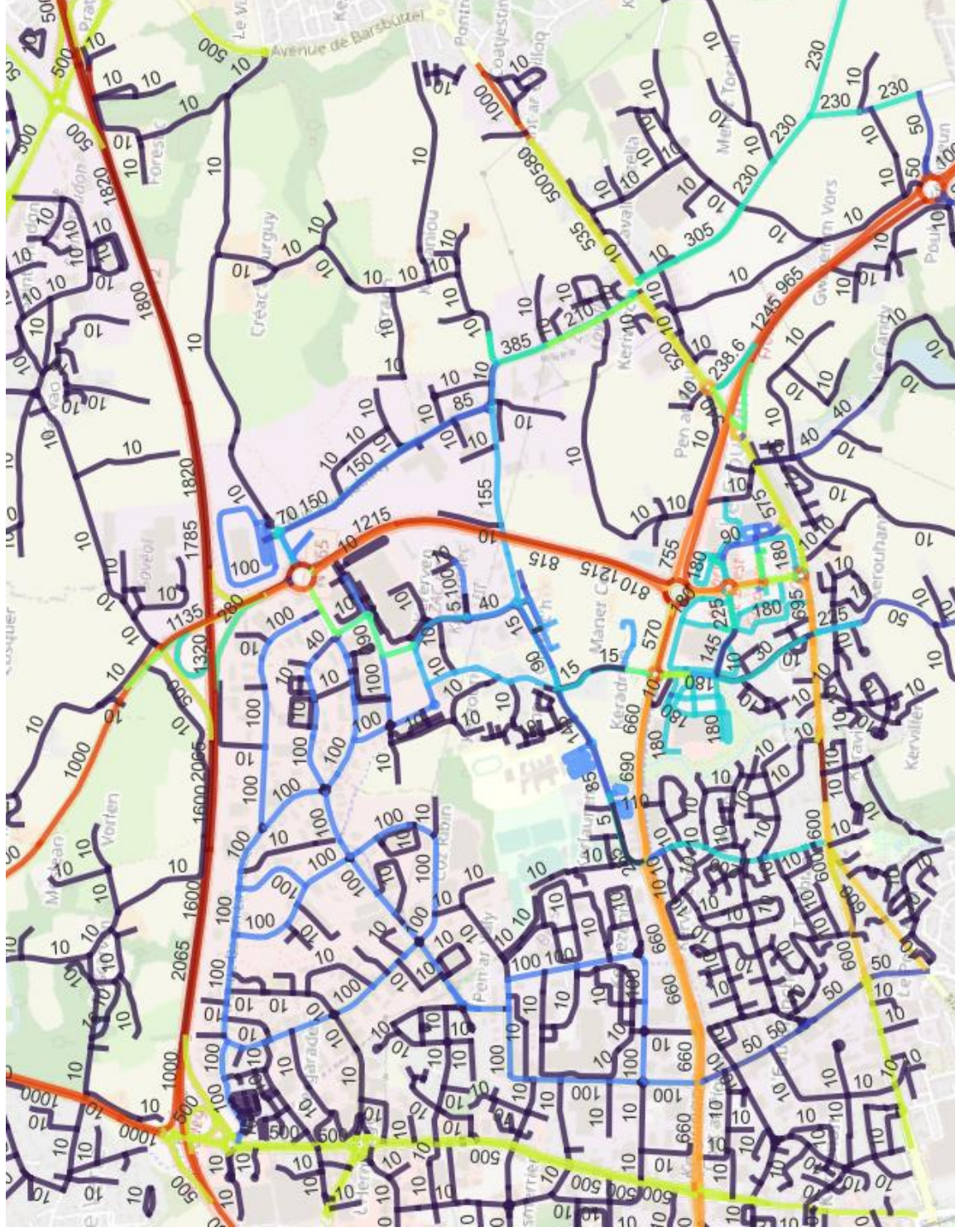


Figure 22 : Trafic reconstituée pour les Véhicules Légers - Samedi - Jour de Match - Sortie (véhicule/heure)

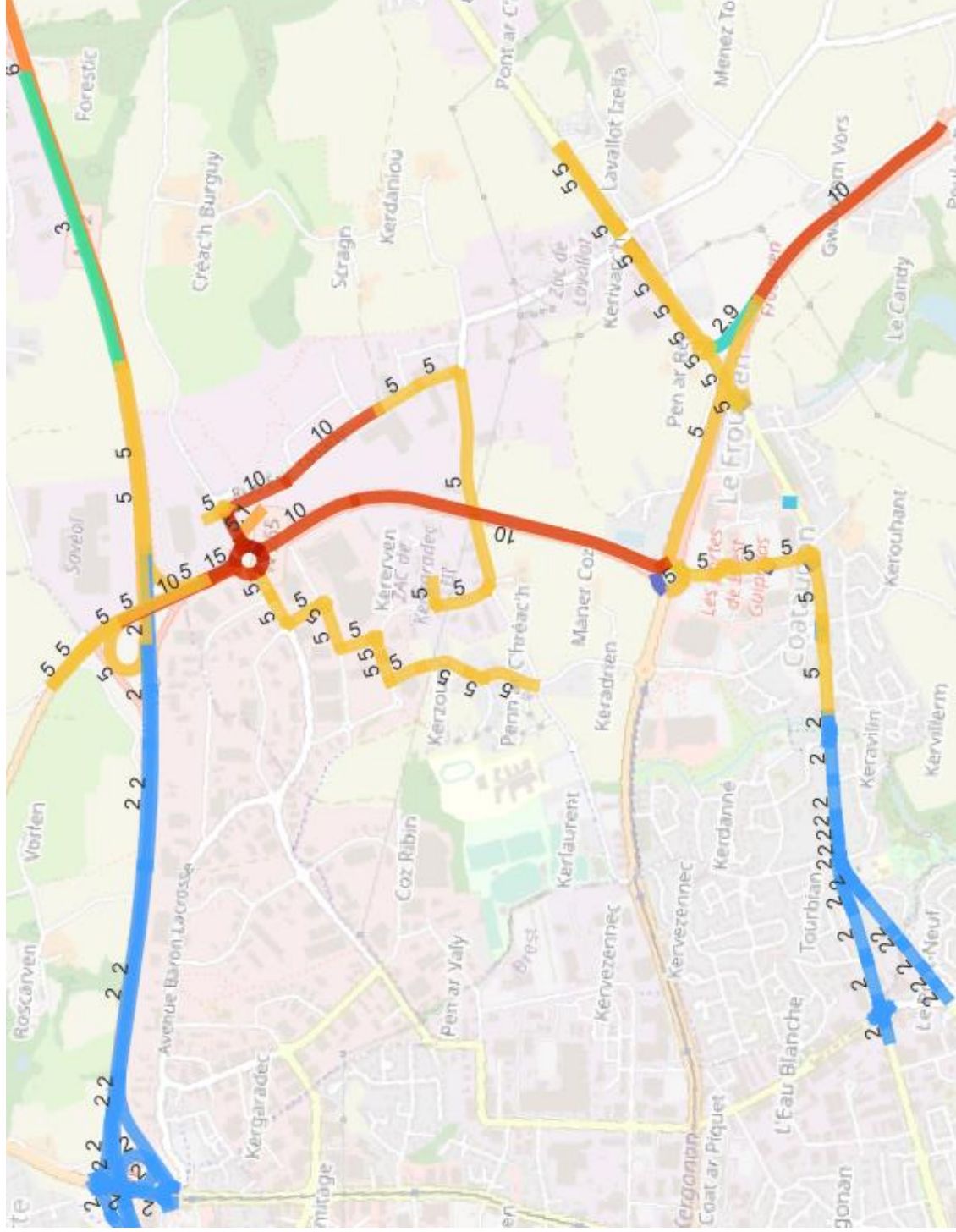
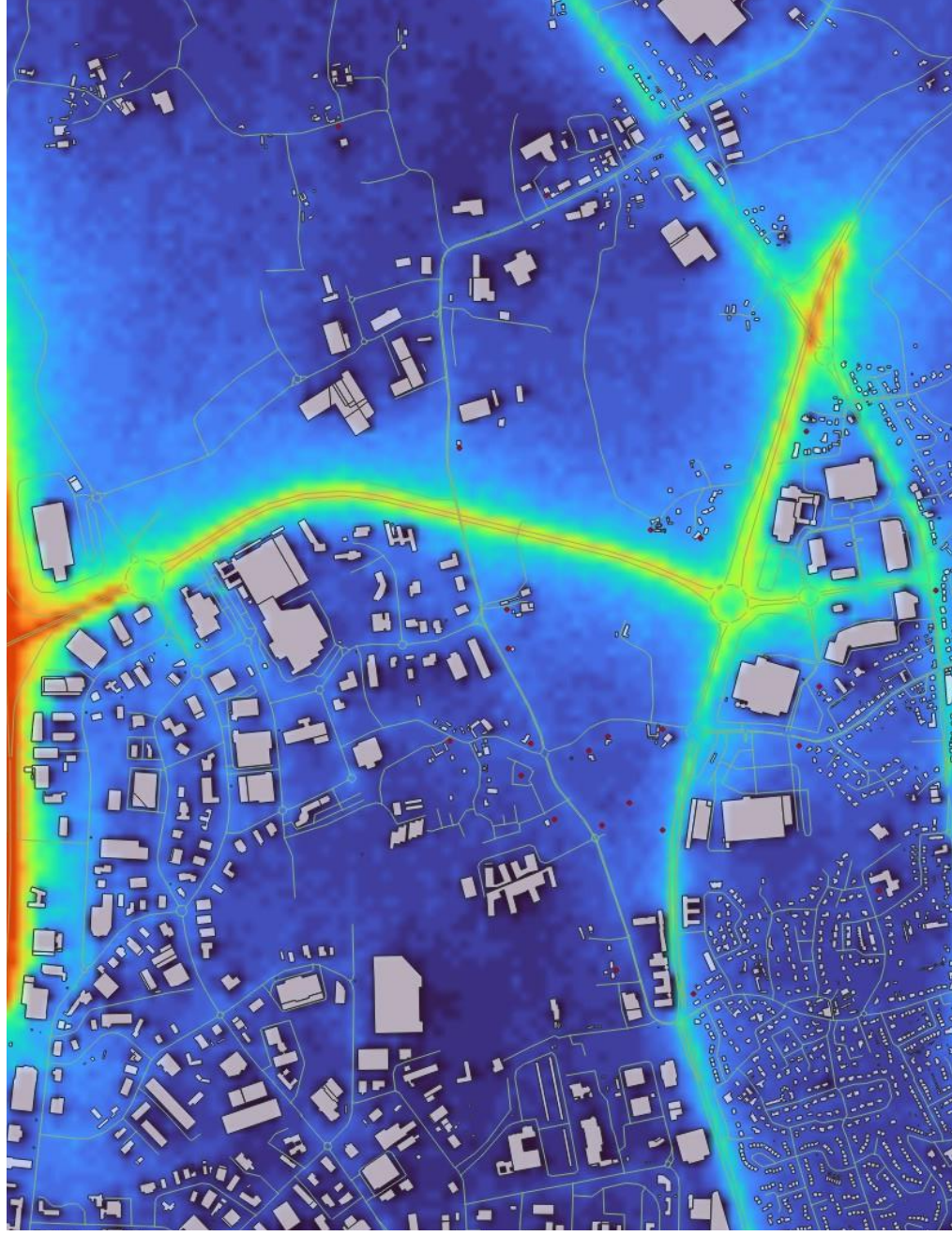


Figure 23 : Traffic reconstituée pour les Poids Lourds - Samedi- Jour de Match - Sortie (véhicule/heure)

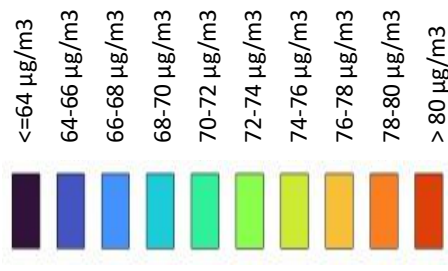
Annexe 2 Cartographie des concentrations modélisées

Note : Les cartographies présentées ci-dessous mettent en évidence les concentrations modélisées pour le NO₂, auxquelles ont été ajoutées la valeur du bruit de fond (valeur maximal horaire mesurée par le capteur lors de l'état initial)



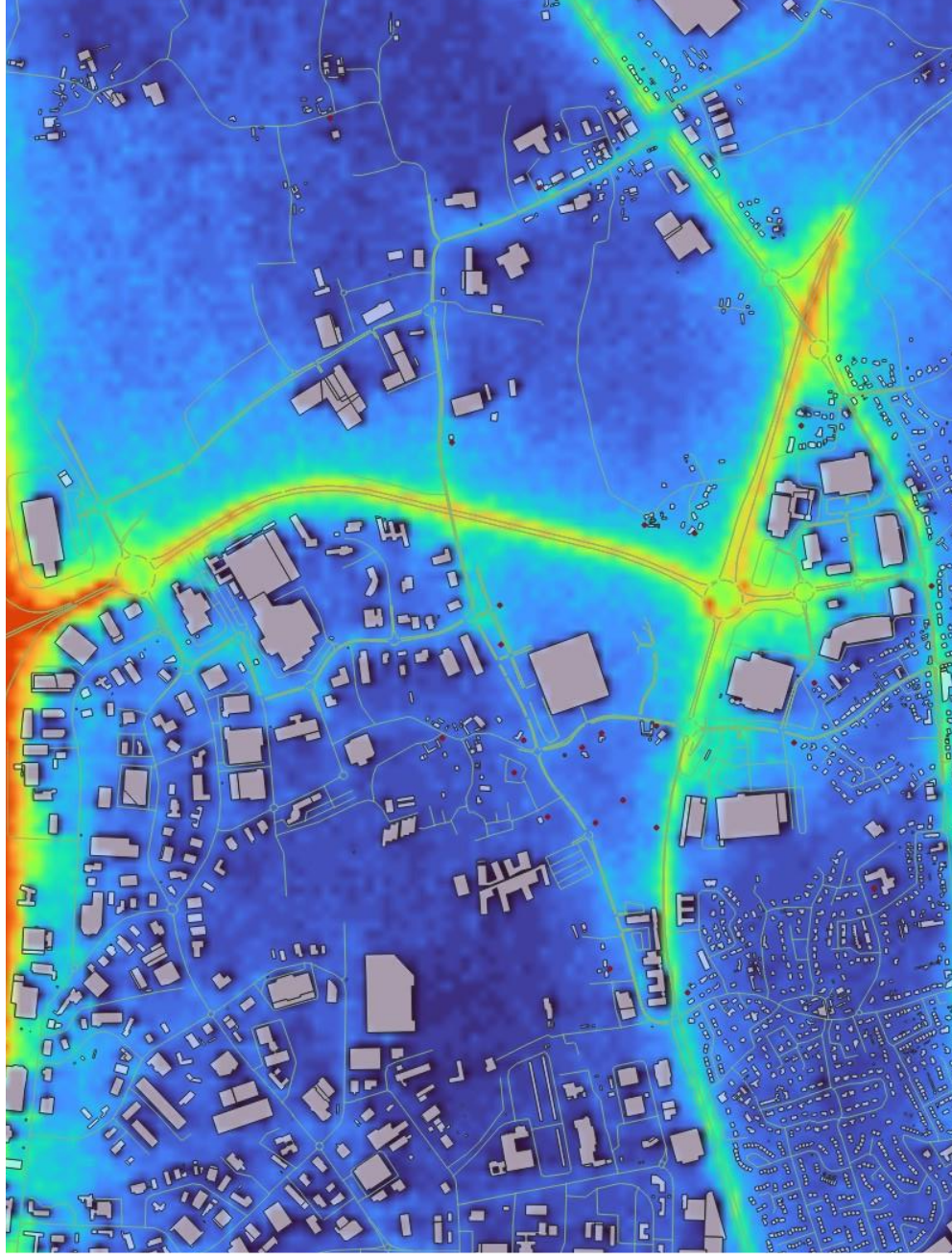
**Résultats de la modélisation
NO2 – Maximal horaire
Etat initial (hors match)
Situation Vendredi**

Concentration maximale horaire
(NO₂)



Etude d'impact sur la qualité de
l'air du projet de stade de Brest
Holdisports

ATMOTERRA – 77127-RN002



Résultats de la modélisation NO2 – Maximal horaire

Projet

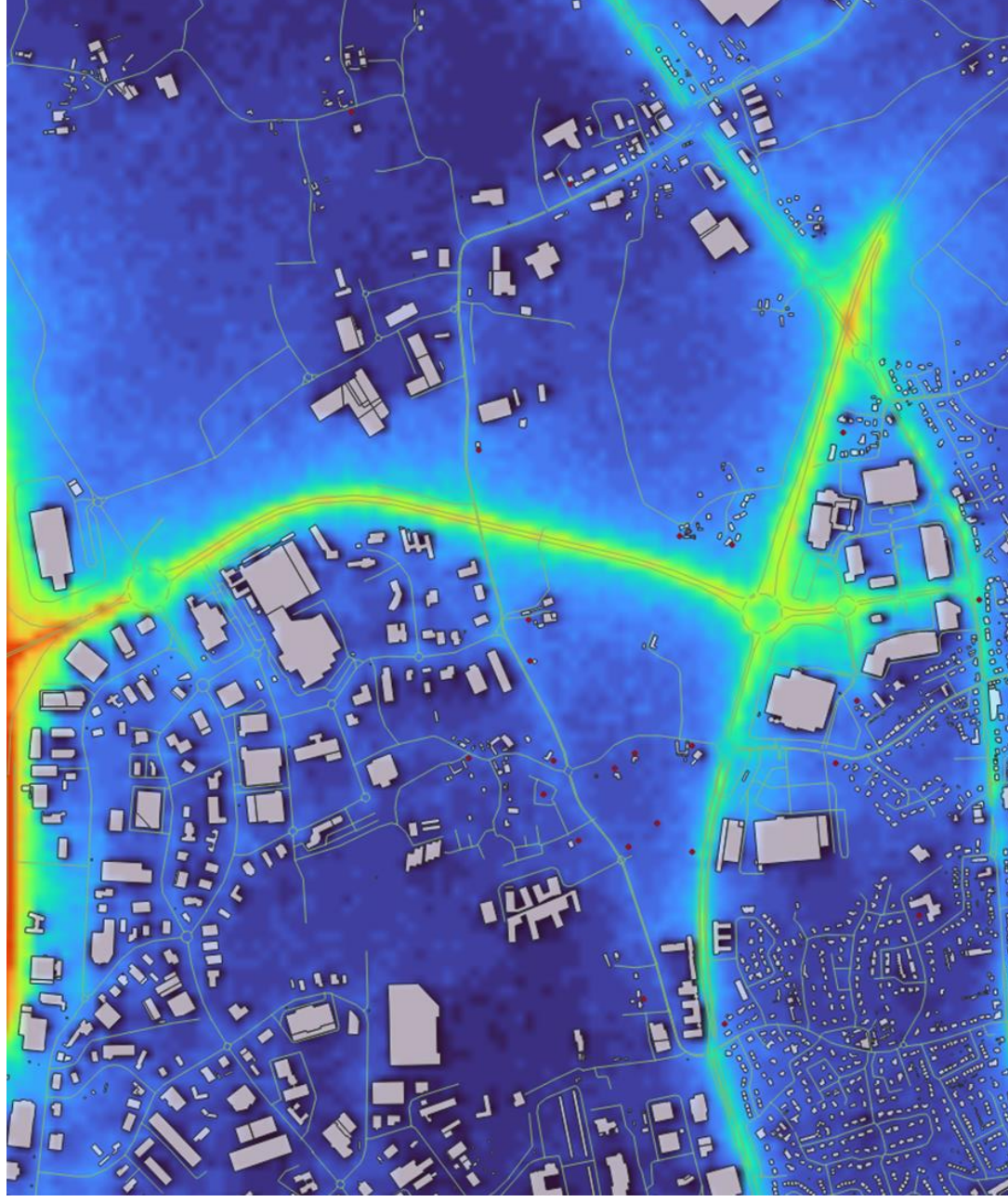
Situation Vendredi

Concentration maximale horaire
(NO2)



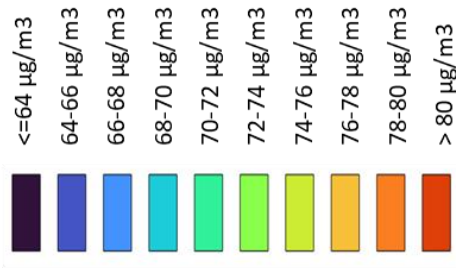
Etude d'impact sur la qualité de
l'air du projet de stade de Brest
Holdisports

ATMOTERRA – 77127-RN002



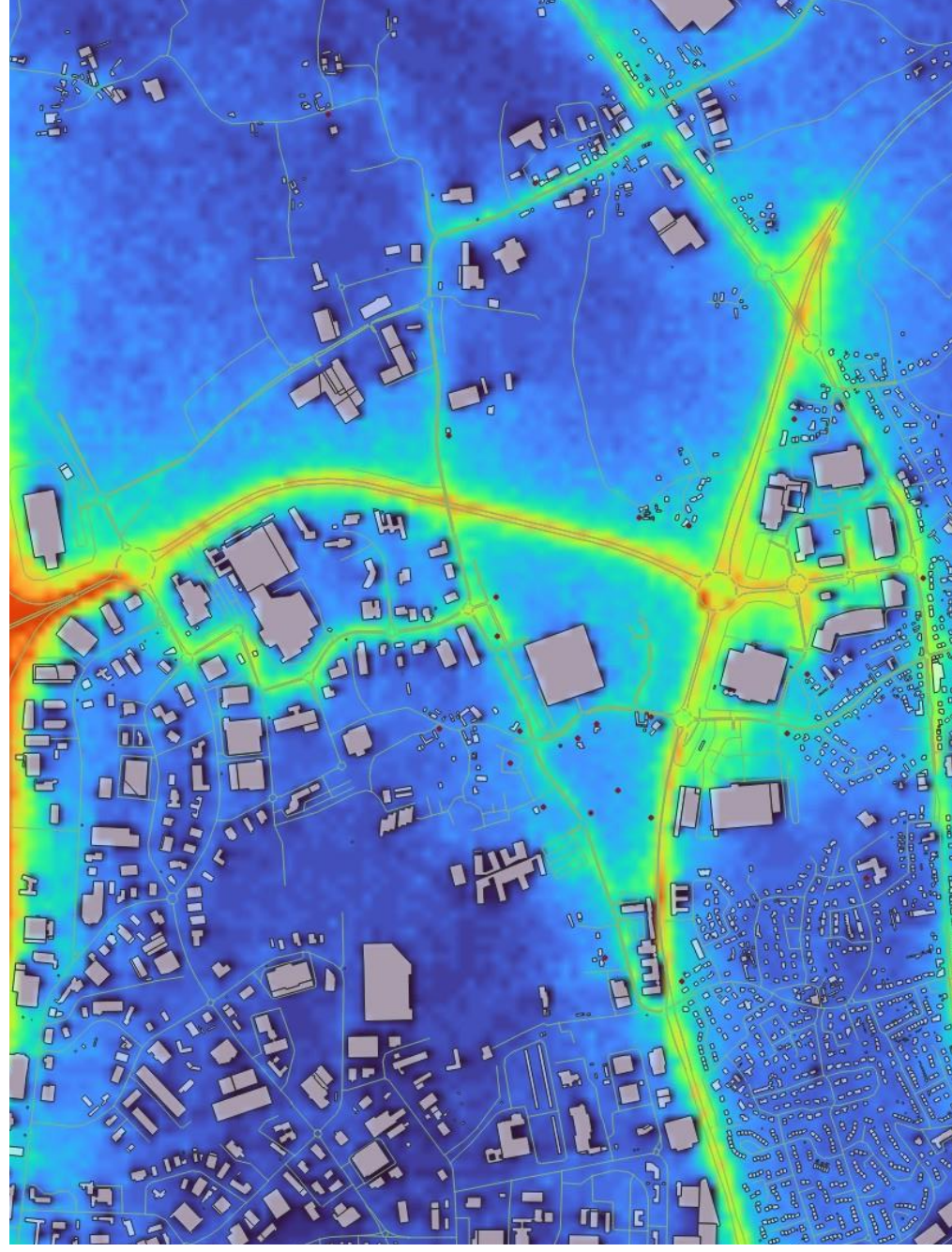
Résultats de la modélisation
NO2 – Maximal horaire
Etat initial (hors match)
Situation Samedi

Concentration maximale horaire
(NO2)



Etude d'impact sur la qualité de
l'air du projet de stade de Brest
Holdisports

ATMOTERRA – 77127-RN002



**Résultats de la modélisation
NO2 – Maximal horaire
Projet**

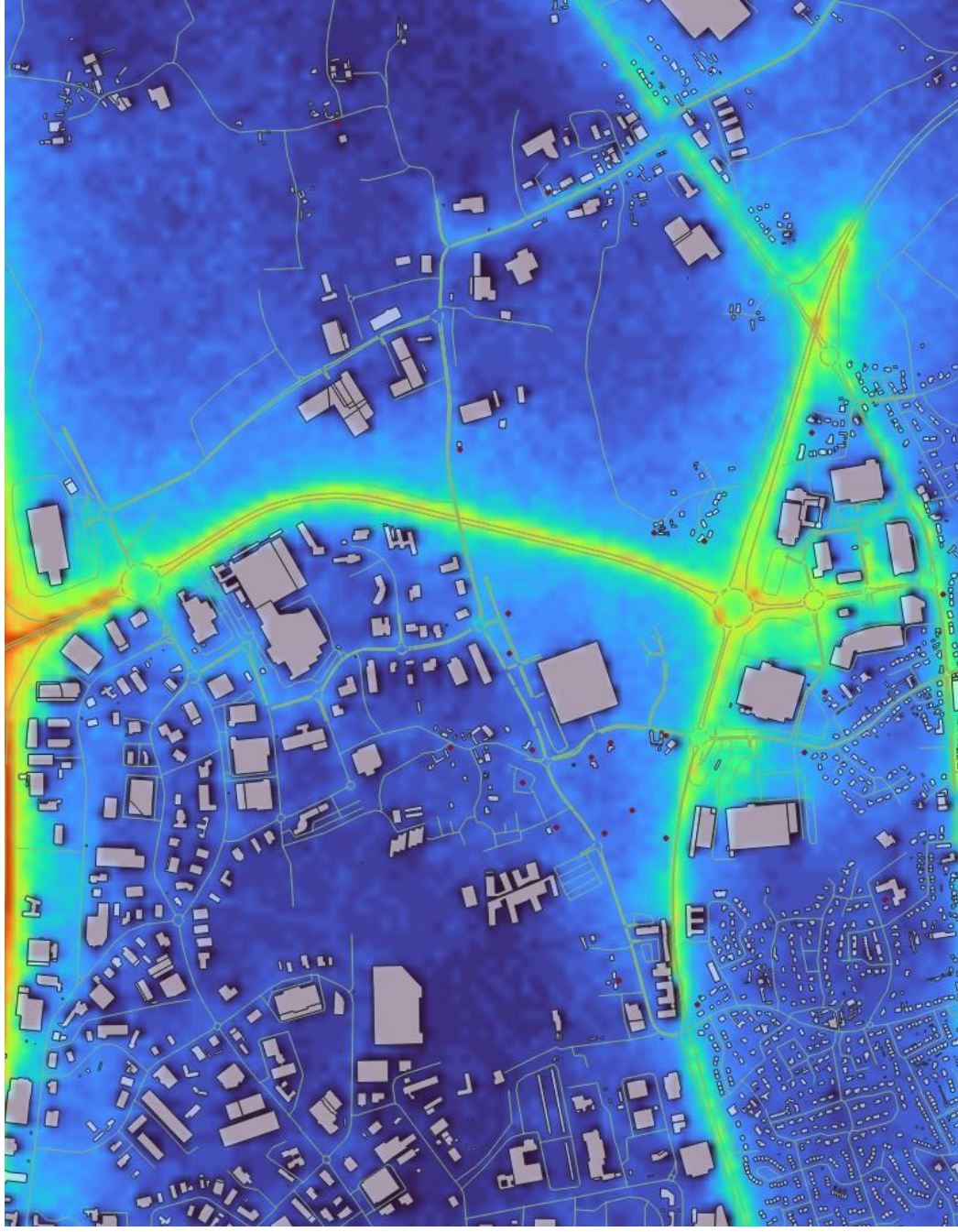
Situation Samedi 15h

Concentration maximale horaire
(NO₂)



Etude d'impact sur la qualité de
l'air du projet de stade de Brest
Holdisports

ATMOTERRA - 77127-RN002



Résultats de la modélisation
NO2 – Maximal horaire
Projet
Situation Samedi sortie

Concentration maximale horaire
(NO2)



Etude d'impact sur la qualité de
l'air du projet de stade de Brest
Holdisports

ATMOTERRA – 77127-RN002

A propos d'ATMOTERRA

ATMOTERRA SAS - Société par Actions Simplifiée au capital de 7 000,00 €
Immatriculée au RCS Nantes 820 330 314 – Code APE 7490B
Siège social : 8 rue de Saint Domingue, 44200 NANTES, FRANCE
Web : <https://www.atmoterra.com/>



Ⓐ Annexe 4, Etude hydraulique (Egeo, 2024)

Annexe 4, Etude hydraulique (Egeo, 2024)

**Maître
d'ouvrage**

SARL FIDEGE
160 rue Roberto Cabanas
29490 GUIPAVAS

Gestion des Eaux Pluviales

Construction du nouveau stade de Brest

Maner Coz

GUIPAVAS (29)

3 juillet 2024

Version V5

Partie 1 : Identification du demandeur	3
Partie 2 : Situation du projet.....	4
1 Localisation	4
2 Références cadastrales	5
3 Caractérisation du milieu récepteur final.....	7
Partie 3 : Présentation du projet	8
1 Nature de l'opération	8
2 Dispositif de traitement des eaux usées	8
3 Dispositif de collecte et de traitement des eaux pluviales.....	10
Partie 4 : Analyse de l'état initial du site et des contraintes liées à l'eau.....	12
1 Le milieu physique	12
1.1 Pluviométrie	12
1.2 Morphologie.....	12
1.3 Occupation des sols	14
1.4 Contexte pédologique.....	14
1.5 Contexte géologique	14
1.6 Contexte hydrogéologique.....	15
1.7 Mesure de perméabilité.....	15
2 Les eaux superficielles	16
2.1 Aspects quantitatifs	16
2.1.1 Bassin versant du ruisseau du Costour	16
2.1.2 Hydrologie locale	18
2.1.3 Hydraulique locale	19
2.2 Aspects qualitatifs	25
2.2.1 Rivière du Costour.....	25
2.2.2 Masse d'eau superficielle et objectifs associés	27
3 Les eaux souterraines	28
3.1 Aspects quantitatifs	28
3.2 Indice de vulnérabilité (par méthode « D.R.A.S.T.I.C. »).....	28
3.3 Aspects qualitatifs (objectifs SDAGE).....	29
3.4 Usages	29
3.4.1 Captages et forages.....	30
3.4.2 Prise d'eau de Goarem Vors	30
4 Le milieu naturel.....	31
4.1 Site Natura 2000	31
4.2 Espaces naturels sensibles	31
Partie 5 : Incidences.....	32
1 Impact sur les eaux superficielles.....	32
1.1 Aspect quantitatif.....	32
1.2 Aspect qualitatif	32
1.2.1 Effets cumulatifs	33
1.2.2 Effets de choc.....	33
2 Impact sur les eaux souterraines.....	34

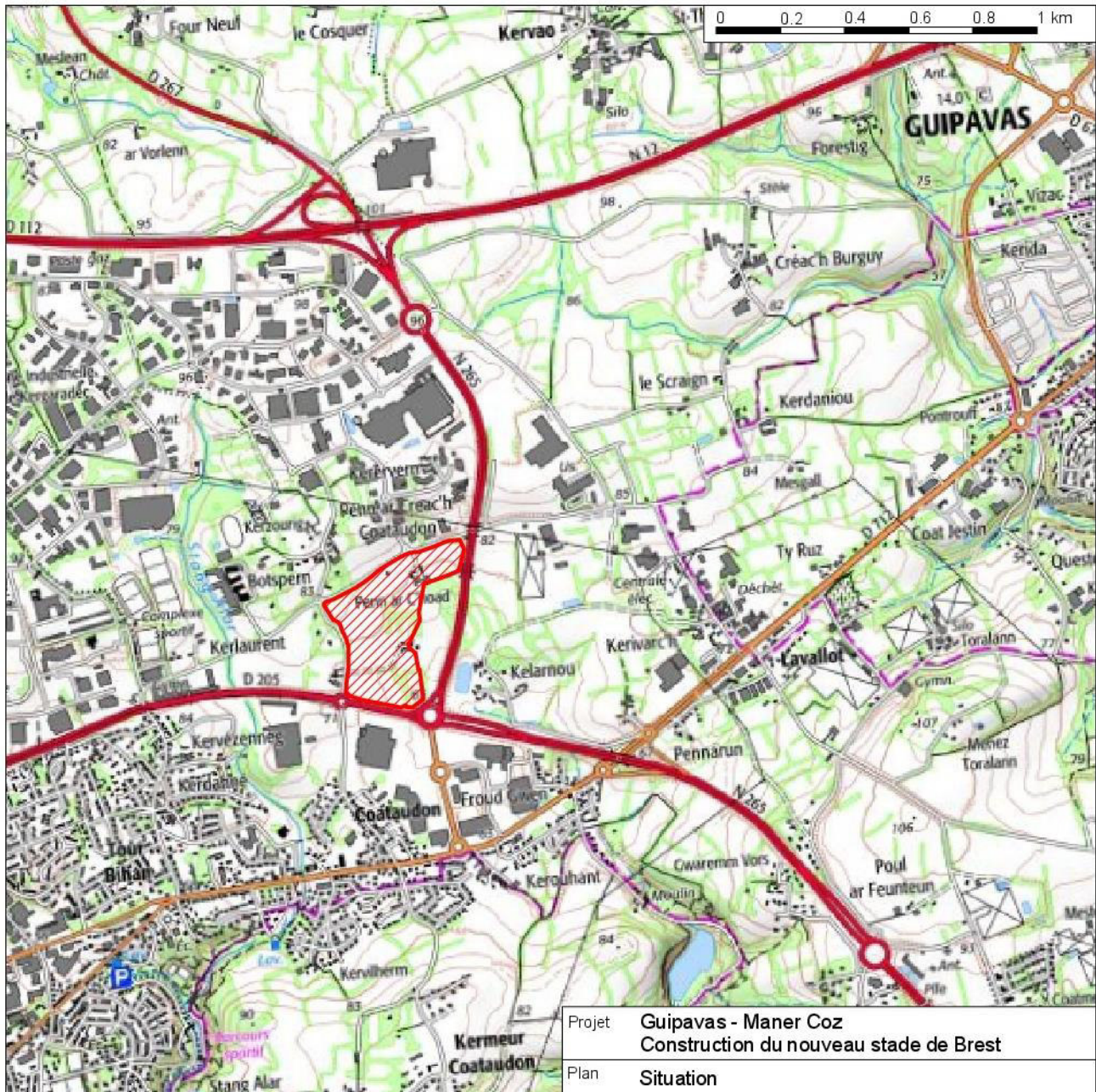
Partie 6 : Mesures correctives et/ou compensatoires.....	35
1 Dispositifs de maîtrise des débits	35
2 Dispositifs de dépollution	38
2.1 Gestion de la pollution de fond.....	38
2.1.1 Traitement des hydrocarbures du secteur inférieur	38
2.1.2 Bassins de rétention.....	38
2.2 Gestion des pollutions accidentelles.....	40
3 Mesures correctives et/ou compensatoires en phase de chantier	41
Partie 7 : Compatibilité de l'opération avec les objectifs définis par les schémas d'aménagement relatifs à l'eau.....	42
1 SDAGE Loire bretagne 2022-2027	42
1.1 Principe	42
1.2 Dispositions concernées par le projet.....	43
1.3 Compatibilité du projet avec le SDAGE.....	45
2 SAGE de l'Elorn	46
2.1 Règlement	46
2.2 Plan d'Aménagement et de Gestion Durable	47
2.3 Compatibilité du projet avec le SAGE	48
Partie 8 : Moyens de surveillance et d'entretien des réseaux et des équipements liés aux écoulements pluviaux.....	49
1 Bassins de rétention	49
2 Séparateur à hydrocarbures.....	49
Annexe : Caractéristiques des ouvrages de gestion des eaux pluviales : Bassins de retenue	50
1 Situation.....	50
2 Surfaces drainées.....	51
3 Principe.....	53
3.1 Alimentation.....	53
3.2 Corps des bassins	54
3.3 Vidange régulée	54
3.4 Surverse.....	55

Le maître d'ouvrage de l'opération est :

SARL FIDEGE
160 rue Roberto Cabanas
29490 GUIPAVAS

1 LOCALISATION

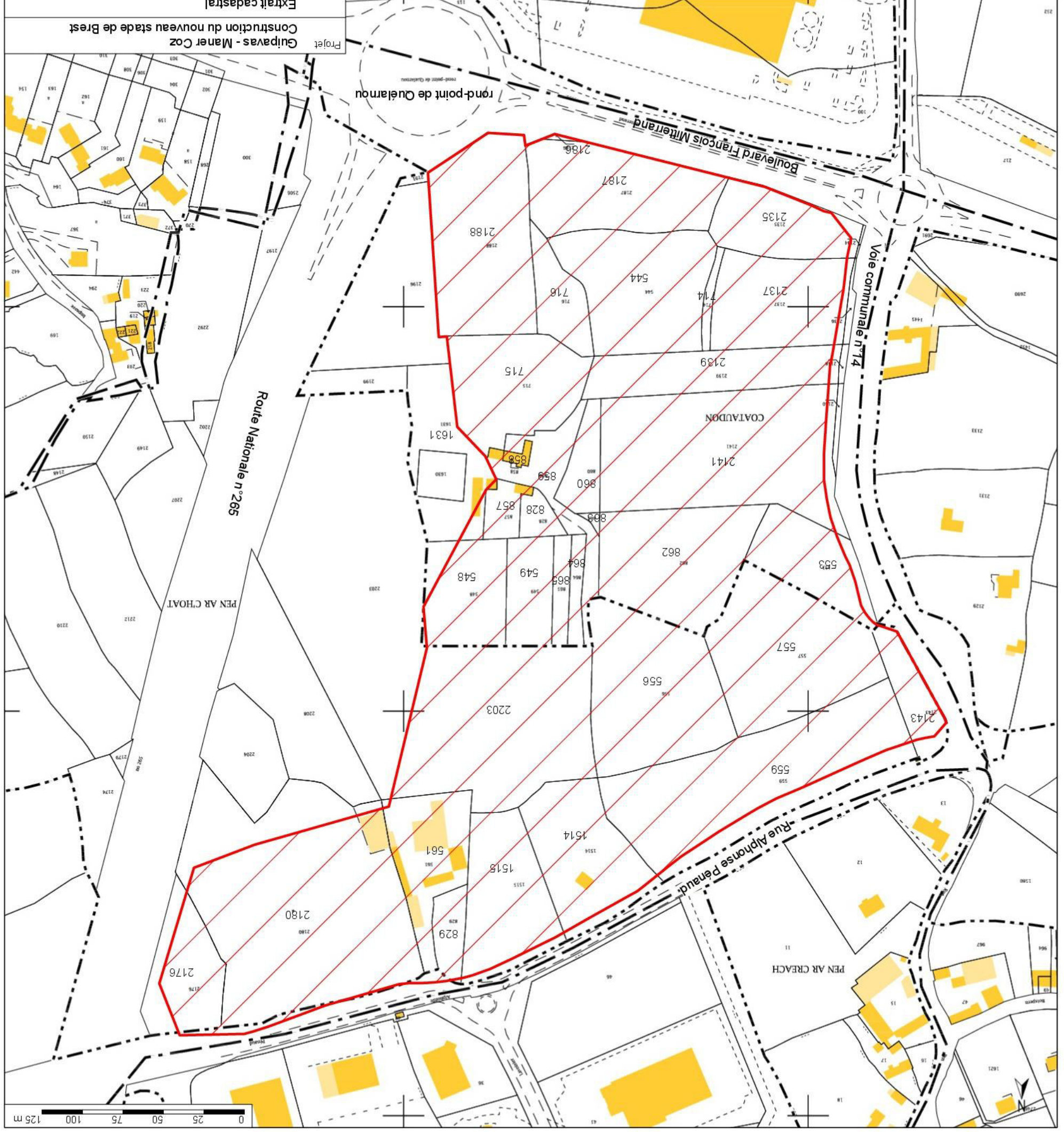
Localisation	Maner Coz Rue Alphonse Pénaud Voie communale n°14 29490 GUIPAVAS
--------------	---



2 REFERENCES CADASTRALES

Les références cadastrales des parcelles concernées par le projet sont :

Projet du nouveau stade	G544 – G548p – G549 – G553p – G556 – G557 – G559p – G561 – G714 – G715 – G716 – G828 – G829 – G857 – G858 – G859 – G860 – G862 – G863 – G864 – G865 – G1514p – G1515p – G1631p – G2135p – G2137p – G2139p – G2141p – G2143p – G2176p – G2180p – G2186 – G2187 – G2188 – G2203p
-------------------------	--

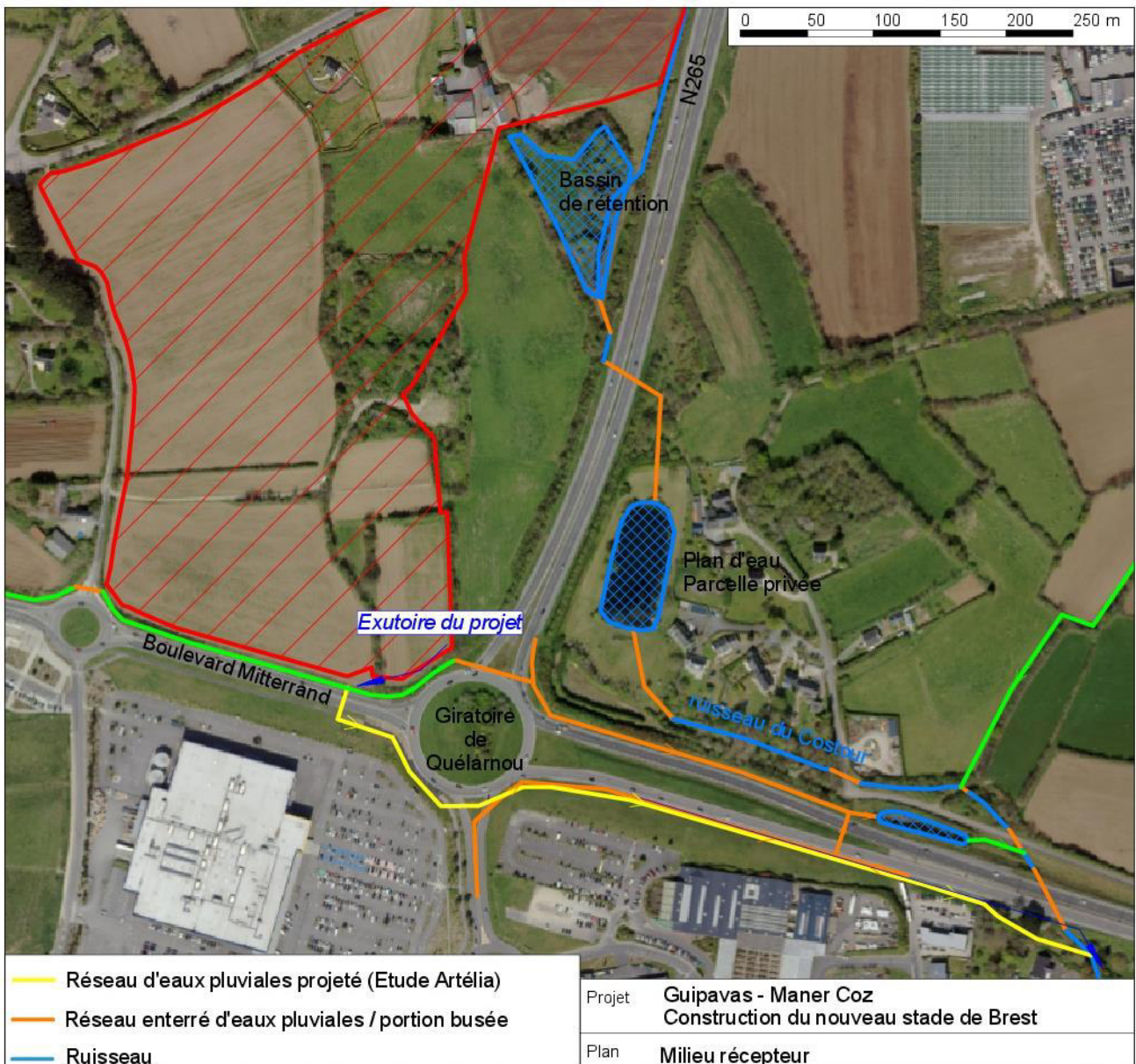


3 CARACTERISATION DU MILIEU RECEPTEUR FINAL

Cours d'eau	Ruisseau du Costour J3354300
Exutoire du projet	Réseau d'eaux pluviales du boulevard Mitterrand

L'exutoire du projet sera constitué d'un nouveau réseau d'eaux pluviales en $\phi 500$, acheminant les flux au ruisseau du Costour, de façon indépendante du réseau de collecte des EP de la DIRO (collecte des eaux de la RN265).

Ce réseau remplacera l'exutoire existant (conduite $\phi 300$) dont le cheminement et l'exutoire sont indéfinis (connexion possible avec le réseau DIRO ou situé sur terrains privés) et dont la section se révèle déjà insuffisante pour l'évacuation du ruissellement du secteur avant aménagement.



1 NATURE DE L'OPERATION

L'opération consiste en la construction du nouveau stade de Brest.

La desserte des zones de stationnements situées en périphérie du stade sera assurée :

- Au Nord, par la rue Alphonse Pénaud
- À l'Ouest, par la voie communale n°14, voie qui sera recalibrée dans le cadre des aménagements du secteur.

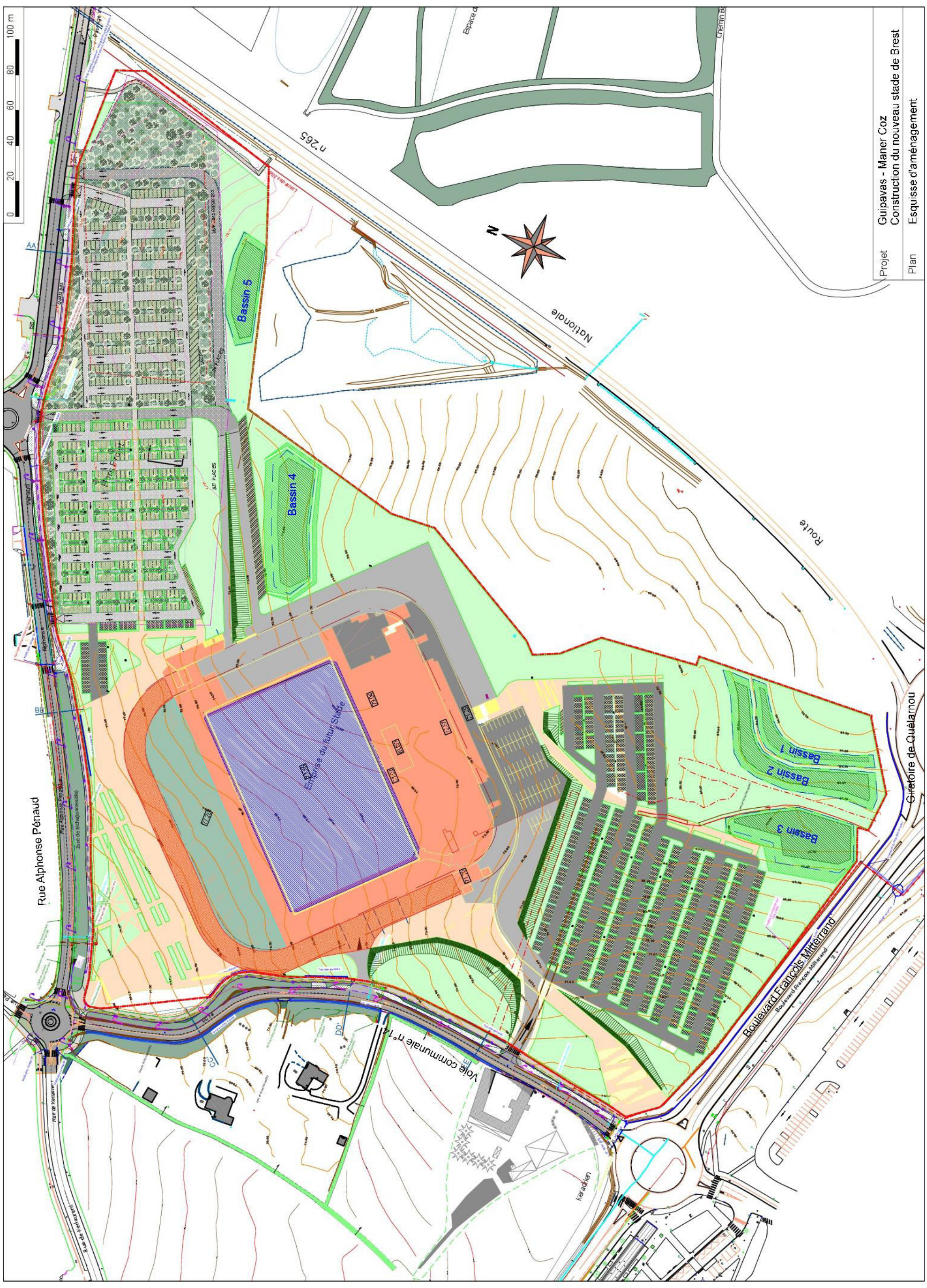
Les stationnements créés sur le site seront réalisés en revêtement perméable.

Superficie totale du projet		13.22 ha
Superficie totale des bassins versants naturels dont les écoulements sont interceptés par le projet		13.22 ha
Projet de nouveau stade	<i>Surfaces imperméabilisées</i>	
	Stade	24 270 m ²
	Parvis	6 290 m ²
	Voies de desserte des stationnements (enrobé)	28 790 m ²
	<i>Surfaces perméables</i>	
Terrain de jeu	8 945 m ²	
Stationnements	14 865 m ²	
TOTAL		83 160 m ² Soit 63% de la surface totale

2 DISPOSITIF DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

Les eaux usées du projet seront collectées par un réseau séparatif raccordé au futur réseau d'eaux usées posé boulevard François Mitterrand, au Sud du projet. Ce réseau dirigera les flux vers l'Est (en bordure Sud de la RN265) vers le réseau existant impasse René Char (travaux réalisées par Brest Métropole Aménagement dans le cadre des aménagements du secteur du Froustven).

Les flux seront traités par la station d'épuration de la Zone Portuaire à Brest.



Projet	Guipavas - Maner Coz
Construction du nouveau stade de Brest	
Plan	Esquisse d'aménagement

3 DISPOSITIF DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES

Le site du projet se compose de différents secteurs présentant des aptitudes variables à l'infiltration des eaux pluviales :

- En partie haute et médiane, le site se caractérise par un contexte hydrogéologique et une perméabilité modérée favorables à une gestion par infiltration des eaux pluviales.
- En partie aval et Est, l'aptitude du sous-sol à l'infiltration des eaux pluviales se dégrade avec la présence du toit de la nappe phréatique à plus faible profondeur.

Afin d'utiliser au maximum le potentiel d'infiltration du soubassement, ces contraintes orientent le schéma de gestion des eaux pluviales vers des systèmes de rétention à ciel ouvert, implantés dans les horizons superficiels du sol.

L'exutoire du projet est la rivière du Costour. Ce cours d'eau constitue l'exutoire d'une zone assez importante et conduit à un contexte hydraulique déjà sensible en aval (risque d'inondations de zone urbanisée construite en bordure de ruisseau).

Pour le schéma de gestion des eaux pluviales de l'opération, Brest Métropole demande de prendre en compte la pluie conduisant à la crue de ce cours d'eau pour une période de retour de 100 ans.

Le schéma a été élaboré sur la base du risque centennal en favorisant l'infiltration des eaux pluviales autant que possible.

La gestion des eaux pluviales sera étagée afin de gérer le ruissellement au plus près de l'impluvium et limiter ainsi, les volumes d'eaux pluviales arrivant au point bas du site, secteur présentant une aptitude plus modérée à l'infiltration des eaux pluviales.

Le schéma de gestion des eaux pluviales se base sur la temporisation du ruissellement des voiries et des toitures des bâtiments au niveau de 5 bassins en cascade, réalisés en aval des zones de stationnements et en partie basse de l'opération en bordure du boulevard Mitterrand.

Ces bassins se présentent sous la forme d'une dépression peu profonde par rapport aux abords, avec un profil présentant une berge à pente douce. Ces ouvrages stockent temporairement les eaux de ruissellement et les restituent au milieu récepteur à débit régulé. Implantés dans les horizons supérieurs du sol, ils favorisent l'infiltration des flux collectés.

Ces ouvrages sont enherbés. Les végétaux s'y développant ont une fonction importante en augmentant la perméabilité du sol et en empêchant le tassement du sol par leurs racines, favorisant ainsi l'infiltration d'une partie des flux dans le sol.

Chaque bassin sera équipé d'une prise basse de vidange permettant aux ouvrages de se vider complètement entre deux épisodes pluvieux.

Le rejet unique du projet du futur stade de Brest est le débit régulé en sortie du bassin le plus aval.

Le débit de fuite maximal de l'opération s'élève à 39.6 L/s pour le risque centennal, soit un rejet spécifique de 3.0 L/s/ha.

En cas de surcharge du réseau de collecte, les écoulements s'opéreront en surface et suivront la pente des voiries vers les bassins. Un talus sera par ailleurs créé en partie basse du terrain afin de retenir tout écoulement de surface issu du terrain.

Les eaux pluviales des toitures Sud du stade seront collectées par un réseau indépendant jusqu'à une réserve de 80 m³ en vue de leur utilisation pour les sanitaires des bureaux, des loges, de la brasserie et de la tribune Sud.

Le système de gestion des eaux pluviales assure par ailleurs un abattement efficace de la pollution véhiculée par les eaux pluviales par la tranquillisation des flux dans la succession de bassins.

Le ruissellement des zones de livraison du niveau inférieur du stade sera aussi préalablement traité par un séparateur à hydrocarbures placé en amont des bassins.

	Surfaces drainées		Coefficient de ruissellement	Surfaces actives	Ouvrages	Volume utile	Rejet centennal
Parking Nord-Est	Voirie et stationnements (enrobé)	4 475 m ²	0.92	4 117 m ²	Bassin de rétention / infiltration 5	380 m ³	4.1 L/s
	Stationnements perméables	3 900 m ²	0.50	1 950 m ²			
	Espaces verts	1 500 m ²	0.11	165 m ²			
	Bassin de rétention/ infiltration	930 m ²	1	930 m ²			
	TOTAL secteur 5	10 805 m²	0.66	7 162 m²			
Parvis et parking Nord-Ouest	Voirie et stationnements (enrobé)	6 175 m ²	0.92	5 681 m ²	Bassin de rétention / infiltration 4	820 m ³	4.4 L/s
	Parvis	6 290 m ²	0.92	5 787 m ²			
	Stationnements perméables	4 340 m ²	0.50	2 170 m ²			
	Espaces verts	4 000 m ²	0.11	440 m ²			
	Bassin de rétention/ infiltration	1 600 m ²	1	1 600 m ²			
	TOTAL secteur 4	22 405 m²	0.70	15 678 m²			
Stade et parking Sud	Stade	24 270 m ²	0.92	22 328 m ²	3 bassins de rétention/ infiltration en cascade	Bassin 3 1 150 m ³ Bassin 2 885 m ³ Bassin 1 250 m ³	39.6 L/s
	Voirie et chemins (enrobé)	18 140 m ²	0.92	16 689 m ²			
	Stationnements perméables	6 625 m ²	0.50	3 313 m ²			
	Terrain de jeu	8 945 m ²	0.29	2 594 m ²			
	Espaces verts	5 000 m ²	0.11	550 m ²			
	Bassins de rétention/ infiltration	4 010 m ²	1	4 010 m ²			
	TOTAL secteurs 1 à 3	66 990 m²	0.74	49 484 m²			

1 LE MILIEU PHYSIQUE

1.1 PLUVIOMETRIE

L'exutoire des eaux pluviales du projet est le ruisseau du Costour. Recevant les eaux pluviales d'un bassin versant déjà fortement urbanisé, il conduit aujourd'hui à un contexte hydraulique sensible au niveau de certains secteurs en aval du projet.

A la demande des services de Brest Métropole, le risque devant être géré par le projet est la pluie centennale conduisant à la crue de ce cours d'eau, soit une pluie de courte période intense d'une période de retour de 100 ans.

Les pluies de projet sont construites à partir des coefficients de Montana de la station de Brest-Guipavas (période 1990-2021).

Les prescriptions de gestion des eaux pluviales en phase chantier seront définies pour le risque 2 ans. La pluie sera construite à partir des coefficients de Montana de l'Instruction Technique 1977.

Période de retour	Durée totale	Durée de la période intense	Cumul des précipitations	
2 ans	2H	5 min	5'	6.8 mm
			15'	10.4 mm
			1H	17.5 mm
			2H	22.8 mm
10 ans	3H	5min	5'	7.6 mm
			15'	12.4 mm
			1H	23.0 mm
			2H	31.4 mm
10 ans	24H	6H	3H	37.6 mm
			6H	44.7 mm
			12H	56.0 mm
100 ans	3H	5min	24H	70.1 mm
			5'	14.1 mm
			15'	22.1 mm
			1H	39.1 mm
			2H	52.0 mm
			3H	61.4 mm

1.2 MORPHOLOGIE

Le site du projet se positionne entre 63 m et 80.5 m d'altitude, en tête du bassin versant du ruisseau du Costour.

Les terrains présentent une pente relativement homogène comprise entre 3 et 5%, orientée vers le Sud-Est.

Certains talus s'accompagnent de ruptures de pente, dépassant localement 1m.

Un axe de talwegs très évasé se dessine le secteur Sud du site.

Les infrastructures routières bordant le Sud et l'Est des terrains ont impacté notablement la morphologie du secteur :

- Au Sud, le boulevard Mitterrand se situe en contrebas de 2 à 3 m par rapport au terrain naturel
- A l'Est, la RN265 se situe 1 m plus haut que les terrains, ce dénivelé s'estompant vers le Sud, pour s'inverser au niveau du rond-point de Quélarnou (situé 0.5m plus bas que les parcelles de l'opération)



(S1) Sondage pédologique

Projet	Guipavas - Maner Coz Construction du nouveau stade de Brest
Plan	Etat initial Implantation des sondages pédologiques et des mesures d'infiltration

1.3 OCCUPATION DES SOLS

Le projet occupe un site composé :

- de champs en culture céréalière sur la moitié Ouest et à l'angle Nord-Est
- d'une prairie à l'Est
- de quelques parcelles maraîchères et d'une friche herbacée au Sud-Est
- au centre des terrains, des ruines d'anciens bâtiments de ferme et d'habitation et un ancien potager clos de murs, aujourd'hui en friche herbacée à tendance arbustive
- d'une habitation et d'une ancienne exploitation agricole en bordure de la rue Alphonse Penaud.



Secteur Sud-Ouest – Champ en culture



Secteur Est - Prairie

Les différentes parcelles sont desservies par un chemin depuis la voie communale n°14.
Les champs situés en bordure Nord bénéficient d'un accès de puis la rue Alphonse Penaud

Les terrains sont ceinturés de talus arborés à l'exception de la bordure Sud, le long du boulevard François Mitterrand et les champs au Nord-Est le long de la rue Alphonse Penaud.

1.4 CONTEXTE PEDOLOGIQUE

L'étude de terrain, effectuée à l'aide de sondages à la tractopelle les 13/07/2018 et 04/10/2018, permet de définir les différentes contraintes du site et de dégager les grandes lignes du schéma de gestion des eaux pluviales du projet.

Les horizons du sol sont typiques des sols « bruns », à tendance acide.

1.5 CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique du BRGM « Plabennec » n°238, on distingue, respectivement du Nord au Sud, deux grands ensembles géologiques principaux, de type gneissique (formation des gneiss de « Kerhonou ») passant à une formation plus micaschisteuse (micaschistes du « Conquet »). En frange Sud, la présence de gneiss de Brest (faciès septentrional) est également possible.

Ces formations présentent des fracturations et altérations superficielles extrêmement variables, notamment héritées des contacts inter-formations.

2 LES EAUX SUPERFICIELLES

2.1 ASPECTS QUANTITATIFS

2.1.1 BASSIN VERSANT DU RUISSEAU DU COSTOUR

Le projet se situe en tête du bassin versant du ruisseau du Costour, dont le bassin versant s'étend sur 4.37 km².

La figure ci-après représente les limites de ce bassin et le principal axe d'écoulement. Ces limites sont approximatives en raison de la forte urbanisation en tête du bassin. Elles sont établies selon les lignes de partage des eaux et ne définissent pas forcément les bassins de collecte du ruissellement de surface, influencés par les systèmes de collecte des réseaux urbains.

Les pentes sont globalement élevées sur l'ensemble du bassin. L'analyse de sa morphologie met en évidence :

- Une petite moitié Nord présentant des pentes modérées de 4%
- Dans le secteur Sud, des versants s'inclinant ensuite rapidement, évoluant de 6 à 12%, incisées par quelques vallées étroites.

Le ruisseau s'écoule dans une vallée assez évasée dont la morphologie a été fortement modifiée suite aux aménagements des axes routiers (RN265).

Les flancs de la vallée se redressent très fortement (plus de 20%) à partir de l'ancienne carrière, aujourd'hui en eau, dessinant ainsi une vallée très encaissée.

Le réseau hydrographique se résume au ruisseau de Costour, d'orientation Nord/Sud et dont l'exutoire se localise au niveau de La Cantine, sur la plage du Moulin Blanc.

Le chevelu secondaire est quasiment inexistant. L'hydrographie de la moitié amont est fortement marquée par l'urbanisation, les sources et une grande partie du ruissellement étant collectées par les réseaux urbains.

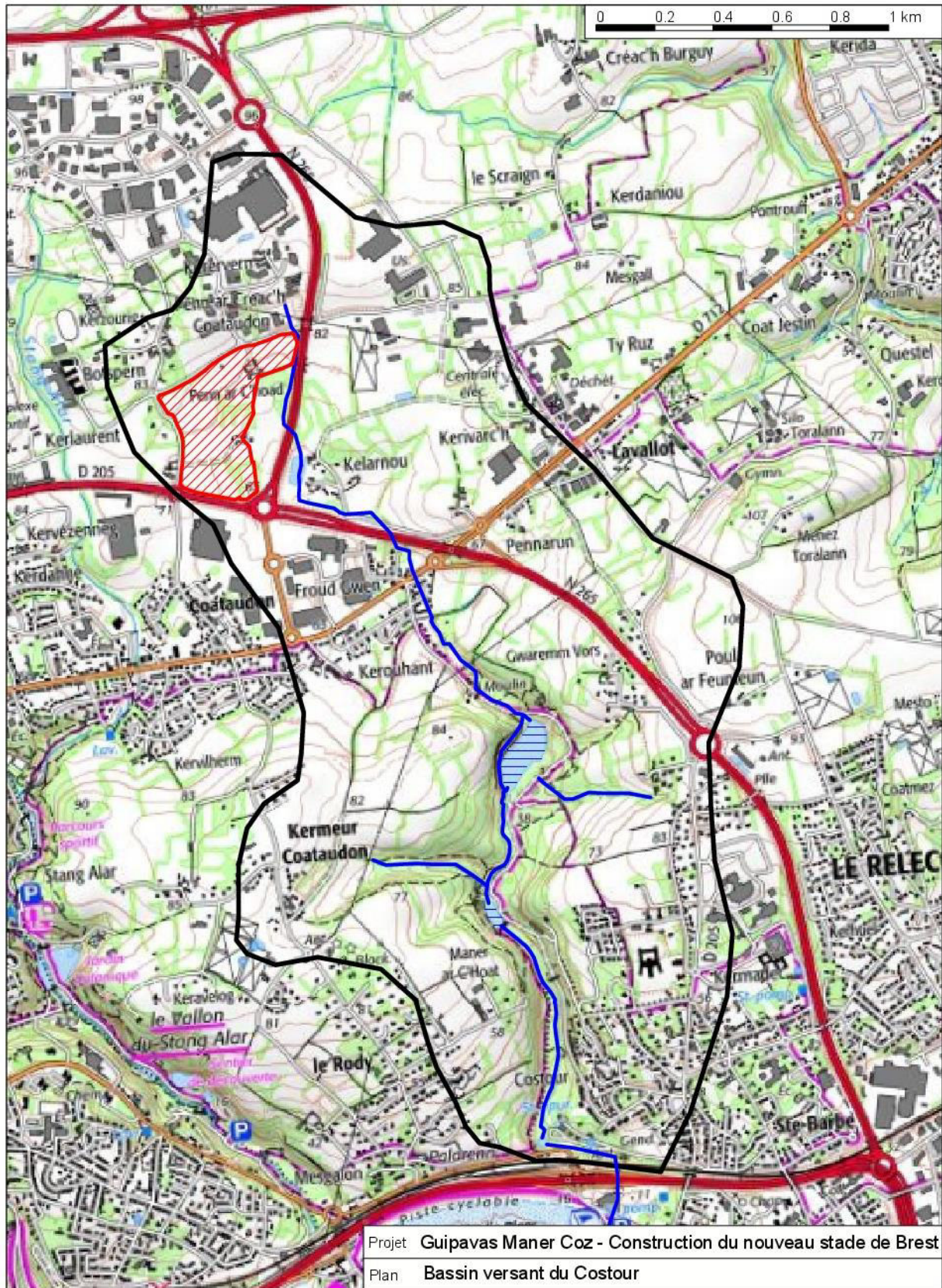
Ce bassin présente un taux d'imperméabilisation très important du fait de :

- L'urbanisation des quartiers du Costour, Goarem Vorz et de Coataudon
- Des zones industrielles et commerciales de Kergardec, Lavallot et du Froutven
- Les infrastructures routières (RN265)

La partie médiane du bassin versant présente encore une composante agricole. Le réseau bocager est assez dense. La vallée encaissée du Costour est boisée.

Le ruisseau du Costour prend sa source au niveau de la zone de Kergardec. Il constitue l'exutoire du ruissellement d'un secteur urbanisé très étendu, les débits de pointe pouvant être atteints suite à des pluies de courte période intense (type orage) peuvent conduire localement à des insuffisances des sections d'écoulement et des inondations de secteur urbanisé aval.

Le cours d'eau transite par quelques plans d'eau (Quélarnou, Candy) et un bassin de rétention (bassin de Kergardec III situé en bordure du projet), assurant un laminage des débits générés au niveau des zones urbanisées en amont.



2.1.2 HYDROLOGIE LOCALE

Le sol assure en grande partie l'infiltration des eaux de pluie. La saturation des sols intervient plus ou moins rapidement selon l'antécédent climatique et l'usage des terrains, conduisant alors à un écoulement de surface.

Une grande partie des terrains est ceinturée par des talus retenant en amont les eaux de ruissellement. Ces eaux s'accumulent aux points bas des parcelles et finissent par s'infiltrer.

En l'état actuel, une partie des terrains est susceptible de générer un écoulement de surface vers le milieu récepteur, drainé :

- Au Sud-Est, par le fossé du giratoire de Quélarnou, en raison de l'absence de talus dans le secteur aval de la parcelle Sud-Est.
- Au Nord-Est, par le ruisseau du Costour transitant par le bassin de rétention Brest Métropole.

Le recensement des surfaces actives (susceptibles de générer un écoulement de surface vers le milieu hydraulique superficiel) permet de modéliser les débits maximaux des parcelles de l'opération.

Exutoire Sud-Est : Fossé du giratoire de Quélarnou				
Parcelles	Nord-Ouest G556 – G557 – G559 – G553 – G862 – G2141 – G2143	Ouest G2139	Secteur central G715	Voirie G2139
Occupation des sols	Champ	Champ	Culture maraichère	voie
Superficie	26 900 m ²	2 700 m ²	5 000 m ²	600 m ²
Ruissellement de surface				
Longueur du cheminement hydraulique	280 m	65 m 75 m	80 m	200 m
Pente moyenne	3.4%	4.2% 0.9%	3.9%	2.4%

Exutoire Nord-Est : ruisseau du Costour		
Parcelles	Secteur Nord-Est G561 – G2176 – G2180	
Occupation des sols	champ	Ferme
Superficie	13 900 m ²	3 300 m ²
Ruissellement de surface		
Longueur du cheminement hydraulique	100 m	25 m
Pente moyenne	4.5%	4.5%

Débit des parcelles à l'état initial				
Exutoire		Fossé du giratoire de Quélarnou	ruisseau du Costour	TOTAL
Pluie décennale	Pluie intense de 3H	11 L/s	37 L/s	42 L/s
	Pluie longue de 24 H	26 L/s	17 L/s	43 L/s
Pluie centennale	Pluie intense de 3H	77 L/s	97 L/s	158 L/s

2.1.3 HYDRAULIQUE LOCALE

Les exutoires hydrauliques drainant le secteur sont :

- Au Sud, un fossé existant en bordure du boulevard Mitterrand
- A l'Est, le ruisseau du Costour prenant naissance dans la zone de Kergaradec au Nord.
- Le réseau de collecte du ruissellement de la RN265, géré par la DIRO (Direction Interdépartementale des Routes Ouest).

Le fossé du boulevard Mitterrand et le réseau de collecte de la RN265 rejoignent finalement le ruisseau du Costour.

Le schéma de la page **Erreur ! Signet non défini.** présente les principales caractéristiques des cheminements hydrauliques au niveau du périmètre d'étude.

La modélisation sera menée pour le risque décennal (pluie de type orage conduisant aux débits de pointe les plus forts) en prenant en compte le ruissellement de la voie publique et des surfaces imperméabilisées des habitations existantes.

2.1.3.1 RESEAU DE COLLECTE DES EAUX PLUVIALES DE LA RN265

Le réseau de collecte des eaux pluviales de la RN265 constitue un système de collecte indépendant (en théorie), dirigeant les flux vers un bassin de rétention réalisé à l'Est du rond-point de Quélarnou.

Les débits régulés en sortie de bassin rejoignent le ruisseau du Costour en amont de la traversée de la RN265.



- 1** Référence des portions busées
- Réseau enterré d'eaux pluviales / portion busée
- Fossé
- Ruisseau

Projet Guipavas - Maner Coz
Construction du nouveau stade de Brest

Plan Contexte hydraulique

2.1.3.2 FOSSE DU BOULEVARD FRANÇOIS MITTERRAND

Le site est bordé en partie Sud par un fossé creusé en bordure du boulevard Mitterrand.

D'une longueur d'environ 550 m, ce fossé est peu profond (30 à 50 cm), voire effacé au droit du projet. Il s'approfondit au niveau des deux portions busées :

- Au niveau du franchissement de la voie communale n°14 (buse de diamètre ϕ 300mm)
- Au niveau du rond-point de Quélarnou, où les flux sont busés par une conduite ϕ 300mm.

L'exutoire de ce fossé n'a pu être identifié. L'analyse des plans de récolement du réseau routier de la RN265 et les études de terrain n'ont permis de déterminer l'exutoire du tronçon aval busé. Deux hypothèses sont envisageables pour l'exutoire de ce réseau :

- Soit au réseau de collecte des eaux pluviales de la RN265, dirigeant les flux vers le bassin de rétention de la DIRO, avant rejet au ruisseau du Costour
- Soit directement au ruisseau du Costour, en aval du plan d'eau de Quélarnou (terrains privés).

Ce fossé draine le ruissellement de la moitié de la chaussée du boulevard Mitterrand, les eaux pluviales de la VC14 et des habitations attenantes.

Le débit de pointe susceptible d'être collecté par ce fossé peut être estimé pour le risque décennal en amont du busage sous le rond-point.

Débit maximal décennal collecté par le fossé du boulevard Mitterrand		
Pluie décennale	Pluie intense de 3H	143 L/s
	Pluie longue de 24 H	12 L/s

La modélisation ne prend pas en compte les effets de laminage dans les fossés et les pertes de charge induites par les différents obstacles à l'écoulement. Elle fournit une première approche du contexte hydraulique, un ordre de grandeur des flux collectés et les éventuels points sensibles du réseau.

La pente du secteur et la section du fossé lui confèrent une capacité d'évacuation suffisante (185 L/s pour une hauteur d'eau de 25 cm dans un fossé de 50 cm de large affecté de 2% - caractéristiques du tronçon aval du fossé).

La section pouvant présenter la plus faible capacité d'évacuation est le tronçon aval busé en ϕ 300. Cette portion constitue un rétrécissement de la section d'écoulement. La pente de cette conduite détermine sa capacité d'évacuation. Bien que la pente de cette buse n'ait pas pu être relevée, il est vraisemblable qu'elle ne soit pas suffisante (le débit capable d'une conduite ϕ 300 n'atteint 160L/s qu'à partir d'une pente de 6%).

Pour des pluies importantes, le busage aval du fossé du boulevard Mitterrand en diamètre ϕ 300 ne permet pas aujourd'hui l'évacuation des flux pouvant conduire à un écoulement de surface sur la voirie jusqu'au réseau de collecte des eaux pluviales de la RN265.

Ce contexte a motivé l'aménagement d'un nouvel exutoire pour le fossé du boulevard Mitterrand, constitué d'un nouveau réseau d'eaux pluviales en ϕ 500, acheminant les flux au ruisseau du Costour, de façon indépendante du réseau de collecte des EP de la DIRO (collecte des eaux de la RN265).

2.1.3.3 RUISSEAU DU COSTOUR

Le ruisseau du Costour prend sa source dans la zone d'activités de Kergaradec III, au Nord du projet. Sa source est drainée et busée sur 250 m. Le ruisseau longe ensuite la RN265 dans un fossé puis transite dans le bassin de rétention aménagé pour la gestion des eaux pluviales de la zone de Kergaradec III.



Bassin de rétention des eaux pluviales de la zone de Kergaradec III

La vidange du bassin en $\phi 300$ rejoint le fossé creusé en contrebas de la RN265, l'écoulement se poursuivant vers le Sud sur une trentaine de mètres.

Les flux sont ensuite dirigés vers l'Est, la traversée de la RN étant assurée par une conduite $\phi 600$.

L'écoulement se poursuit sur des terrains privés et alimente un plan d'eau.

Le cheminement du ruisseau est fortement artificialisé jusqu'à la vallée du Costour. Son écoulement est busé à de nombreuses reprises (voir localisation sur le schéma page **Erreur ! Signet non défini. Erreur ! Signet non défini.**) :

Références	Localisation	Diamètre - Observations
1	Sous la rue de Quélarnou	$\phi 500$ – écoulement pleine section en période hivernale (hors influence de la pluviométrie)
2	Sous un chemin d'exploitation	$\phi 400$ – risque fort d'embâcles
3	Sous l'impasse de Quélarnou	$\phi 1200$
4	Sous la RN265	$\phi 1200$
-	Sous le lotissement de la rue Louis Guilloux	$\phi 1200$



Aval buse φ500 (n°1)

Ruisseau entre buses n°1 et n°2

Amont buse φ1200 (n°3)

Ce ruisseau constitue l'exutoire d'une importante zone urbanisée (Kergaradec – Frotven). De plus, le bassin versant amont du cours d'eau pourra être concerné à moyen et long terme par des aménagements urbains (Keradrien – Lavallot).

Une étude est menée par Brest Métropole afin d'évaluer l'impact des aménagements sur le milieu hydraulique aval et pour identifier les travaux à mener afin de garantir les écoulements sans dommages pour les zones habitées (étude Labocéa –2018).

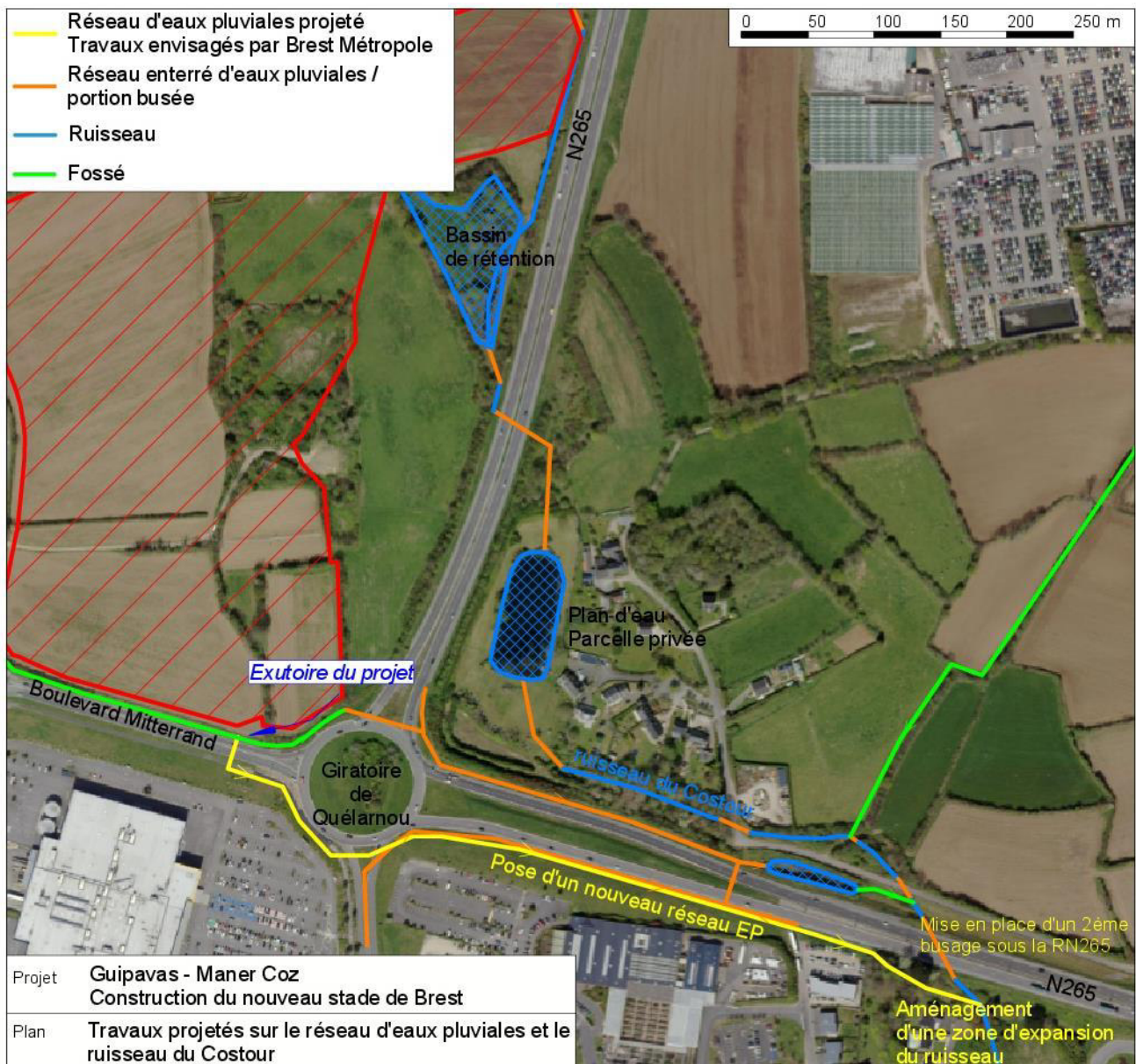
2.1.3.4 TRAVAUX PROJETES SUR L'EXUTOIRE DU PROJET

Dans le cadre de l'urbanisation du secteur du Froutven et de Botspern, Brest Métropole Aménagement réalise des aménagement de l'exutoire hydraulique depuis le boulevard Mitterrand jusqu'au ruisseau du Costour afin de permettre l'évacuation des débits régulés des eaux pluviales des terrains situés au Nord du boulevard Mitterrand.

Les aménagements consistent en la création d'un fossé en bordure du boulevard Miteerrand et la pose d'un réseau $\phi 500$ jusqu'au ruisseau du Costour, en bordure Sud du boulevard Mitterrand puis de la RN 265.

En parallèle, l'étude hydraulique du secteur mandaté par Brest Métropole a défini des aménagements permettant de restituer un débit centennal du ruisseau, inférieur à celui du réseau du lotissement de la rue Louis Guilloux (étude Labocéa 2018) :

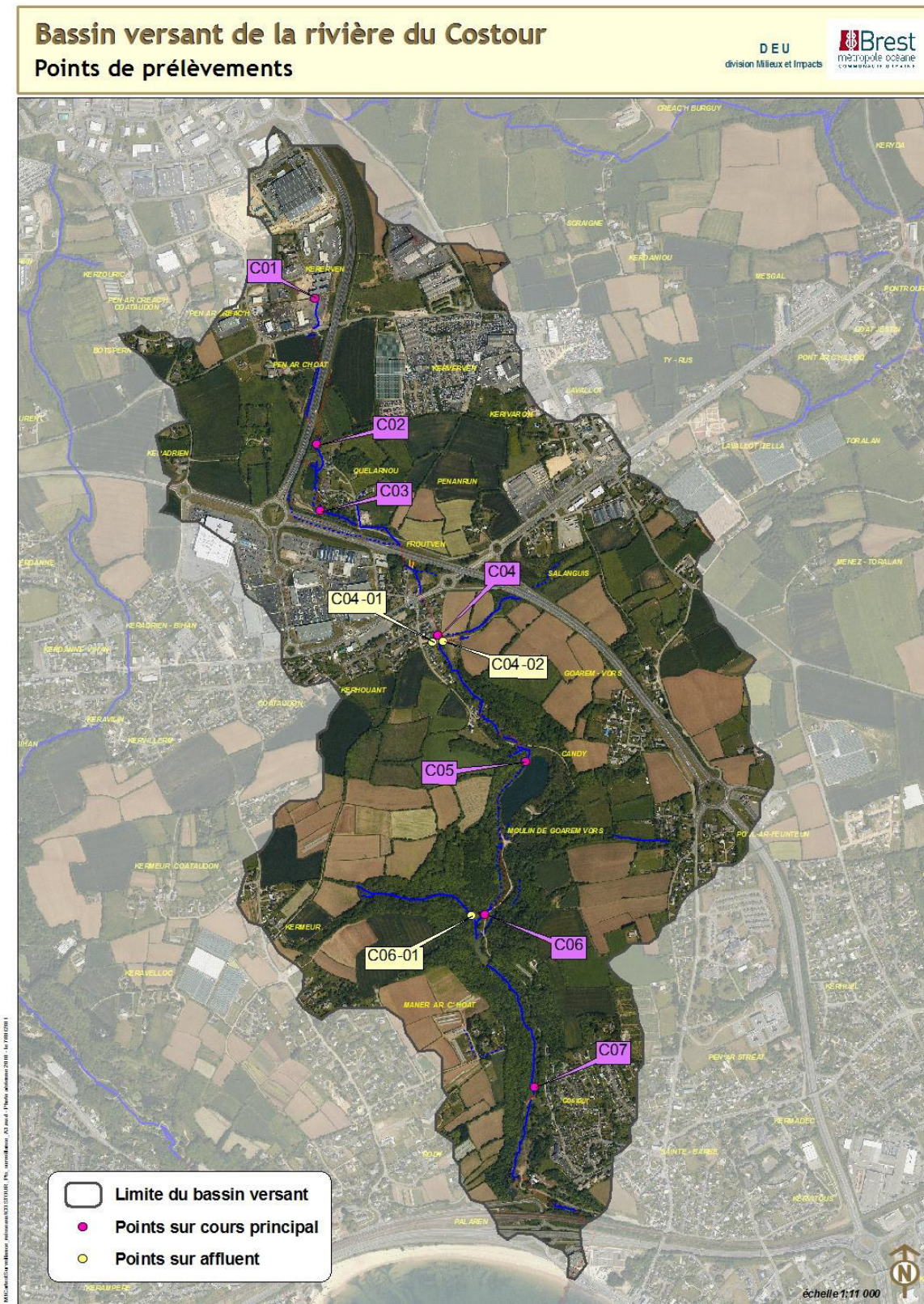
- Doublement du busage sous la RN265
- Création d'une zone d'expansion des crues d'une capacité de 2500 m³



2.2 ASPECTS QUALITATIFS

2.2.1 RIVIERE DU COSTOUR

Un suivi de la qualité des eaux de la rivière du Costour est mené par Brest Métropole.



Partie 4 Etat initial
Construction du nouveau stade de Brest – Maner Coz – GUIPAVAS

	Nitrates (NO3) mg/l	NH4 mg/l	Phosphates (PO4) mg/l	Conductivité à 25 C° µS/cm	PH	Carbone organique total (COT)	E Coli (Escherichia coli)
08/03/2022							
C01	11		0,03	224	6,8	1,50	520
C02	9		0,06	220	7,2	1,90	305
C03	35		0,08	287	6,9	0,65	349
C04	28		0,08	281	6,8	0,60	119
C05	26	<0,05	0,05	283	7,2	0,60	78
C06	12		<0,02	268	7,0	0,73	38
C06-01	43		0,08	283	7,3	0,64	119
C07	25	<0,05	0,02	282	7,4	0,98	<38
01/06/2022							
C01	11		0,46	290	7,1	2,50	1569
C02							
C03	39		0,15	300	6,9	0,66	584
C04	28		0,13	298	6,8	0,55	77
C05	26	<0,05	0,08	297	7,2	0,55	204
C06	8		<0,02	287	7,2	0,87	398
C06-01	49		0,13	297	7,4	0,76	38
C07	25	0,05	0,05	304	7,4	1,10	305
14/09/2022							
C01	4		0,02	175	6,9	2,90	1800
C02							
C03	42		0,16	305	7,0	0,42	600
C04	29		0,12	307	6,8	0,41	120
C05	25	0,02	0,07	311	7,1	0,42	1400
C06	3		<0,02	286	7,2	0,71	120
C06-01	50		0,13	304	7,4	0,58	77
C07	20	<0,01	0,05	299	7,6	1,10	38
07/12/2022							
C01	11		<0,02	213	7,0	1,10	120
C02	10		0,03	217	7,5	1,30	38
C03	31		0,09	294	6,9	0,96	1900
C04	24		0,10	283	6,7	0,76	300
C05	23	0,05	0,06	287	7,1	0,70	2300
C06	10		<0,02	248	7,1	1,00	38
C06-01	43		0,09	290	7,4	0,94	<38
C07	22	0,01	0,03	278	7,3	1,20	<38
23/08/2023							
C01	8,9		0,04	176	7,1	1,2	<38
C02							
C03	34		0,10	294	7	0,75	1000
C04	25		0,10	281	6,8	0,56	470
C05	26	0,02	0,10	278	7,3	0,66	120
C06	8,4		0,02	276	7,4	0,7	<38
C06-01	48		0,11	297	7,4	2,6	120
C07	23	0,01	0,03	297	7,6	0,89	120

	<u>Nitrates</u>	<u>Phosphates</u>	<u>Carbone Organique Total</u>	<u>E coli</u>
	NO3	PO4	COT	E coli / 100 ml
Mauvais	50 mg/l	2 - 3 mg/l	12 - 14 mg/l	>2000
Médiocre	30 - 50 mg/l	1 - 2 mg/l	10 - 12 mg/l	1000 - 2000
Passable	10 - 30 mg/l	0,5 - 1 mg/l	7 - 10 mg/l	100 - 1000
Bon	0 - 10 mg/l	0-0,5 mg/l	5 - 7 mg/l	20 - 100
Très bon			0- 5 mg / l	0 - 20

2.2.2 MASSE D’EAU SUPERFICIELLE ET OBJECTIFS ASSOCIES

L’exutoire des eaux de ruissellement du projet est le ruisseau du Costour, pour lequel il n’existe pas d’objectif particulier au regard de la DCE.

Le bassin versant de ce cours d’eau est inclus dans la masse d’eau côtière de la « Rade de Brest ».

Pour chaque masse d’eau, l’objectif défini par le SDAGE Loire Bretagne se compose d’un niveau d’ambition et d’un délai.

Les niveaux d’ambition sont le bon état, le bon potentiel dans le cas particulier des masses d’eau fortement modifiées ou artificielles, ou un objectif moins strict. En application du principe de non détérioration, lorsqu’une masse d’eau est en très bon état, l’objectif est de maintenir ce très bon état.

Les délais sont principalement « depuis 2015 », « 2021 » ou « 2027 ». Pour les objectifs moins stricts, l’échéance est systématiquement en 2027. Le choix d’un report de délai ou d’un objectif moins strict est motivé, conformément à la Directive Cadre sur l’Eau, par :

- par les conditions naturelles (CN),
- la faisabilité technique (FT)
- les coûts disproportionnés (CD).

Code de la masse d’eau	Nom de la masse d’eau	Objectif d’état écologique		Objectif d’état chimique		Objectif d’état global		Motifs en cas de recours aux dérogations
		Objectif	Echéance d’atteinte de l’objectif	Objectif	Echéance d’atteinte de l’objectif	Objectif	Echéance d’atteinte de l’objectif	
FRGC16	Rade de Brest	Bon état	2027	Objectif moins strict	2027	Objectif moins strict	2027	FT

S’agissant des enjeux du S.D.A.G.E., l’objectif de qualité de l’eau recherché est de classe bonne. Concernant les classes de qualité, les valeurs maximales des paramètres pouvant être dégradés par la réalisation du projet et pouvant être simulés sont regroupées dans le tableau suivant :

Altérations	Concentration maximale en mg/l				
	Très Bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Inapte
DBO ₅	3	6	10	25	
DCO	20	30	40	80	
MES totales	25	50	100	150	
Hydrocarbures	-	-			
Plomb	0.21	2.1	21	100	

Par ailleurs, le document « *Les eaux pluviales dans les projets d’aménagement en Bretagne* » rédigé par le Club Police de l’Eau de la région Bretagne préconise en sortie des ouvrages de gestion des eaux pluviales :

- une concentration maximale en hydrocarbures de 5mg/L
- une concentration maximale pour les matières en suspension 30 mg/L

3 LES EAUX SOUTERRAINES

3.1 ASPECTS QUANTITATIFS

La structure géologique du Massif Armoricain ne permet pas la mise en place de grandes nappes souterraines. L'eau libre est contenue dans les différents interstices (perméabilité de pores ou de fracturation) du soubassement géologique superficiel fracturé. Cet horizon, alimenté par l'eau de pluie qui s'infiltré, est généralement compris entre 1 à une dizaine de mètres, jusqu'à 250m de profondeur.

Associée à un climat océanique, cette configuration hydrogéologique assure à l'ensemble du Massif Armoricain de très bonne capacité de recharge des nappes.

3.2 INDICE DE VULNERABILITE (PAR METHODE « D.R.A.S.T.I.C. »)

Cependant, cette même configuration hydrogéologique conduit à accentuer la vulnérabilité des eaux souterraines. Une nappe souterraine est d'autant plus vulnérable aux pollutions qu'elle se situe dans un contexte hydrogéologique défavorable (à faible profondeur, sous des horizons trop perméables, sol sans pouvoir épurateur,...) et que sa résilience (capacités des eaux à retrouver ses qualités initiales après une pollution) est faible.

L'objectif de la méthode « *D.R.A.S.T.I.C.* » est de quantifier les risques de pollution des eaux souterraines à partir des éléments qualitatifs reconnus lors de l'étude de terrain. Cette méthode est particulièrement bien adaptée pour la cartographie à petite échelle.

Elle est basée sur la compilation de critères pondérés caractérisant les différents horizons du sol et du sous-sol, séparant la ressource en eau des sources potentielles de pollution.

Généralement les critères choisis sont la nature lithologique des zones saturée et non saturée, la recharge, la perméabilité, la texture du sol et la topographie.

L'index de vulnérabilité intrinsèque (**Di**) est la somme pondérée de sept paramètres selon la formule suivante :

$$D_i = D_n D_p + R_n R_p + A_n A_p + S_n S_p + T_n T_p + I_n I_p + C_n C_p$$

Les données relevées sur le terrain donnent les paramètres suivants :

Dn	distance estimée à la nappe (épaisseur de la ZNS)	1,5-4,5m
Rn	recharge (pluie efficace)	>25,5mm/an
An	nature de la zone saturée	Formation gneiss fracturé
Sn	nature du sol	Limono – sableux
Tn	topographies, pentes	2-6%
In	nature de la ZNS	Sable, gravier, silt et argile
Cn	perméabilité mesurée de la ZNS	$2.1 \cdot 10^{-5}$ m/s

Dp, Rp, Ap, Sp, Tp, Ip et Cp : pondération de type sol « naturel » au regard de l'ensemble des parcelles du secteur.

L'indice de vulnérabilité obtenu (Di) pour le projet est de 185, caractéristique d'une vulnérabilité « forte » (d'après la classification de l'indice vulnérabilité (Engel et al., 1996)¹) des eaux souterraines des terrains concernés par le projet.

¹ B. A. Engel, K. C. S. Navulur, B. S. Cooper and L. Hahn, (1996): Estimating groundwater vulnerability to non point source pollution from nitrates and pesticides on a regional scale, *Int. Assoc. Hydrol. Sci. Publi.* 235, pp. 521-526.

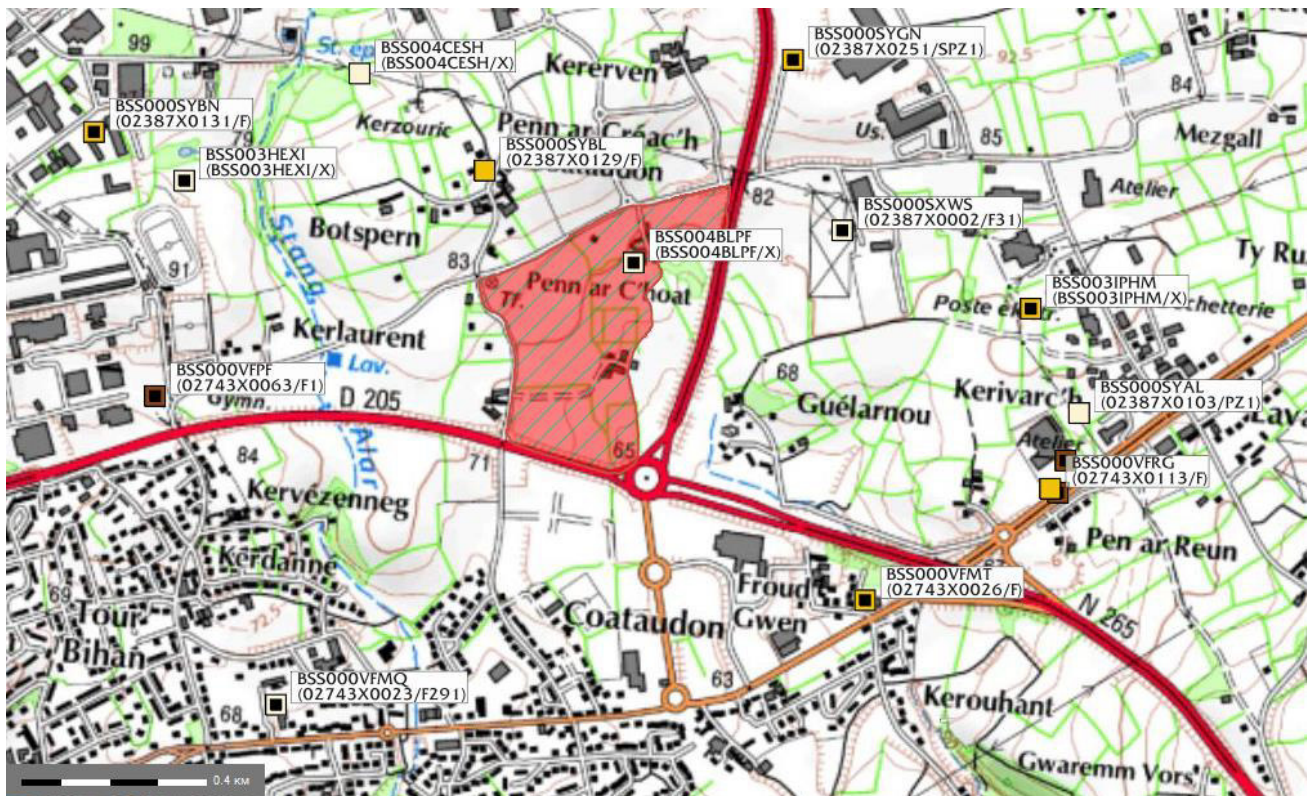
3.3 ASPECTS QUALITATIFS (OBJECTIFS SDAGE)

Concernant les eaux souterraines (premières masses rencontrées depuis la surface), le projet appartient à la masse d'eau de l'Elorn :

Code de la masse d'eau	Nom de la masse d'eau	Objectif d'état quantitatif		Objectif d'état chimique			Objectif d'état global	
		Objectif	Echéance d'atteinte de l'objectif	Objectif	Echéance d'atteinte de l'objectif	Motifs en cas de recours aux dérogations	Objectif	Echéance d'atteinte de l'objectif
FRGG112	Elorn	Bon état	2015	Objectif moins strict (pesticides autorisés)	2027	CD ; FT	Objectif moins strict	2027

3.4 USAGES

En périmètre du site se situent des forages référencés dans la banque du Sous-Sol (BRGM) ainsi que la prise d'eau du Moulin Blanc :



Localisation des forages et captages en proximité immédiate du projet

3.4.1 CAPTAGES ET FORAGES

Référence	Nature	Profondeur	Point d'eau	Usage
BSS000SXWS	Forage	40m	Oui	Eau aspersion
BSS000SYGN	Piézomètre	55m	Oui	Piézomètre
BSS000SYBN	Forage	15m	Oui	Piézomètre
BSS000VFPP	Forage	80m	Non	Eau industrielle
BSS000VFMQ	Forage	20m	Non	Eau cheptel
BSS000VFMT	Forage	20m	Non	Non renseigné
BSS000VFPM	Forage	15m	Non	Suivi de qualité des eaux
BSS000SYAQ	Forage	15m	Non	Suivi de qualité des eaux
BSS000SYAL	Forage	15m	Non	Suivi de qualité des eaux
BSS003HEXI	Forage	91m	Non	Non renseigné
BSS004BLPF	Forage	200m	Non	Géothermie
BSS000SYBL	Forage	30m	Non	Geothermie
BSS004CESH	Puits	/	Non	Piézomètre
BSS003IPHM	Forage	31m	Non	Non renseigné

Les aménagements projetés ne sont pas susceptibles d'affecter notablement l'usage de ces forages.

3.4.2 PRISE D'EAU DE GOAREM VORS

Le projet se situe dans le périmètre de protection éloignée de la prise d'eau de Goarem Vors.

La prise d'eau de Goarem Vors alimente l'usine de production d'eau potable du Moulin Blanc à Guipavas. Son périmètre de protection comporte trois niveaux définis à partir d'études réalisées par un hydrogéologue agréé.

- Le périmètre de protection immédiate acquis par Brest métropole, titulaire de l'autorisation de pompage.
- Le périmètre de protection rapprochée P1 : secteur plus vaste à l'intérieur duquel toute activité susceptible de provoquer une pollution y est interdite ou soumise à des prescriptions particulières. Son objectif est de prévenir la migration des polluants vers le captage.
- Le périmètre de protection éloignée correspondant à la totalité du bassin versant amont de la prise d'eau.

Les aménagements devront être conformes avec les prescriptions en vigueur. A savoir que les eaux de surface étant par définition vulnérables, le périmètre éloigné constitue un périmètre de vigilance qui englobe les bassins versants des 2 prises d'eau de l'usine du Moulin Blanc.

A l'intérieur de ces périmètres éloignés, il sera nécessaire de conduire des opérations de protection de la ressource en eau, tant pour les collectivités, les activités agricoles, artisanales et industrielles que pour les particuliers, en application de la réglementation générale et dans le cadre d'un programme d'actions volontaristes.

En outre, l'inventaire des risques de pollution accidentels sera tenu à jour et il sera procédé à des visites régulières des installations. Il serait en outre utile de rédiger un document guide à l'intention des entreprises sur les mesures à prendre pour éviter les pollutions des eaux et sur la conduite à tenir en cas de pollution accidentelle.

- Protection des espaces naturels,
- Prise en compte des risques de pollution dans les documents et projets d'urbanisme, dans les projets et les autorisations d'activité,
- Suivi et surveillance des activités et leur impact,
- Vigilance sur le respect de la réglementation générale et la conformité aux réglementations spécifiques,
- Mise en place de programmes d'actions volontaristes.

4 LE MILIEU NATUREL

4.1 SITE NATURA 2000

Le réseau Natura 2000 est constitué de sites désignés pour assurer la conservation de certaines espèces d'oiseaux (Directive « Oiseaux » de 1979) et de sites permettant la conservation de milieux naturels et d'autres espèces (Directives « Habitat » de 1992).

Sur chaque site, un document d'objectifs (DOCOB), document d'orientation et de gestion, est élaboré.

Un régime d'évaluation des incidences des programmes et projets d'aménagement affectant les espaces du réseau Natura 2000 a été prévu. L'évaluation d'incidence, qui s'insère dans les régimes d'autorisation ou d'approbation existants, a pour objet de vérifier la compatibilité des programmes et projets d'aménagement avec les objectifs de conservation des sites Natura 2000.

Le site du projet ainsi que l'exutoire de son bassin versant ne sont inscrits dans le réseau Natura 2000.

4.2 ESPACES NATURELS SENSIBLES

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique sont répertoriées dans le cadre d'un programme national lancé en 1982 par le Ministère de l'Environnement. L'objectif de cet inventaire est de recenser les espaces naturels qui abritent des espèces rares, menacées ou qui représentent des écosystèmes riches et peu modifiés par l'homme, qu'ils soient :

- des espaces généralement limités, définis par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional (ZNIEFF de type I)
- de grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes (ZNIEFF de type II).

L'exutoire du bassin versant de la rivière du Costour est l'estuaire de l'Elorn répertorié comme ZNIEFF :

Identification	Code	Distance du projet
Estuaire de l'Elorn ZNIEFF de type 1	530030195	2.9 km

Les principaux impacts sur la ZNIEFF au niveau de l'exutoire du projet pourraient être une modification des débits collectés par le ruisseau du Costour et une augmentation de la turbidité en phase travaux.

Les mesures adoptées pour la gestion quantitative et qualitative des eaux pluviales du projet permettront de limiter les impacts sur le milieu aval, et ce également en phase travaux.

L'impact du projet sera par ailleurs négligeable par rapport aux flux collectés par les réseaux urbains se rejetant dans le ruisseau du Costour.

1 IMPACT SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

1.1 ASPECT QUANTITATIF

L'impact des aménagements est évalué à partir de l'état des lieux établi précédemment et de l'estimation des débits de ruissellement du projet au point de rejet.

		A l'exutoire du projet	
		Site initial	Projet sans mesures compensatoires
Pluie décennale	Pluie intense de 3H	42 L/s	1 582 L/s
	Pluie longue de 24 H	43 L/s	172 L/s
Pluie centennale	Pluie intense de 3H	158 L/s	3 348 L/s

Sans mesures de gestion des eaux pluviales, le projet peut porter un impact important sur les écoulements au niveau du réseau d'eaux pluviales du boulevard Mitterrand puis sur le cours d'eau du Costour en aval.

Après aménagement et sans mesure compensatoire, la concentration et l'augmentation des débits de ruissellement au niveau de l'exutoire pourraient conduire à des incidences sur le milieu récepteur :

- Saturation du réseau d'eaux pluviales en aval du projet
- Inondations du giratoire de Quélarnou situé en aval des terrains du projet
- Risques de dégradation du milieu, à l'exutoire du réseau dans le cours d'eau :
 - Erosion aux points de rejet
 - Décantation des boues et sables collectés par le réseau du projet dans les zones où l'écoulement est ralenti
- Augmentation de la fréquence des débordements du ruisseau du Costour, aggravant un contexte hydraulique sensible
- Dépassement de la capacité hydraulique des ouvrages hydrauliques existants sur le ruisseau du Costour (ponceaux, buses, ...).

1.2 ASPECT QUALITATIF

Les effets sur le milieu sont liés aux rejets :

- De matières organiques (désoxygénation, mortalité piscicole, odeurs,...)
- De solides (colmatage des fonds, turbidité, relargage de toxiques)
- De toxiques (mortalité, effets à long terme)
- De germes pathogènes et de virus (baignade, ostréiculture)
- De nutriments (eutrophisation, consommation d'oxygène)
- De flottants (visuel).

Ces divers paramètres provoquent :

- Des effets cumulatifs sur de longues périodes (toxiques, solides, nutriments,...). Le flux à prendre en compte sera, dans ce cas, la masse annuelle.
- Des effets de choc liés à la désoxygénation et aux effets toxiques immédiats. Le flux à prendre en compte est la masse rejetée à l'occasion d'un événement pluvieux d'une période de retour annuelle.

Pour l'appréciation de l'impact, le principe de base est le respect des objectifs de qualité (issus du SDAGE, du SAGE, des cartes d'objectifs de qualité, et de la Directive Cadre sur l'Eau), pour les 2 situations chronique et de choc.

1.2.1 EFFETS CUMULATIFS

Les masses polluantes annuellement rejetées à l'aval des collecteurs pluviaux sont très variables. Le tableau suivant indique un ordre de grandeur des masses moyennes d'éléments polluants observé dans les rejets pluviaux en aval des zones urbaines denses :

Paramètres de pollution	Masses en suspension rejetées dans les eaux de ruissellement (en kg/hectare imperméabilisé)
Matières en suspension MES	1000
Demande chimique en oxygène DCO	820
Demande biologique en oxygène DBO5	120
Hydrocarbures	25
Plomb	1.3

(Recommandations techniques « Les eaux pluviales dans les projets d'aménagement en Bretagne » - décembre 2007)

L'impact du projet peut être évalué en comparant les concentrations en polluants rejetés par le projet et les objectifs de qualité définis par la Police de l'Eau :

Caractéristiques du projet		
Surfaces imperméabilisées	7.42 ha	
Surfaces drainées	9.13 ha	
Hauteur annuelle moyenne de précipitation	1230 mm (station de Brest-Guipavas 1991-2020)	
Paramètres de pollution	Concentration moyenne annuelle de polluants rejetés dans les eaux de ruissellement	Objectifs de qualité
Matières en suspension MES	66 mg/L	30 mg/L
Demande chimique en oxygène DCO	54 mg/L	30 mg/L
Demande biologique en oxygène DBO5	7.9 mg/L	6 mg/L
Hydrocarbures	1.65 mg/L	5 mg/L
Plomb	0.09 mg/L	0.21 mg/L

1.2.2 EFFETS DE CHOC

Les effets de choc sont estimés pour un épisode pluvieux d'une période de retour annuelle :

Paramètres de pollution	Masses en suspension rejetées dans les eaux de ruissellement (en kg/hectare imperméabilisé)
Matières en suspension MES	65
Demande chimique en oxygène DCO	40
Demande biologique en oxygène DBO5	6.5
Hydrocarbures	0.7
Plomb	0.04

(Recommandations techniques « Les eaux pluviales dans les projets d'aménagement en Bretagne » - décembre 2007)

Caractéristiques du projet		
Surfaces imperméabilisées	7.42 ha	
Surfaces drainées	9.13 ha	
Hauteur de précipitation d'une pluie annuelle	17.4 mm en 2H (IT 77)	
Paramètres de pollution	Concentration moyenne de polluants rejetés dans les eaux de ruissellement	Objectifs de qualité
Matières en suspension MES	304 mg/L	30 mg/L
Demande chimique en oxygène DCO	187 mg/L	30 mg/L
Demande biologique en oxygène DBO5	30 mg/L	6 mg/L
Hydrocarbures	3.3 mg/L	5 mg/L
Plomb	0.19 mg/L	0.21 mg/L

2 IMPACT SUR LES EAUX SOUTERRAINES

L'aménagement prévoit à terme une modification importante des premiers horizons du sol et du sous-sol. L'imperméabilisation diminuera notamment fortement les capacités originelles du sol à infiltrer les eaux de pluie en conduisant les ruissellements hors des parcelles.

Cela se traduira par :

- une diminution des capacités de recharge des nappes,
- une diminution de la résilience des eaux souterraines (capacités des eaux à retrouver ses qualités initiales après une pollution) par :
 - une concentration progressive des différents polluants,
 - une diminution des circulations d'eaux souterraines.

Dans un souci de limiter l'incidence du projet sur le milieu récepteur et de préservation de l'avenir (développement durable, principe de prévention, ...), le principe à mettre en œuvre est de maintenir la situation initiale, avant aménagement, voire de l'améliorer.

Il s'agit ici essentiellement de systèmes de compensation à l'imperméabilisation du sol tendant à la stabilisation des volumes ruisselés, à la régulation des débits, et/ou au traitement de la pollution, y compris le traitement de la pollution chronique et accidentelle.

1 DISPOSITIFS DE MAITRISE DES DEBITS

Le site du projet se compose de différents secteurs présentant des aptitudes variables à l'infiltration des eaux pluviales :

- En partie haute et médiane, le site se caractérise par un contexte hydrogéologique et une perméabilité modérée favorables à une gestion par infiltration des eaux pluviales.
- En partie aval et Est, l'aptitude du sous-sol à l'infiltration des eaux pluviales se dégrade avec la présence du toit de la nappe phréatique à plus faible profondeur.

Afin d'utiliser au maximum le potentiel d'infiltration du soubassement, ces contraintes orientent le schéma de gestion des eaux pluviales vers des systèmes de rétention à ciel ouvert, implantés dans les horizons superficiels du sol.

L'exutoire du projet est la rivière du Costour. Ce cours d'eau constitue l'exutoire d'une zone assez importante et conduit à un contexte hydraulique déjà sensible en aval (risque d'inondations de zone urbanisée construite en bordure de ruisseau).

Pour le schéma de gestion des eaux pluviales de l'opération, Brest Métropole demande de prendre en compte la pluie conduisant à la crue de ce cours d'eau pour une période de retour de 100 ans.

Le schéma a été élaboré sur la base du risque centennal en favorisant l'infiltration des eaux pluviales autant que possible.

La gestion des eaux pluviales sera étagée afin de gérer le ruissellement au plus près de l'impluvium et limiter ainsi, les volumes d'eaux pluviales arrivant au point bas du site, secteur présentant une aptitude plus modérée à l'infiltration des eaux pluviales.

Le schéma de gestion des eaux pluviales se base sur la temporisation du ruissellement des voiries et des toitures des bâtiments au niveau de 5 bassins en cascade, réalisés en aval des zones de stationnements et en partie basse de l'opération en bordure du boulevard Mitterrand.

Ces bassins se présentent sous la forme d'une dépression peu profonde par rapport aux abords, avec un profil présentant une berge à pente douce. Ces ouvrages stockent temporairement les eaux de ruissellement et les restituent au milieu récepteur à débit régulé. Implantés dans les horizons supérieurs du sol, ils favorisent l'infiltration des flux collectés.

Ces ouvrages sont enherbés. Les végétaux s'y développant ont une fonction importante en augmentant la perméabilité du sol et en empêchant le tassement du sol par leurs racines, favorisant ainsi l'infiltration d'une partie des flux dans le sol.

Chaque bassin sera équipé d'une prise basse de vidange permettant aux ouvrages de se vider complètement entre deux épisodes pluvieux.

Le rejet unique du projet du futur stade de Brest est le débit régulé en sortie du bassin le plus aval.

Le débit de fuite maximal de l'opération s'élève à 39.6 L/s pour le risque centennal, soit un rejet spécifique de 3.0 L/s/ha.

En cas de surcharge du réseau de collecte, les écoulements s'opéreront en surface et suivront la pente des voiries vers les bassins. Un talus sera par ailleurs créé en partie basse du terrain afin de retenir tout écoulement de surface issu du terrain.

Les eaux pluviales des toitures Sud du stade seront collectées par un réseau indépendant jusqu'à une réserve de 80 m³ en vue de leur utilisation pour les sanitaires des bureaux, des loges, de la brasserie et de la tribune Sud.

Le système de gestion des eaux pluviales assure par ailleurs un abattement efficace de la pollution véhiculée par les eaux pluviales par la tranquillisation des flux dans la succession de bassins.

Le ruissellement des zones de livraison du niveau inférieur du stade sera aussi préalablement traité par un séparateur à hydrocarbures placé en amont des bassins.

L'implantation et les caractéristiques des ouvrages de gestion des EP sont présentées ci-après.

La description détaillée et les plans des bassins figurent en annexe.

		A l'exutoire du projet		
		Site initial	Projet sans mesures compensatoires	Projet après mesures compensatoires
Pluie décennale	Pluie intense de 3H	42 L/s	1 582 L/s	16.4 L/s
	Pluie longue de 24 H	43 L/s	172 L/s	20.0 L/s
Pluie centennale	Pluie intense de 3H	158 L/s	3 348 L/s	39.6 L/s

Bassins de rétention en cascade

Ouvrage	Bassin 5	Bassin 4	Bassin 3	Bassin 2	Bassin 1
Alimentation Débit maximal d'entrée (100 ans –durée 3H)	0.32 m ³ /s	0.71 m ³ /s	2.12 m ³ /s	1.11 m ³ /s	0.14 m ³ /s
Vidange Infiltration Orifice (mm) Débit maximal Exutoire	2.8 10 ⁻⁶ m/s φ50 4.1 L/s Bassin 2	2.8 10 ⁻⁶ m/s φ50 4.4 L/s Bassin 2	1.5 10 ⁻⁵ m/s 2 x φ100 39.4 L/s Bassin 2	1.5 10 ⁻⁵ m/s 2 x φ100 36.9 L/s Bassin 1	1.0 10 ⁻⁵ m/s 2 x φ110 39.6 L/s Réseau EP boulevard Mitterrand
Caractéristiques Volume utile Hauteur utile Volume maximal de stockage Dimensions à la base	380 m ³ 0.50 m 430 m ³ H _{eau} =0.55 m 630 m ²	820 m ³ 0.60 m 900 m ³ H _{eau} =0.65 m 1 150 m ²	1 150 m ³ 0.80 m 1 230 m ³ H _{eau} =0.85 m 1 175 m ²	885 m ³ 0.70 m 965 m ³ H _{eau} =0.75 m 935 m ²	250 m ³ 0.50 m 285 m ³ H _{eau} =0.55 m 335 m ²
Temps de vidange (pluie centennale)	20H50	31H	9H	11H15	9H20
Surverse Réseau (section minimale) Echancrure (linéaire minimum) Débit capable Exutoire	φ300 - 153 L/s Bassin 2	- 5 m 94 L/s Bassin 2	- 40 m 0.76 m ³ /s Bassin 2	- 6 m 114 L/s Bassin 1	Aucune



2 DISPOSITIFS DE DEPOLLUTION

2.1 GESTION DE LA POLLUTION DE FOND

Les spécificités de la pollution des eaux de ruissellement classiques sont :

- une faible concentration en hydrocarbures (généralement inférieur à 5 mg/l),
- une pollution essentiellement particulaire (y compris pour les hydrocarbures et les métaux lourds qui sont majoritairement fixé aux particules)
- une pollution peu organique.

Selon l'origine du ruissellement, un traitement approprié est défini afin d'atteindre une qualité des eaux compatible avec leur infiltration dans le sous-sol :

- Le ruissellement des zones de stationnements perméables et des voies piétonnes se caractérise par une pollution essentiellement fixée sur les matières en suspensions. La transition dans les différents bassins implantés en cascade favorisera la décantation de ces MES.
- Le niveau inférieur du stade constitue une zone de logistique et de stationnements. Le ruissellement peut ainsi véhiculer une part non négligeable d'hydrocarbures. De plus, ces activités peuvent présenter un risque de pollution accidentelle. Les eaux chargées en hydrocarbures et en huiles doivent être traitées à l'aide d'un séparateur à hydrocarbures.

2.1.1 TRAITEMENT DES HYDROCARBURES DU SECTEUR INFÉRIEUR

Le ruissellement du niveau inférieur, susceptible d'être chargé en hydrocarbures et en huiles, doit être traité à l'aide d'un séparateur à hydrocarbures assurant un rejet d'hydrocarbures inférieur à 5 mg/L.

Les normes européennes applicables aux séparateurs à hydrocarbures sont les normes NF EN 858-1 de février 2005 et NF EN 858-2.

2.1.2 BASSINS DE RETENTION

La tranquillisation des flux favorise une décantation des particules, permettant ainsi un abattement important de la pollution véhiculée par les eaux pluviales.

La dépollution étant fortement liée au principe de décantation, la vitesse de Hazen et le temps de séjour sont des paramètres importants pour déterminer l'efficacité de ce processus dans l'ouvrage proposé.

Ouvrage	Superficie des bassins (mi-hauteur)	Débit de fuite maximal	Vitesse de l'eau dans le réservoir (vitesse de Hazen)	Temps de vidange suite au débit de pointe d'un événement centennal
Bassin 5	772 m ²	4.1 L/s	0.02 m/h	20H50
Bassin 4	1 368 m ²	4.4 L/s	0.01 m/h	31H
Bassin 5	1 435 m ²	39.4 L/s	0.10 m/h	9H
Bassin 2	1 266 m ²	36.9 L/s	0.10 m/h	11H15
Bassin 1	497 m ²	39.6 L/s	0.29 m/h	9H20

Les abattements de MES peuvent être liés à la vitesse de Hazen :

Vitesse de Hazen (m/h)	Abattement des MES
7.2	50%
3.6	60%
1.0	80%
0.4	90%

Le tableau ci-dessous montre les résultats des abattements observés pour une décantation de quelques heures en bassin de retenue avec des rendements minimums correspondant à une décantation de 3 heures et des rendements maximum correspondant à une décantation de 10 heures :

Paramètres de pollution	Abattement de la pollution
Matières en suspension (MES)	83 à 90%
Demande chimique en oxygène (DCO)	70 à 90%
Demande biologique en oxygène (DBO5)	75 à 91%
Hydrocarbures totaux	>88%
Plomb	65 à 81%

(Recommandations techniques « Les eaux pluviales dans les projets d'aménagement en Bretagne » - décembre 2007)

Les concentrations simulées en sortie de chaque étage du bassin sont présentées dans les tableaux ci-après :

Effets cumulatifs						
Hauteur annuelle moyenne de précipitation	1230 mm (station de Brest-Guipavas 1991-2020)					
	Bassins de rétention en cascade					
	Bassin 5	Bassin 4	Bassin 3	Bassins 2 et 1		
Surfaces imperméabilisées	0.84 ha	1.68 ha	4.49 ha	0.41 ha		
Surfaces drainées	1.08 ha	2.24 ha	5.91 ha	0.79 ha		
Paramètres de pollution	Concentration moyenne annuelle de polluants rejetés dans les eaux de ruissellement					Objectifs de qualité
	Bassin 5	Bassin 4	Bassin 3	Bassin 2	Bassin 1 Rejet au réseau	
Matières en suspension MES	6.3 mg/L	6.1 mg/L	10.5 mg/L	1.2 mg/L	0.2 mg/L	30 mg/L
Demande chimique en oxygène DCO	5.2 mg/L	5.0 mg/L	16.1 mg/L	1.4 mg/L	0.4 mg/L	30 mg/L
Demande biologique en oxygène DBO5	0.7 mg/L	0.7 mg/L	1.9 mg/L	0.16 mg/L	0.04 mg/L	6 mg/L
Hydrocarbures	0.19 mg/L	0.18 mg/L	0.20 mg/L	0.03 mg/L	0.004 mg/L	5 mg/L
Plomb	0.02 mg/L	0.02 mg/L	0.03 mg/L	0.005 mg/L	0.002 mg/L	0.21 mg/L

Effets de chocs						
Hauteur de précipitation d'une pluie annuelle	17.4 mm en 2H (IT 77)					
	Bassins de rétention en cascade					
	Bassin 5	Bassin 4	Bassin 3	Bassins 2 et 1		
Surfaces imperméabilisées	0.84 ha	1.68 ha	4.49 ha	0.41 ha		
Surfaces drainées	1.08 ha	2.24 ha	5.91 ha	0.79 ha		
Paramètres de pollution	Concentration moyenne de polluants rejetés dans les eaux de ruissellement					Objectifs de qualité
	Bassin 5	Bassin 4	Bassin 3	Bassin 2	Bassin 1 Rejet au réseau	
Matières en suspension MES	29 mg/L	28 mg/L	48 mg/L	5.3 mg/L	0.9 mg/L	30 mg/L
Demande chimique en oxygène DCO	18 mg/L	17 mg/L	55 mg/L	4.8 mg/L	1.4 mg/L	30 mg/L
Demande biologique en oxygène DBO5	2.6 mg/L	2.5 mg/L	7.5 mg/L	0.6 mg/L	0.2 mg/L	6 mg/L
Hydrocarbures	0.4 mg/L	0.4 mg/L	0.4 mg/L	0.06 mg/L	0.007 mg/L	5 mg/L
Plomb	0.03 mg/L	0.03 mg/L	0.07 mg/L	0.01 mg/L	0.007 mg/L	0.21 mg/L

2.2 GESTION DES POLLUTIONS ACCIDENTELLES

La pollution accidentelle est due principalement aux déversements d'hydrocarbures ou de produits polluants inhérents aux accidents de la route et à des rejets « accidentels » d'une zone industrielle.

Le projet n'induit pas d'activités ou de circulations susceptibles d'être à l'origine d'une telle pollution.

Le ruissellement des zones de livraison de carburants des groupes électrogènes sera collecté par un séparateur à hydrocarbures.

Il faut toutefois envisager les risques de déversement sur la voirie d'huiles usagées de vidange, de produits toxiques,... Ces pollutions ne constituent que des faibles volumes qui pourront être contenus dans les regards et le réseau précédant les ouvrages. Il est possible de mettre en place des vannes en sortie des bassins afin d'y confiner une éventuelle pollution accidentelle.

Dans tous les cas, une intervention rapide des services et entreprises compétents doit éviter à la pollution de stationner trop longtemps dans les bassins et de s'infiltrer dans le sol. Une décontamination du sol doit être effectuée par des techniques adaptées si l'ouvrage est touché par une pollution.

3 MESURES CORRECTIVES ET/OU COMPENSATOIRES EN PHASE DE CHANTIER

Les travaux sont sources d'une forte pollution par les matières en suspension (argiles, sables).
Pour éviter que le ruissellement du terrain, chargé en boues, n'atteigne le milieu récepteur, une gestion du ruissellement du site pendant la phase de travaux devra être mise en place.
Etant donné la présence de la prise d'eau de Goarem Vors en aval, une attention particulière devra être portée pendant toute la phase chantier et par l'ensemble des entreprises intervenant sur le site.

Afin de retenir le ruissellement du site pendant la phase de terrassements, des merlons capables de supporter une charge hydraulique en amont devront être construits dans les parties basses des différentes zones aménagées.

Les ouvrages seront ainsi mis en place durant la phase chantier pour assurer la gestion du risque biennal du ruissellement du projet.

Il est conseillé de réaliser le terrassement des bassins au démarrage du chantier.

Les eaux pluviales de la phase travaux pourront être drainées par un réseau de fossés creusés en bordure de voirie acheminant l'ensemble du ruissellement vers les bassins de retenue.

Ces ouvrages permettront la tranquillisation des flux et la décantation des matières en suspension.

Un géotextile en sortie de bassin peut servir de filtre pour limiter les sorties de matières en suspension.

Les 5 bassins permettent la gestion d'une pluie de période de retour 2 ans :

Fonctionnement des bassins en phase travaux Pluie de période de retour 2 ans	Bassin 5	Bassin 4	Bassin 3	Bassin 2	Bassin 1
Volume de stockage	77 m ³	211 m ³	494 m ³	81 m ³	3 m ³
Hauteur d'eau	0.12 m	0.17 m	0.38 m	0.08 m	0.01 m
Exutoire	Bassin 2	Bassin 2	Bassin 2	Bassin 1	Réseau EP
Rejet maximal au réseau EP	-	-	-	-	11.5 L/s

Le curage des bassins sera nécessaire en fin de travaux.

Enfin, toutes précautions utiles doivent être prises pour éviter les atteintes au milieu aquatique susceptibles de survenir durant la période des travaux, notamment par :

- le confinement des sites de maintenance et de stationnement des engins de chantier ;
- mise en place d'un déboureur en entrée de voie du chantier afin de réduire au maximum la sortie de fines et de boues en dehors du projet ;
- la gestion des matériaux de déblais doit être assurée de manière à ne pas engendrer de stockages sur des milieux naturels, et en particulier en zone humide et en zone de fond de vallée ;
- l'évacuation des déblais ou des déchets de chantier doit être orientée vers des filières appropriées.

Compatibilité de l'opération avec les objectifs définis par les schémas d'aménagement relatifs à l'eau

1 SDAGE LOIRE BRETAGNE 2022-2027

1.1 PRINCIPE

Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux, le Sdage Loire-Bretagne, définit la stratégie à appliquer pour les années 2022 à 2027 pour retrouver des eaux en bon état.

Le Sdage 2022 à 2027 adopté le 3 mars par le comité de bassin Loire-Bretagne et son programme de mesures arrêté le 18 mars 2022 par la préfète coordonnatrice de bassin sont entrés en vigueur le 4 avril 2022.

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un document de planification concertée qui décrit les priorités de la politique de l'eau pour le bassin hydrographique Loire Bretagne :

- Il définit les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau.
- Il fixe les objectifs de qualité et de quantité à atteindre pour chaque cours d'eau, plan d'eau, nappe souterraine, estuaire et secteur littoral.
- Il détermine les dispositions nécessaires pour prévenir la détérioration et assurer l'amélioration de l'état des eaux et des milieux aquatiques.
- Il est complété par un programme de mesures qui précise, secteur par secteur, les actions (techniques, financières, réglementaires), à conduire d'ici 2021 pour atteindre les objectifs fixés. Sur le terrain, c'est la combinaison des dispositions et des mesures qui permettra d'atteindre les objectifs.

Le SDAGE répond à quatre questions importantes :

1- **Qualité des eaux**

Que faire pour garantir des eaux de qualité pour la santé des hommes, la vie des milieux aquatiques et les différents usages, aujourd'hui, demain et pour les générations futures ?

2- **Milieux aquatiques**

Comment préserver et restaurer des milieux aquatiques vivants et diversifiés, des sources à la mer ?

3- **Quantité**

Comment partager la ressource disponible et réguler ses usages ? Comment adapter les activités humaines et les territoires aux inondations et aux sécheresses ?

4- **Gouvernance**

Comment s'organiser ensemble pour gérer ainsi l'eau et les milieux aquatiques dans les territoires, en cohérence avec les autres politiques publiques ? Comment mobiliser nos moyens de façon cohérente, équitable et efficiente ?

Les réponses à ces questions sont organisées au sein de 14 chapitres qui définissent les grandes orientations et des dispositions à caractère juridique pour la gestion de l'eau.

- 1- **Repenser les aménagements de cours d'eau** : les modifications physiques des cours d'eau perturbent le milieu aquatique et entraînent une dégradation de son état.
- 2- **Réduire la pollution par les nitrates** : les nitrates ont des effets négatifs sur la santé humaine et le milieu naturel.
- 3- **Réduire la pollution organique et bactériologique** : les rejets de pollution organique sont susceptibles d'altérer la qualité biologique des milieux ou d'entraver certains usages.
- 4- **Maîtriser et réduire la pollution par les pesticides** : tous les pesticides sont toxiques au-delà d'un certain seuil. Leur maîtrise est un enjeu de santé publique et d'environnement.

- 5- **Maîtriser et réduire les pollutions dues aux substances dangereuses** : leur rejet peut avoir des conséquences sur l'environnement et la santé humaine, avec une modification des fonctions physiologiques, nerveuses et de reproduction.
- 6- **Protéger la santé en protégeant la ressource en eau** : une eau impropre à la consommation peut avoir des conséquences négatives sur la santé. Elle peut aussi avoir un impact en cas d'indigestion lors de baignades, par contact cutané ou par inhalation.
- 7- **Maîtriser les prélèvements d'eau** : certains écosystèmes sont rendus vulnérables par les déséquilibres entre la ressource disponible et les prélèvements. Ces déséquilibres sont particulièrement mis en évidence lors des périodes de sécheresse.
- 8- **Préserver les zones humides** : elles jouent un rôle fondamental pour l'interception des pollutions diffuses, la régulation des débits des cours d'eau ou la conservation de la biodiversité.
- 9- **Préserver la biodiversité aquatique** : la richesse de la biodiversité aquatique est un indicateur du bon état des milieux. Le changement climatique pourrait modifier les aires de répartition et le comportement des espèces.
- 10- **Préserver le littoral** : le littoral Loire-Bretagne représente 40 % du littoral de la France continentale. Situé à l'aval des bassins versants et réceptacle de toutes les pollutions, il doit concilier activités économiques et maintien d'un bon état des milieux et des usages sensibles.
- 11- **Préserver les têtes de bassin versant** : ce sont des lieux privilégiés dans le processus d'épuration de l'eau, de régulation des régimes hydrologiques et elles offrent des habitats pour de nombreuses espèces. Elles sont très sensibles et fragiles aux dégradations.
- 12- **Faciliter la gouvernance locale et renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques** : la gestion de la ressource en eau ne peut se concevoir qu'à l'échelle du bassin versant. Cette gouvernance est également pertinente pour faire face aux enjeux liés au changement climatique.
- 13- **Mettre en place des outils réglementaires et financiers** : la directive européenne cadre sur l'eau énonce le principe de transparence des moyens financiers face aux usagers. La loi sur l'eau et les milieux aquatiques renforce le principe du « pollueur-payeur ».
- 14- **Informé, sensibiliser, favoriser les échanges** : la directive cadre européenne et la Charte de l'environnement adossée à la Constitution française mettent en avant le principe d'information et de consultation des citoyens.

1.2 DISPOSITIONS CONCERNEES PAR LE PROJET

Le projet d'aménagement est susceptible d'avoir un impact sur différents aspects des questions importantes définies par le SDAGE :

Qualité de l'eau	
Pollutions ponctuelles des agglomérations et des industries	Lutter plus efficacement contre les pollutions par les eaux pluviales
Prévenir la contamination par les micro-organismes pathogènes dans les zones protégées pour la santé humaine	
Quantité	
Réduire les risques liés aux inondations	Gérer les ruissellements à travers l'aménagement du territoire pour ne pas aggraver les inondations

Le projet est ainsi concerné par l'orientation fondamentale de la *Réduction de la pollution organique et bactériologique* décrite au chapitre 3 des dispositions :

3D – Maîtriser les eaux pluviales par la mise en place d'une gestion intégrée à l'urbanisme

Les apports d'eaux pluviales dans les réseaux unitaires sont susceptibles de perturber fortement le transfert des eaux usées vers la station de traitement des eaux usées. La maîtrise du transfert des eaux usées peut

reposer sur la mise en place d'ouvrages spécifiques (par exemple les bassins d'orage). Mais ces équipements sont rarement suffisants à long terme. De même, lorsque les eaux de ruissellement rejoignent directement le milieu naturel, elles peuvent contribuer à en dégrader la qualité ainsi que les usages, notamment au regard de la bactériologie. De plus, leur impact sur l'hydromorphologie des cours d'eau ne doit pas être sous-estimé, particulièrement en zone péri-urbaine où l'imperméabilisation des sols est importante. La question des macro-déchets véhiculés par les eaux de ruissellement devient également de plus en plus prégnante. C'est pourquoi il est nécessaire d'adopter des mesures de prévention au regard de l'imperméabilisation des sols, visant la limitation du ruissellement par le stockage et la régulation des eaux de pluie le plus en amont possible en privilégiant l'infiltration à la parcelle des eaux faiblement polluées. Ces mesures font partie du concept de gestion de l'eau intégrée à l'urbanisme. Lorsqu'elles sont appliquées dans le cadre d'opérations de requalification urbaine, ces mesures permettent également de réduire les quantités d'eaux pluviales rejetées dans les réseaux de collecte et le milieu naturel superficiel.

La gestion des eaux pluviales intégrée à l'urbanisme constitue également un élément clef de l'urbanisme favorable à la santé en réduisant les risques sanitaires (prolifération des gîtes larvaires pour les moustiques, réduction des îlots de chaleur urbain, etc..).

Une gestion de l'eau intégrée à l'urbanisme incite à travailler sur l'ensemble du cycle de l'eau d'un territoire (eaux usées, eaux pluviales, eau potable, eaux naturelles et d'agrément...) et à associer l'ensemble des acteurs au sein d'une collectivité (urbanisme, voirie, espaces verts, usagers...). La gestion des eaux pluviales intégrée à l'urbanisme est ainsi reconnue comme une alternative à la gestion classique centralisée dite du «tout tuyau».

La gestion des eaux pluviales intégrée à l'urbanisme vise à :

- intégrer l'eau dans la ville ;
- assumer l'inondabilité d'un territoire en la contrôlant, en raisonnant l'inondabilité à la parcelle sans report d'inondation sur d'autres parcelles ;
- gérer la pluie là où elle tombe et éviter que les eaux pluviales ne se chargent en pollution en macropolluants et micropolluants en ruisselant ;
- à ne pas augmenter, voire réduire les volumes collectés par les réseaux d'assainissement, en particulier unitaires ;
- adapter nos territoires au risque d'augmentation de la fréquence des événements extrêmes comme les pluies violentes, en conséquence probable du changement climatique

Dispositions

3D-1 - Prévenir le ruissellement et la pollution des eaux pluviales dans le cadre des aménagements

Les collectivités réalisent, en application de l'article L.2224-10 du code général des collectivités territoriales, un zonage pluvial dans les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement. Ce zonage offre une vision globale des mesures de gestion des eaux pluviales, prenant en compte les prévisions de développement urbain et industriel. Les zonages sont réalisés avant 2026

Il est fortement recommandé de retranscrire les prescriptions du zonage pluvial dans les PLU conformément à l'article L.151-24 du code de l'urbanisme.

En conséquence, les projets d'aménagement ou de réaménagement urbain devront :

- limiter l'imperméabilisation des sols ;
- privilégier le piégeage des eaux pluviales à la parcelle et recourir à leur infiltration sauf démonstration qu'elle est impossible;
- faire appel aux techniques alternatives au « tout tuyau » (noues enherbées, chaussées drainantes, bassins d'infiltration, toitures végétalisées...);
- réutiliser les eaux de ruissellement pour certaines activités domestiques ou industrielles

3D-2 - Limiter les apports d'eaux de ruissellement dans les réseaux d'eaux pluviales et le milieu naturel dans le cadre des aménagements

Si les capacités d'infiltration sont insuffisantes, le rejet des eaux de ruissellement résiduelles dans les réseaux séparatifs eaux pluviales puis dans le milieu naturel sera opéré dans le respect des débits acceptables par ces derniers et de manière à ne pas aggraver les écoulements par rapport à la situation avant aménagement.

Dans cet objectif, les documents d'urbanisme comportent des prescriptions permettant de limiter le ruissellement résiduel. A ce titre, il est fortement recommandé que les SCoT mentionnent des dispositions exigeant, d'une part des PLU qu'ils comportent des mesures relatives à l'imperméabilisation et aux rejets à un débit de fuite limité appliquées aux constructions nouvelles et aux seules extensions des constructions existantes, et d'autre part des cartes communales qu'elles prennent en compte cette problématique dans le droit à construire. En l'absence de SCoT, il est fortement recommandé aux PLU et aux cartes communales de comporter des mesures de même nature. À défaut d'une étude spécifique précisant la valeur de ce débit de fuite, le débit de fuite maximal sera de 3 l/s/ha pour une pluie décennale et pour une surface imperméabilisée raccordée supérieure à 1/3 ha.

3D-3 - Traiter la pollution des rejets d'eaux pluviales

Les autorisations portant sur de nouveaux ouvrages permanents ou temporaires de rejet d'eaux pluviales dans le milieu naturel, ou sur des ouvrages existants faisant l'objet d'une modification substantielle au titre de l'article R.181-46 du code de l'environnement prescrivent les points suivants :

- les eaux pluviales ayant ruisselé sur une surface potentiellement polluée par des macropolluants ou des micropolluants sont des effluents à part entière et doivent subir les étapes de dépollution adaptées aux types de polluants concernés. Elles devront subir a minima une décantation avant rejet ;
- les rejets d'eaux pluviales sont interdits dans les puits d'injection, puisards en lien direct avec la nappe ;
- la réalisation de bassins d'infiltration avec lit de sable sera privilégiée par rapport à celle de puits d'infiltration.

1.3 COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LE SDAGE

Ces différentes dispositions ont été intégrées à la définition du schéma de gestion des eaux pluviales du projet afin de le rendre compatible avec le SDAGE 2022-2027 :

Dispositions du SDAGE Loire - Bretagne	Mesures mises en œuvre dans le cadre du projet d'aménagement
3D-1 - Prévenir le ruissellement et la pollution des eaux pluviales dans le cadre des aménagements	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion du risque centennal conduisant à la crue du cours d'eau du Costour - Schéma de gestion des eaux pluviales favorisant l'infiltration des eaux collectées
3D-2 - Réduire les rejets d'eaux de ruissellement dans les réseaux d'eaux pluviales	<ul style="list-style-type: none"> - Infiltration d'une grande partie du ruissellement - Rejet maximal centennal de 3 L/s/ha
3D-3 - Traiter la pollution des rejets d'eaux pluviales	<ul style="list-style-type: none"> - Traitement spécifique des hydrocarbures de la zone de livraison - Décantation et abattement de la pollution dans les bassins de rétention

2 SAGE DE L'ELORN

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (S.A.G.E.) de l'Elorn est un document dit de planification puisqu'il a vocation à définir les orientations fondamentales de la politique de l'eau sur les bassins de l'Elorn, mais aussi de la Penfeld, la Mignonne, le Camfrout, et les petits ruisseaux côtiers avoisinants.

La Commission Locale de l'Eau (CLE) a retenu trois enjeux majeurs pour la gestion de l'eau, et les a hiérarchisés comme suit :

- **Enjeu 1 : « Qualité des eaux et satisfaction des usages qui en sont tributaires »**
Outre le respect des objectifs environnementaux définis à l'horizon 2015 par la Directive Cadre Européenne sur l'eau, l'enjeu prioritaire du SAGE porte sur l'amélioration de la qualité des eaux littorales, du fait de la présence en rade de Brest d'usages et d'activités économiques directement affectés par une mauvaise qualité des eaux. Les principales perturbations sont causées par la contamination bactériologique et par les manifestations d'eutrophisation (marées vertes, blooms phytoplanctoniques).
La qualité des eaux douces constitue également un enjeu, qui réside essentiellement dans la maîtrise des pollutions accidentelles, celles-ci affectant notamment la production d'eau potable.
- **Enjeu 2 : « Qualité des milieux et aménagement du territoire »**
La priorité est donnée à la préservation de la biodiversité et des fonctionnalités des zones humides et du bocage du bassin versant. La rade de Brest et la diversité des écosystèmes qu'elle abrite est également à protéger, ou tout au moins doit-on s'assurer du suivi de son état de santé.
Quant aux milieux d'eau douce, ils sont en particulièrement bon état sur l'Elorn, rivière classée en bon état au sens de la DCE. Il a donc été retenu en ce qui les concerne un objectif de non dégradation.
- **Enjeu 3 : « Disponibilité de la ressource en eau et gestion du risque d'inondations »**
Sur ce thème, il s'agit de concilier les prélèvements réalisés sur la ressource de surface avec le respect des contraintes environnementales spécifiques à chaque cours d'eau.
En second lieu, le SAGE visera à mieux cerner l'état de la ressource souterraine et les usages qui en sont faits.
Enfin, le SAGE aborde le thème de la prévention des inondations, mais la plus-value qu'il peut apporter dans la gestion du risque est relativement limitée, étant donné les démarches qui ont déjà été menées sur le territoire.
- A ces trois enjeux s'ajoute un thème transversal, relatif à l'organisation de la mise en œuvre du SAGE.

2.1 REGLEMENT

Le règlement, approuvé par arrêté préfectoral le 15/06/2010, édicte les règles particulières d'utilisation de la ressource en eau et/ou nécessaires à la protection et à la restauration des milieux aquatiques. Il est constitué de 10 articles, déclinant les quatre enjeux thématiques du SAGE.

Article 9 : Gestion des eaux pluviales (Enjeu Disponibilité de la ressource et inondations)

Les aménagements de toute nature, à l'origine de rejets d'eaux pluviales dans les eaux superficielles ou souterraines, sont dotés d'ouvrages de stockage ou de maîtrise des eaux pluviales dimensionnés pour l'évènement qui provoque une crue centennale dans le cours d'eau récepteur, dès lors qu'ils sont situés sur les communes de Landerneau et de Daoulas, en amont des secteurs exposés au risque d'inondation.

Ces mêmes aménagements sont dotés d'ouvrages de stockage ou de maîtrise des eaux pluviales, dimensionnés pour l'évènement qui provoque une crue vicennale dans le cours d'eau récepteur, lorsqu'ils sont situés sur les portions de communes limitrophes, situées sur le bassin versant en amont immédiat de ces communes, soit :

- sur le bassin de l'Elorn : Pencran, La Roche Maurice et Plouédern.
- sur le bassin de la Mignonne : Dirinon (en partie), Saint Urbain et Irvillac.

Les aménagements existants sont mis en conformité avec les dispositions des schémas directeurs de gestion des eaux pluviales.

2.2 PLAN D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DURABLE

Le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) formalise les objectifs généraux et les moyens prioritaires retenus pour les atteindre.

Prescription D.13 : Elaboration des schémas directeurs de gestion des eaux pluviales

Les collectivités publiques réalisent un schéma directeur de gestion des eaux pluviales compatible avec le SAGE de l'Elorn.

Ce document établit des règles de maîtrise des eaux pluviales s'appuyant sur le guide de gestion des eaux pluviales élaboré par les services de l'Etat pour la Région Bretagne. Ces règles s'appliquent à tout projet d'aménagement sur le territoire concerné ; elles sont intégrées dès le stade de la conception.

Comme le préconise ce guide, ces règles s'appuient sur un évènement qui provoque la crue décennale sur le cours d'eau récepteur. Le débit spécifique instantané pour le dimensionnement des ouvrages sera pris égal à 3l/s/ha, sauf toutefois :

- lorsqu'il existe des données plus précises observées sur le bassin versant (sur les recommandations du guide régional),
- en cas de dispositions ou justifications particulières au regard de la sensibilité et des enjeux situés à l'aval du projet (voir article 9 du règlement, en amont des zones soumises au risque d'inondation),
- et dans le cas de rejets directs en mer.

Prescription D.15 : Gestion des eaux pluviales : ouvrages d'infiltration, de stockage, de traitement

Les collectivités publiques gestionnaires de réseaux d'eaux pluviales réalisent les travaux d'aménagement et les ouvrages nécessaires à la maîtrise et au traitement des eaux pluviales, dans le respect de leur schéma directeur d'assainissement et du plan de zonage pluvial.

Les collectivités publiques privilégient le recours aux techniques alternatives permettant de retenir les eaux pluviales à la source, comme les noues et fossés d'infiltration, les chaussées poreuses à structures réservoirs, etc. Ces types de dispositifs sont notamment privilégiés dans le cadre de projets d'aménagement portant sur des superficies importantes (un ha ou plus).

Les collectivités publiques s'appuient pour cela sur le guide de gestion des eaux pluviales, élaboré par les services de l'Etat à l'échelle régionale et sur les informations communiquées par le Syndicat de Bassin de l'Elorn.

Plus généralement, les dispositions prises dans le projet de SDAGE sont rappelées :

- « Les eaux pluviales ayant ruisselé sur une surface potentiellement polluée devront subir a minima une décantation et un déshuilage avant rejet.
- Les rejets d'eaux pluviales sont interdits dans les puits d'injection, dans les puisards en lien avec la nappe...
- La réalisation de bassins d'infiltration avec lit de sable sera privilégiée par rapport à celle de puits d'infiltration.
- En l'absence d'un traitement adapté, l'infiltration d'eaux pluviales en provenance de zones à risque (parkings, aires de distribution d'essence, aires de lavage...) est interdite ».

2.3 COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LE SAGE

Au regard des enjeux sur la qualité des eaux et leur gestion quantitative, le système de gestion des eaux pluviales collectées sur le projet assure une dépollution efficace des eaux de ruissellement et respecte au mieux l'équilibre hydrologique de ce secteur.

Les différentes prescriptions du SAGE au maître d'ouvrage de projet d'aménagement sont notamment :

- conception et aménagements des espaces urbains en anticipant la problématique d'entretien des espaces urbains (Q27), en favorisant les aménagements qui :
 - soit faciliteront la mise en place de techniques de désherbage autres que chimique (par exemple : faciliter le passage d'engins en vue d'un désherbage mécanique),
 - soit réduiront le besoin d'entretien et de désherbage
- gestion des eaux pluviales privilégiant les techniques alternatives permettant de retenir les eaux pluviales à la source (D15).

Le projet assure la gestion des eaux pluviales pour le risque centennal.

L'ouvrage mis en place permet également la gestion des pollutions chroniques.

Afin de préserver le bon fonctionnement des bassins, un entretien doit être réalisé le plus régulièrement possible pour prévenir tout dysfonctionnement hydraulique.

Les huiles, graisses et sables des ouvrages siphoniques et des bacs de décantation seront évacués par une entreprise spécialisée vers une filière autorisée.

L'élimination des macrodéchets retenus dans les avaloirs ainsi que les sédiments accumulés dans les bassins, doit être conforme à la réglementation en vigueur.

Un registre d'exploitation doit être tenu à jour et comporter notamment les informations suivantes :

- les dates des opérations d'entretien des ouvrages ;
- les dates des opérations de curage ;
- les incidents ou accidents enregistrés.

L'entretien des ouvrages sera à la charge du maître d'ouvrage.

1 BASSINS DE RETENTION

L'entretien préventif des bassins est à effectuer au moins annuellement et consiste à :

- un fauchage,
- un ramasse des macrodéchets et des feuilles mortes,
- un curage des regards de vidange et une vérification du bon fonctionnement des dispositifs de régulation des débits (visite semestrielle).

Une inspection des ouvrages après de fortes précipitations est très recommandée.

2 SEPARATEUR A HYDROCARBURES

L'entretien préventif de ce dispositif consiste en :

- une surveillance semestrielle du séparateur à hydrocarbures avec vidange en cas de besoin
- un curage annuel avec inspection complète du séparateur à hydrocarbures.

Annexe

Caractéristiques des ouvrages de gestion des eaux pluviales Bassins d'infiltration/rétention

La gestion du ruissellement de l'ensemble du ruissellement du futur stade, ainsi que les différentes zones de stationnements, peut être assurée par des bassins enherbés peu profonds. L'implantation des bassins dans l'horizon végétal et en partie supérieure de l'altérite sableuse favorise l'infiltration des eaux.

La vidange de chaque bassin sera ainsi assurée en partie par infiltration et par un débit de fuite régulé vers les ouvrages aval puis vers le réseau d'eaux pluviales du boulevard Mitterrand.

En partie basse du site, 3 bassins sont aménagés en cascade, les 2 bassins amont fonctionnant en surverse vers l'ouvrage juste en aval pour les pluies importantes.

1 SITUATION

La topographie du secteur d'étude conduit à étager les bassins afin d'épouser au mieux le terrain naturel et limiter les terrassements.

La prise en compte des contraintes liées à l'aménagement et de la morphologie des terrains conduit à définir trois sous bassins versants gérés chacun par un ou plusieurs bassins.

La topographie du secteur Sud conduit à étager les bassins afin d'épouser au mieux le terrain naturel et limiter les terrassements. Le fil d'eau du raccordement au réseau d'eaux pluviales du boulevard Mitterrand ne permet pas l'exploitation du secteur aval du projet. Ce secteur devra être ceinturé d'un talus empêchant tout écoulement vers le fossé du giratoire de Quélarnou.

Des accès seront aménagés depuis les zones de stationnement Sud pour l'entretien des bassins et des espaces verts de ce secteur.

L'implantation des bassins peut être modifiée sous réserve de conserver les superficies de stockage des ouvrages (afin de conserver la composante d'infiltration des vidanges des bassins).

2 SURFACES DRAINEES

Bassin 5	Parking Nord-Est	<i>Surfaces imperméabilisées</i> Voies de desserte des stationnements et voie piétonne	4 475 m ²
		<i>Surfaces perméables</i> Stationnements Espaces verts Bassin de rétention	3 900 m ² 1 500 m ² 930 m ²
Bassin 4	Parvis et parking Nord-Ouest	<i>Surfaces imperméabilisées</i> Voies de desserte des stationnements et voie piétonne Parvis	6 175 m ² 6 290 m ²
		<i>Surfaces perméables</i> Stationnements Espaces verts Bassin de rétention	4 340 m ² 4 000 m ² 1 600 m ²
Bassin 3	Stade et parking Sud	<i>Surfaces imperméabilisées</i> Stade Voies de desserte des stationnements et voie piétonne	24 270 m ² 15 265 m ²
		<i>Surfaces perméables</i> Terrain de jeu Stationnements Espaces verts Bassin de rétention	8 945 m ² 5 360 m ² 3 500 m ² 1 715 m ²
Bassins 1 et 2	Voirie et parking Sud-Est	<i>Surfaces imperméabilisées</i> Voies de desserte des stationnements et voie piétonne	2 875 m ²
		<i>Surfaces perméables</i> Stationnements Espaces verts Bassins de rétention	1 265 m ² 1 500 m ² 2 295 m ²
TOTAL			100 200 m²

Les eaux de drainage des fondations des futures constructions ne sont pas prises en compte dans le dimensionnement des ouvrages.

Le schéma de la page suivante représente la répartition du ruissellement et l'implantation des différents ouvrages.



Principe de schéma de gestion des eaux pluviales
 Temporisation du ruissellement au niveau de 5 bassins d'infiltration/rétention :
 Bassins 1 à 3 : ouvrages en cascade
 Bassin 4 : gestion du ruissellement du parvis Nord et des parkings Nord
 Bassin 5 : gestion du ruissellement du parking Nord-Est

Noue	Volume utile	Hauteur utile	Superficie base
1	250 m ³	0.5 m	335 m ²
2	885 m ³	0.7 m	935 m ²
3	1150 m ³	0.8 m	1175 m ²
4	820 m ³	0.6 m	1150 m ²
5	380 m ³	0.5 m	630 m ²

Bassins à fond horizontal
 Vidange par orifices et par infiltration dans l'horizon végétal
 Berges 6/1 et 2/1 (côté aval)
 Rejet maximal centennal 39.6 L/s (3L/s/ha)

- ▨ Zone de collecte du bassin 5
- ▨ Zone de collecte du bassin 4
- ▨ Zone de collecte du bassin 3
- ▨ Zone de collecte du bassin 2

Projet : Guipavas - Maner Coz
 Construction du nouveau stade de Brest
 Plan : Schéma de gestion des eaux pluviales

3 PRINCIPE

Les ouvrages sont des bassins enherbés implantés dans l'horizon végétal en place.

La prise en compte des sous-bassins versants, de la topographie et du fil d'eau de l'exutoire conduit à la définition de 5 bassins.

La topographie du secteur Sud conduit à étager les bassins afin d'épouser au mieux le terrain naturel et limiter les terrassements. Ces 3 bassins sont aménagés en cascade, les 2 bassins amont fonctionnant en surverse vers l'ouvrage juste en aval pour les pluies importantes.

Chaque ouvrage dispose d'un débit de fuite et d'une surverse raccordés au bassin directement en aval, puis au réseau d'eaux pluviales du boulevard Mitterrand pour l'étage inférieur (bassin 1).

La perméabilité du sol permet l'infiltration des flux sur l'ensemble de la surface des ouvrages. Le fond des bassins sera horizontal.

Toute latitude est laissée au maître d'œuvre pour la réalisation des ouvrages dans la mesure où sont respectées sa finalité et les contraintes de construction liées à la géologie du site et à l'hydraulique de son environnement immédiat (hauteur d'eau, volume).

La forme des ouvrages peut être modifiée sous réserve de conserver le volume utile, les emprises minimales et le taux de régulation.

Les fils d'eau sont donnés à titre indicatif, ils peuvent être adaptés en fonction de l'étude VRD. Le calage des bassins 1 à 3 devra toutefois privilégier une vidange en régime dénoyé (fil d'eau de vidange au-dessus ou proche du niveau des plus hautes eaux de l'étage inférieur).

3.1 ALIMENTATION

Dans le secteur Sud, au niveau des bassins en cascade, la majeure partie du ruissellement devra être dirigée vers le bassin 3 afin d'utiliser les volumes utiles des bassins supérieurs.

Afin de limiter les profondeurs d'excavation des bassins, les réseaux devront être le moins profonds possibles en entrée de bassins.

Les fils d'eau des réseaux pourront être calés en fond d'ouvrage si besoin, les réseaux de collecte fonctionneront alors en charge sur quelques mètres en amont des ouvrages (mise en charge limitée en raison des niveaux d'eau faibles dans les bassins).

Les valeurs de pointe atteintes par les débits arrivant ponctuellement dans les bassins peuvent causer quelques désordres (affouillements, arrachement de végétation). Il est conseillé de sceller quelques pierres pour casser le débit.

3.2 CORPS DES BASSINS

	Volume utile	Hauteur utile	Volume maximal (H=0.55 m)	Superficie à la base	Calage du fond du bassin	Berges
Bassin 5	380 m ³	0.5 m	430 m ³ (H=0.55 m)	630 m ²	71.50 m	6/1 et 2/1
Bassin 4	820 m ³	0.60 m	900 m ³ (H=0.65 m)	1 150 m ²	71.60 m	6/1 et 2/1
Bassin 3	1 150 m ³	0.80 m	1 230 m ³ (H=0.85 m)	1 175 m ²	66.10 m	6/1 et 2/1
Bassin 2	885 m ³	0.70 m	965 m ³ (H=0.75 m)	935 m ²	64.50 m	6/1 et 2/1
Bassin 1	250 m ³	0.50 m	285 m ³ (H=0.55 m)	335 m ²	64.00 m	6/1 et 2/1

La réalisation des bassins dans l'épaisseur de l'horizon végétal en place demandera une attention particulière afin de ne pas tasser ce secteur et conserver la perméabilité de cet horizon.

Parfois implantés dans l'horizon minéral ou dans l'altérite sableuse, certains bassins demanderont des déblais calés à une cote légèrement inférieure à la cote finale afin de pouvoir régaler une couche de terre végétale nécessaire au développement de la végétation.

Une fosse de drainage de 10 cm de profondeur sera créée en amont des regards de vidange afin d'assécher plus rapidement les bassins.

3.3 VIDANGE REGULEE

Pour chaque bassin, la régulation des débits est assurée par un ou plusieurs orifices situés dans les regards de vidange.

Les prises de vidange seront protégées par une grille de type caillebotis (maille 30mmx30mm) qui empêchera le passage des feuilles mortes et autres flottants. La position du radier des regards de vidange permet la sédimentation des fines et sables sur 30 cm environ.

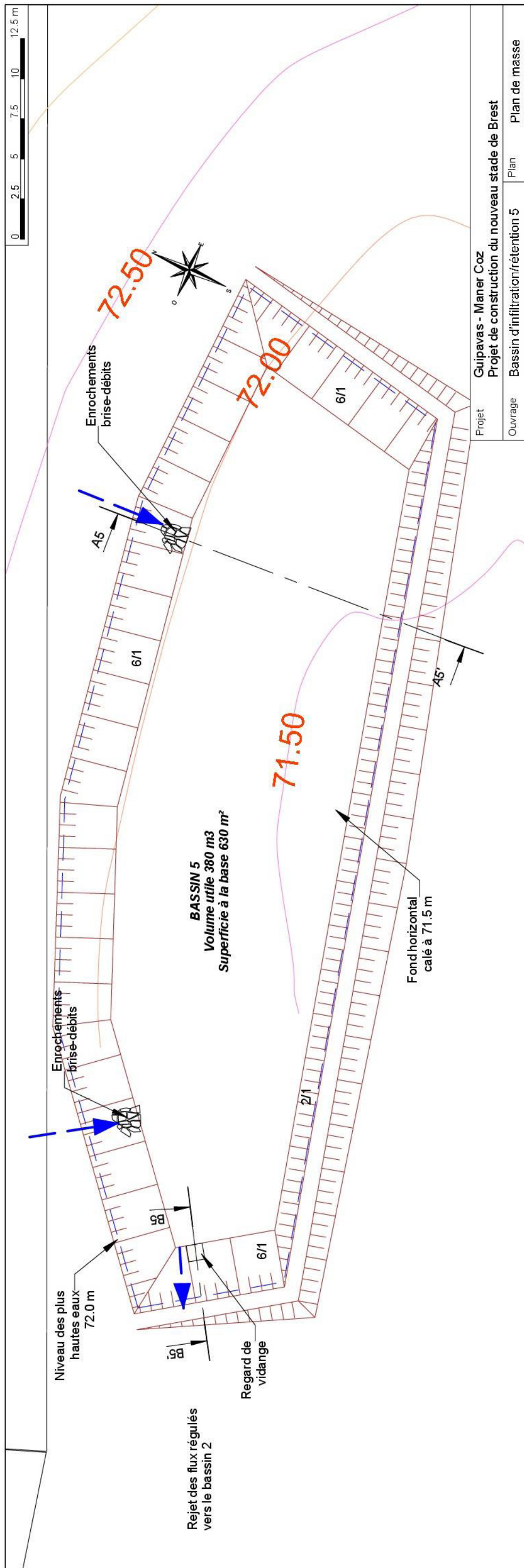
	Fil d'eau de vidange par rapport au fond du bassin	Débit maximal de vidange	Diamètre de l'orifice	Exutoire
Bassin 5	-0.10 cm soit un FE 71.40 m	4.1 L/s (charge hydraulique de 0.60 m)	φ50 mm	Bassin 2
Bassin 4	-0.10 cm soit un FE 71.50 m	4.4 L/s (charge hydraulique de 0.70 m)	φ50 mm	Bassin 2
Bassin 3	-0.10 cm soit un FE 66.0 m	39.4 L/s pour les 2 orifices (charge hydraulique de 0.9 m)	2 orifices φ100 mm	Bassin 2
Bassin 2	-0.10 cm soit un FE 64.4 m	36.9 L/s pour les 2 orifices (charge hydraulique de 0.8 m)	2 orifices φ100 mm	Bassin 1
Bassin 1	-0.15 cm soit un FE 63.85 m	39.6 L/s pour les 2 orifices (charge hydraulique de 0.65 m)	2 orifices φ110 mm	Réseau d'eaux pluviales du bd Mitterrand

3.4 SURVERSE

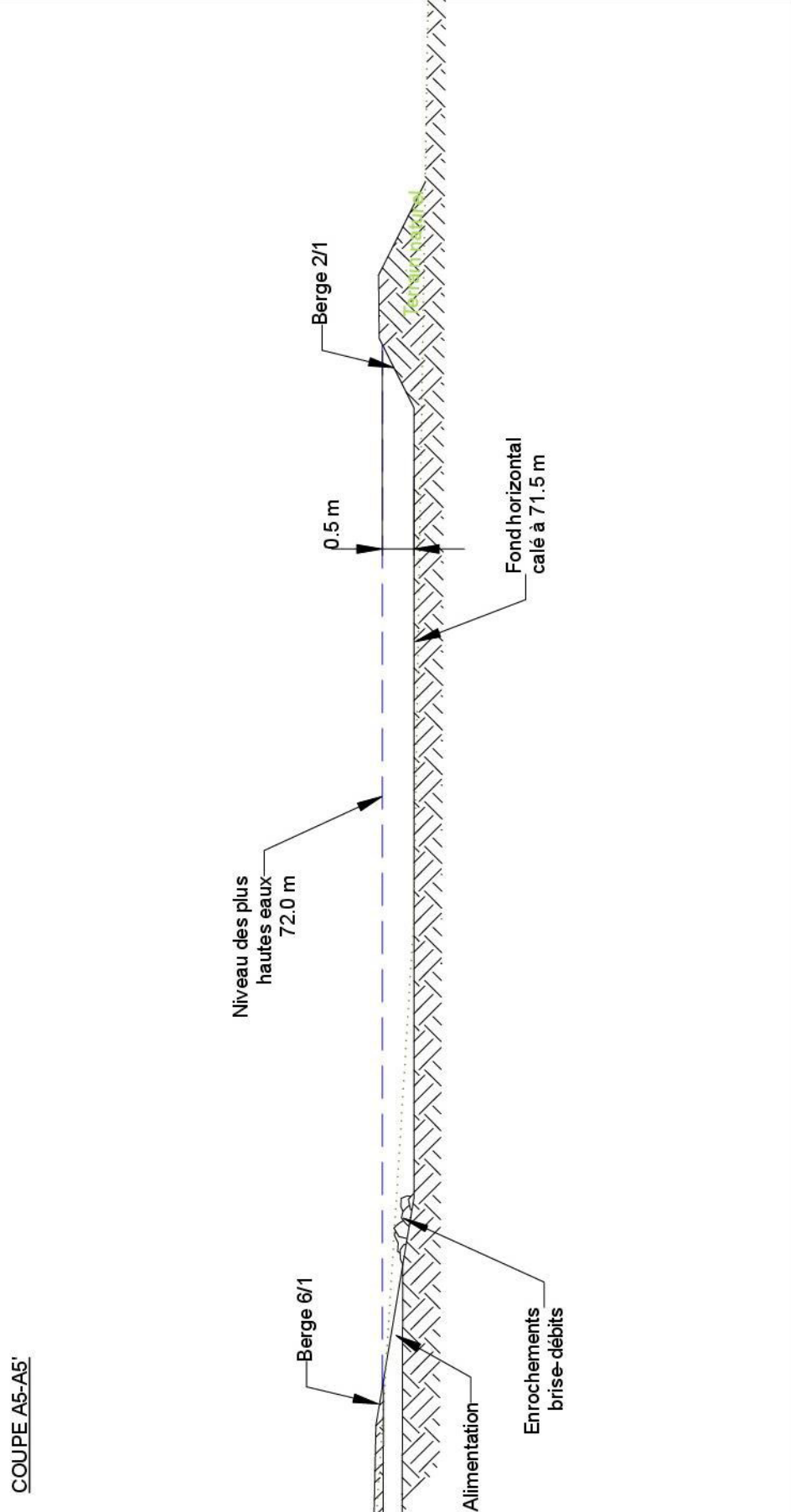
Pour éviter les débordements incontrôlés des ouvrages pour les risques climatiques supérieurs à 100 ans ou en cas de dysfonctionnement du système de vidange, une surverse doit canaliser l'écoulement du trop-plein vers les ouvrages aval ou vers le champ bordant les bassins au Sud-Est, dans le but d'éviter les dommages aux personnes et aux biens.

Les bassins 2 et 3 peuvent fonctionner par débordements vers les niveaux inférieurs. Les digues séparant deux étages doivent être adaptées à l'écoulement par débordement de débits pouvant être très importants.

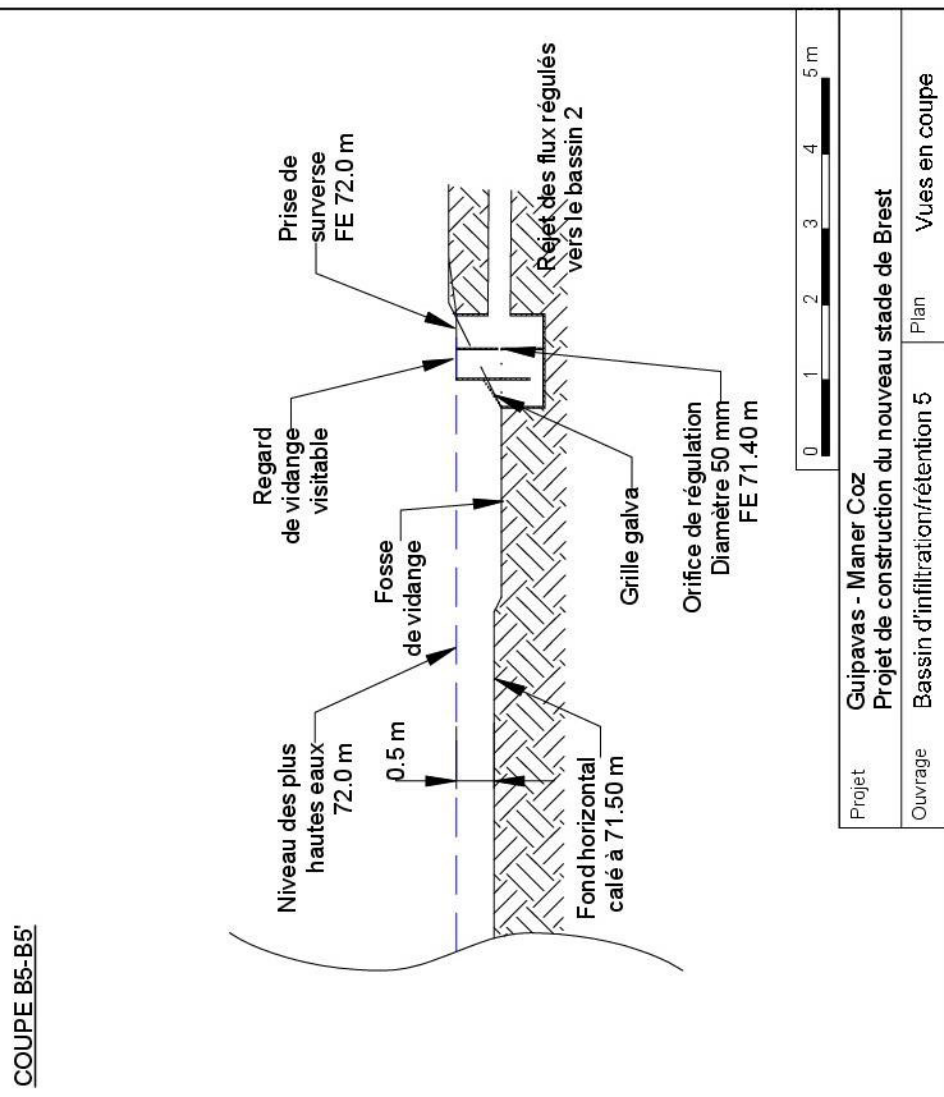
	Fil d'eau de surverse ou de la digue aval par rapport au fond du bassin	Linéaire minimal d'échancrure	Diamètre minimal	Exutoire	
Bassin 5	0.50 m soit un FE 72.0 m	-	φ300 mm	Bassin 2	Gestion du risque 100 ans sans surverse
Bassin 4	0.60 m soit un FE 72.20 m	5 m Débit capable 94 L/s	-	Bassin 2	
Bassin 3	0.80 m soit un FE 66.9 m	40 m Débit capable 0.76 m ³ /s	-	Bassin 2	Fonctionnement de la surverse pour le risque 100 ans
Bassin 2	0.70 m soit un FE 65.2 m	6 m Débit capable 114 L/s	-	Bassin 1	
Bassin 1	Aucune surverse Secteur aval des terrains du projet ceinturé d'un talus				

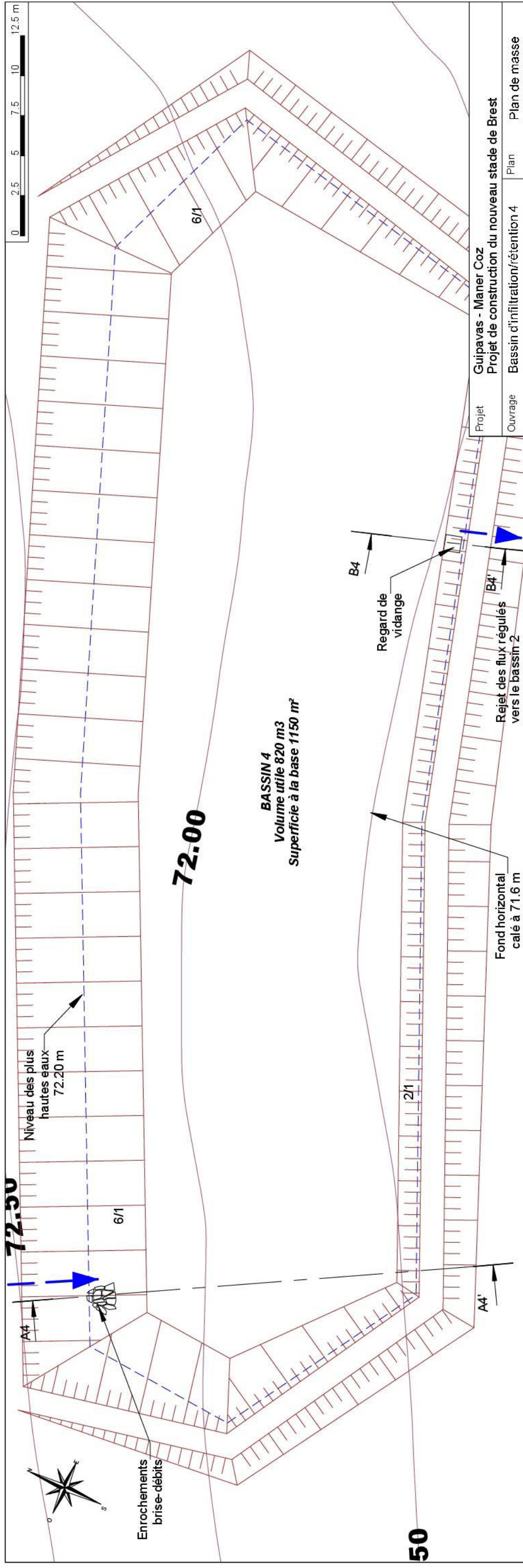


COUPE A5-A5'



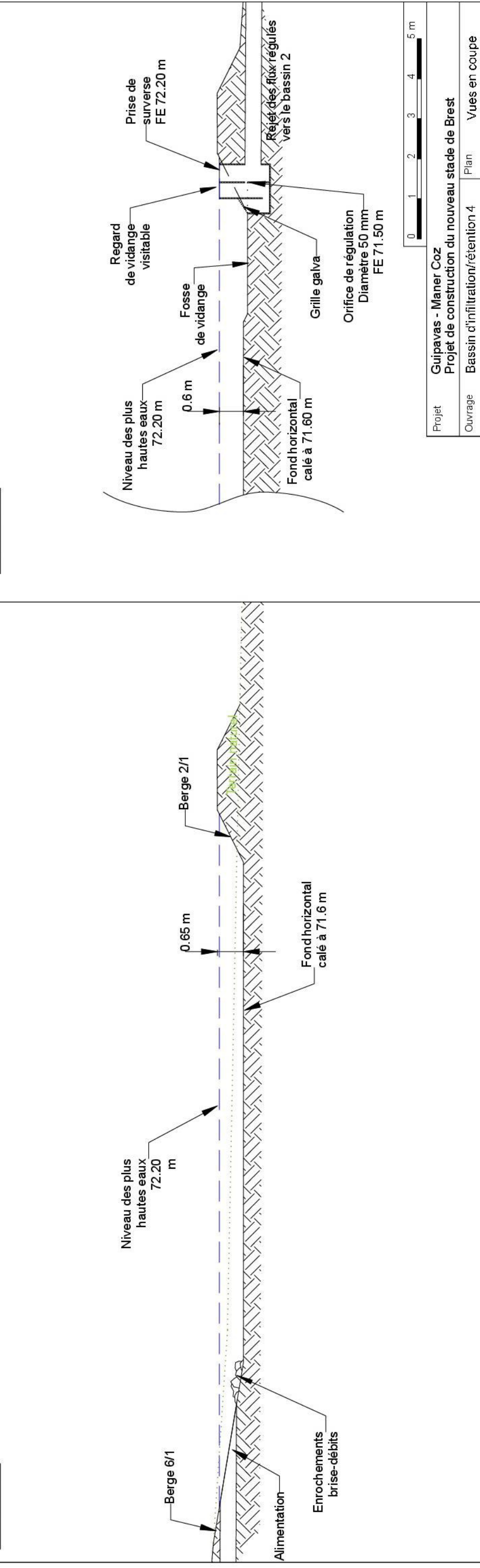
COUPE B5-B5'

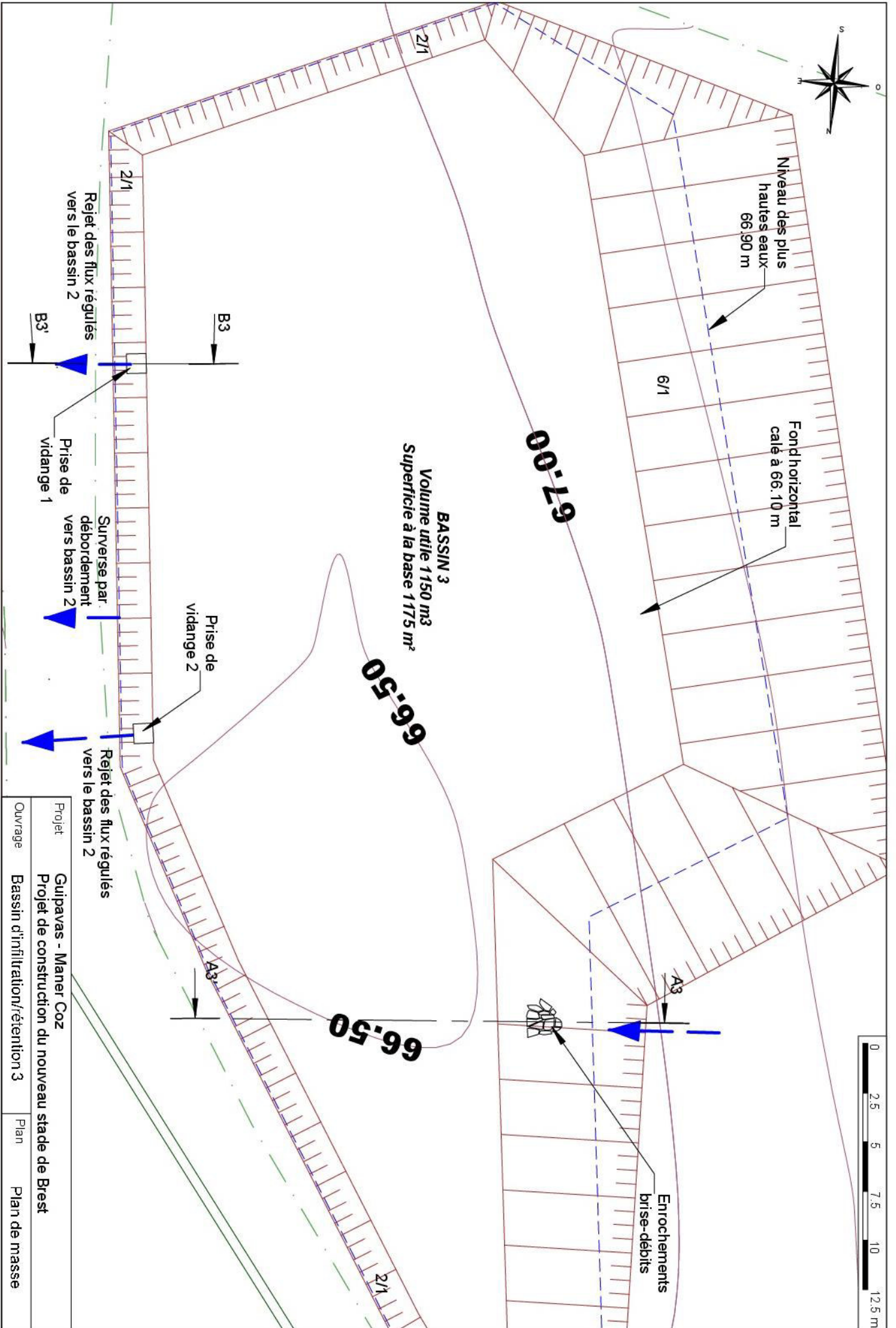




COUPE A4-A4'

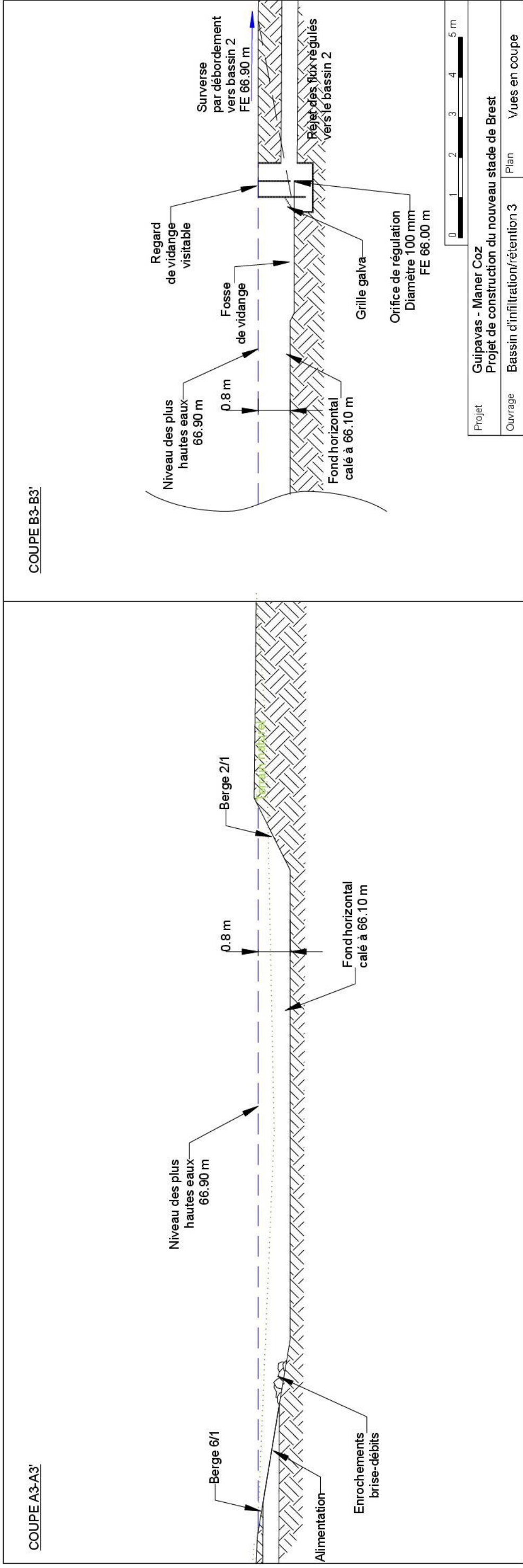
COUPE B4-B4'

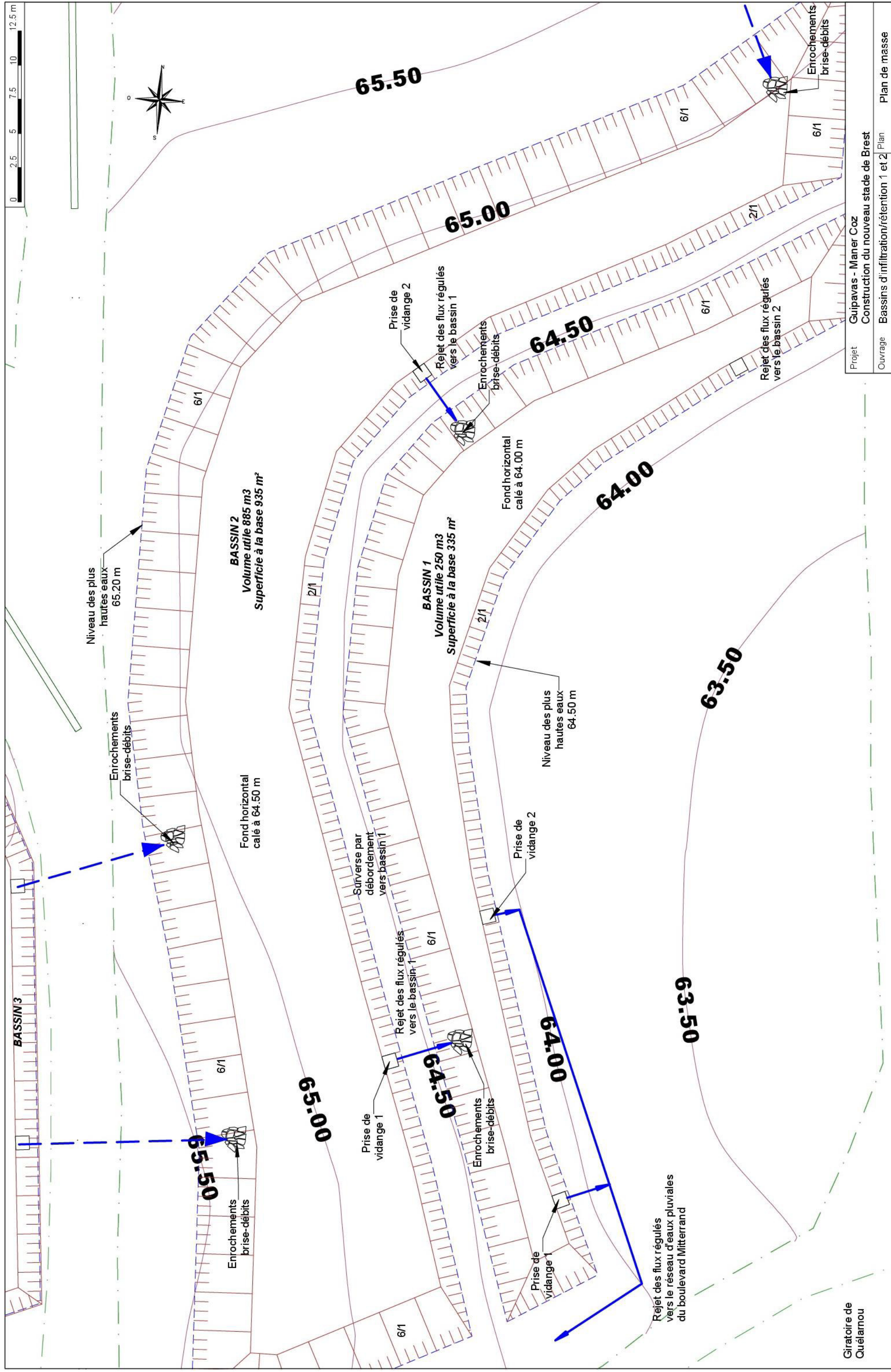


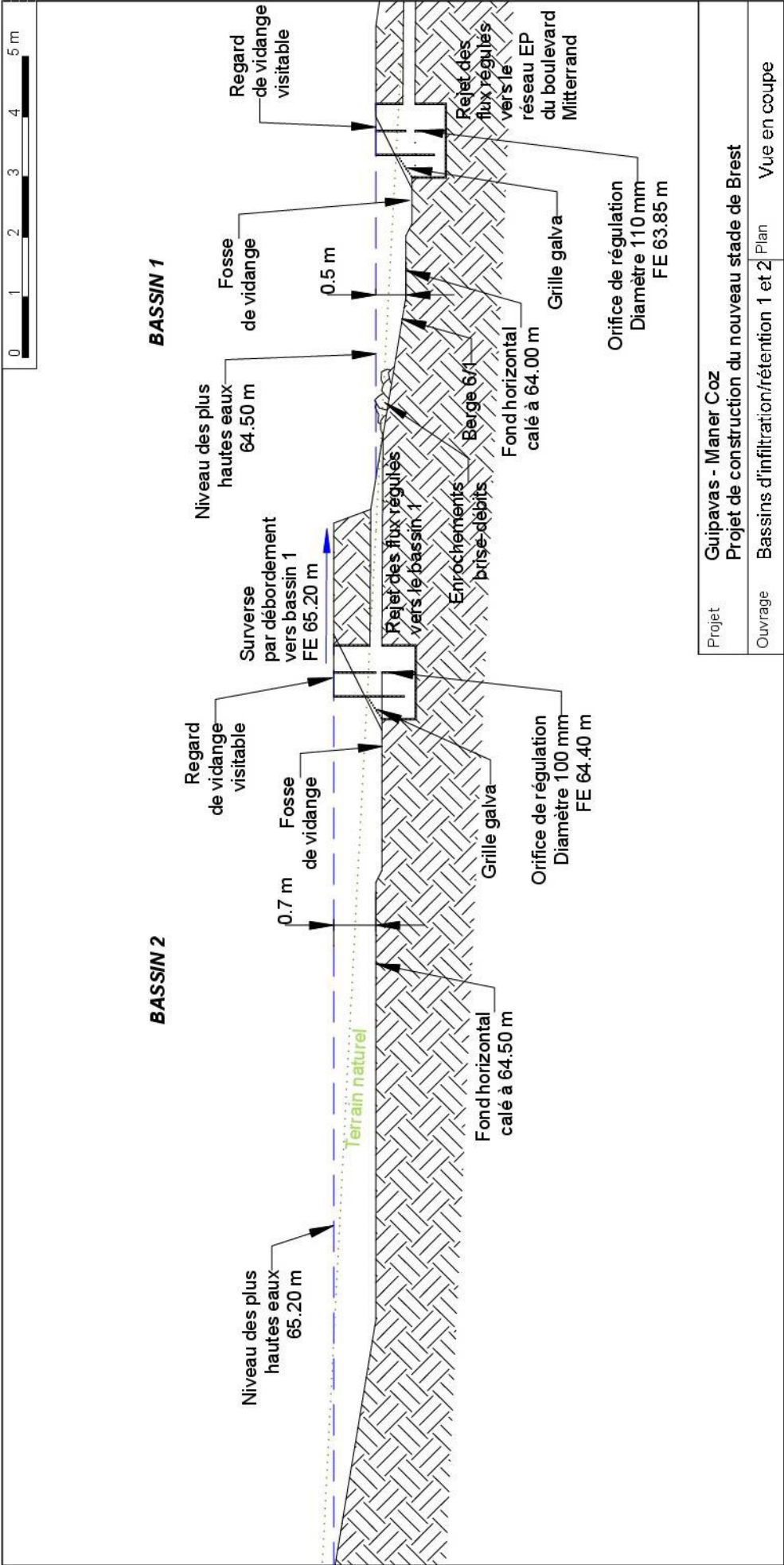


Projet	Guipavas - Maner Coz
Ouvrage	Bassin d'infiltration/rétention 3
Plan	Plan de masse

Annexe - Bassins de rétention/infiltration Construction du nouveau stade de Brest - Maner Coz - GUIPAVAS







Projet	Guipavas - Maner Coz
Projet de construction du nouveau stade de Brest	
Ouvrage	Bassins d'infiltration/rétention 1 et 2
Plan	Vue en coupe

A Annexe 5, Etude Hydrogéologique (Calligée, 2022)

Annexe 5, Etude Hydrogéologique (Calligée, 2022)

Etude hydrogéologique pour le projet de construction du stade Frouven et de ses annexes d'activité

Boulevard F. Mitterrand

**HOLDISPORT
GUIPAVAS (29)**

RAPPORT N21-29058_V0



Agence de Nantes - siège social
École centrale | CS 82118 | 44321 NANTES CEDEX 3
+33 (0)2 40 14 33 71 | nantes@calligee.fr



Agence de Toulouse
Le Prologue 2 | 71 rue Ampère | 31670 LABÈGE
+33 (0)5 62 24 36 97 | toulouse@calligee.fr

CLIENT

HOLDISPORT
160 rue Roberto Cabanas
29490 Guipavas

AMO

AAMO
61 cours de la Liberté
69003 LYON

Interlocuteur : Vincent THOURIN, vincent.thourin@aamo.fr

REFERENCES

N° affaire :	N21-29058	Nombre de pages (hors annexes) :	37
Rubrique :	GESTAM_Bâtiment	Nombre de figures hors texte :	0
Agence :	Nantes	Nombre d'annexes :	2

VERSIONS ET VISAS

N° version	Rédaction	Visa	Vérification	Visa	Intitulé des révisions	Date d'application
V0	Davy DOUAY				Version initiale	20/07/2020
V1	Davy DOUAY	DD			Modification du projet	03/03/2022

Sommaire

1 INTRODUCTION	5
2 LOCALISATION DU SITE	6
3 PRESENTATION DU PROJET.....	9
4 CONTEXTE GEOLOGIQUE	12
4.1 - Contexte général	12
4.2 - Contexte local	13
5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	15
6 PIEZOMETRIE	16
7 ESTIMATION DE LA COTE DE PLUS HAUTES-EAUX.....	19
7.1 - Piézomètres de référence	19
7.2 - Estimation du niveau de plus hautes-eaux au droit du projet	23
8 TESTS DE PERMEABILITE.....	28
8.1 - Slug tests.....	28
8.2 - Essais de pompage	31
9 CALCULS DES DEBITS D'EXHAURE.....	34
10SYNTHESE ET CONCLUSION	35

Table des illustrations

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site (Source : Géoportail)	7
Figure 2 : Localisation du site (Source : Géoportail)	7
Figure 3 : Carte topographique du site (Source : Géoportail)	8
Figure 4 : Plan du projet (source SARL François de LA SERRE)	10
Figure 5 : Coupe du projet (source SARL François de LA SERRE)	11
Figure 6 : Extrait des cartes géologiques de Plabennec et Brest (Infoterre)	13
Figure 7 : Schéma conceptuel des aquifères de socle (source : R.Wyns – 1998 et 2004).....	15
Figure 8 : Evolution des cotes piézométriques dans Pz3, Pz4 et Pz7.....	17
Figure 9 : Evolution des profondeurs de nappe dans Pz3, Pz4 et Pz7	17
Figure 9 : Localisation des sondages, cotes piézométriques mesurées le 4 mars 2021 et sens d'écoulement de la nappe	18
Figure 11 : Statistiques des cotes piézométriques du piézomètre de référence n° BSS000SYKG (source : ADES – avril 2021)	20
Figure 12 : Statistiques des cotes piézométriques du piézomètre de référence n° BSS000SXEA (source : ADES – avril 2021)	20
Figure 13 : Evolution des niveaux piézométriques 2015-2021 (source ADES et Calligée)	22
Figure 14 : Evolution des niveaux piézométriques en 2021 (source ADES et Calligée).....	22
Figure 15 : Estimation des cotes piézométriques de référence au niveau du projet en fonction de la cote du piézomètre de St Divy.....	25
Figure 16 : Estimation des cotes piézométriques de référence au niveau du projet en fonction de la cote du piézomètre de Lanrivoaré	26
Figure 16 : Cotes piézométriques estimées en très hautes eaux.....	27
Figure 18 : Mesures du niveau d'eau par rapport au terrain naturel - slug test sur Pz3 (source : relevé sonde « Diver » et mesures manuelles, CALLIGEE – mars 2021).....	29
Figure 19 : Mesures du niveau d'eau par rapport au terrain naturel - slug test sur Pz4 (source : relevé sonde « Diver » et mesures manuelles, CALLIGEE – mars 2021).....	29
Figure 20 : Mesures du niveau d'eau par rapport au terrain naturel - slug test sur Pz7 (source : relevé sonde « Diver » et mesures manuelles, CALLIGEE – mars 2021).....	30
Figure 21 : Mesures du niveau d'eau par rapport au terrain naturel – essai de pompage sur Pz3 (source : relevé sonde « Diver » et mesures manuelles, CALLIGEE – mars 2021).....	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données géologiques issues des sondages (données Fondasol)	14
Tableau 2 : Caractéristiques des piézomètres de référence ADES	21
Tableau 3 : Statistiques des relevés piézométriques sur les ouvrages de référence.....	21
Tableau 4 : Cotes de références estimées au niveau du projet.....	24
Tableau 5 : Caractéristiques des slug tests sur Pz4 et Pz6	28
Tableau 6 : Résultats des Slug-Tests.....	31
Tableau 7 : Caractéristiques des essais de pompage sur Pz2.....	32
Tableau 8 : Valeurs de perméabilité et transmissivité	33



1 Introduction

Dans le cadre d'un projet de construction d'un stade de foot et d'activités annexes de type commercial au carrefour du boulevard François Mitterrand et de la RN265 à Brest, société HOLDISPORT, a sollicité CALLIGÉE via son AMO AAMO, pour la réalisation d'une étude géothermique et hydrogéologique. Le présent rapport porte uniquement sur ce second point.

Les objectifs de cette étude sont :

- de préciser la cote de plus hautes eaux et basses eaux de la nappe au droit du projet,
- caractériser, les débits d'eau souterraine à extraire en phase chantier et de service en cas de rencontre du projet avec la nappe.

En option, est proposé le dimensionnement d'un tapis drainant sous dallage.

La mission porte également sur de la coordination avec les autres bureaux d'études, notamment EGEO en charge de la gestion des eaux et Biotope sur la partie faune/flore, milieu naturel, zone humide.

Pour cela, l'étude comprend :

- Une visite de site ;
- Une étude bibliographique ;
- Un suivi piézométrique en continu sur 2 mois ;
- Une estimation de la cote de plus hautes-eaux ;
- La réalisation d'essais de perméabilité de type slug-tests et pompages ;
- Le calcul des débits d'exhaure si nécessaire.



2 Localisation du site

Le projet d'aménagement se situe boulevard François Mitterrand sur la commune de Guipavas, dans la zone d'activité des « Portes de Brest-Guipavas » au lieu-dit « Coataudon », à l'angle ouest du carrefour entre la RN265 et la RD205.

Le site s'étend sur environ 15 à 16 ha.

Le site est aujourd'hui occupé par des parcelles agricoles, des bâtiments abandonnés.

Il présente une pente globale du Nord-Ouest vers le Sud-Est.

Une zone humide est présente sur le secteur Nord-Est.

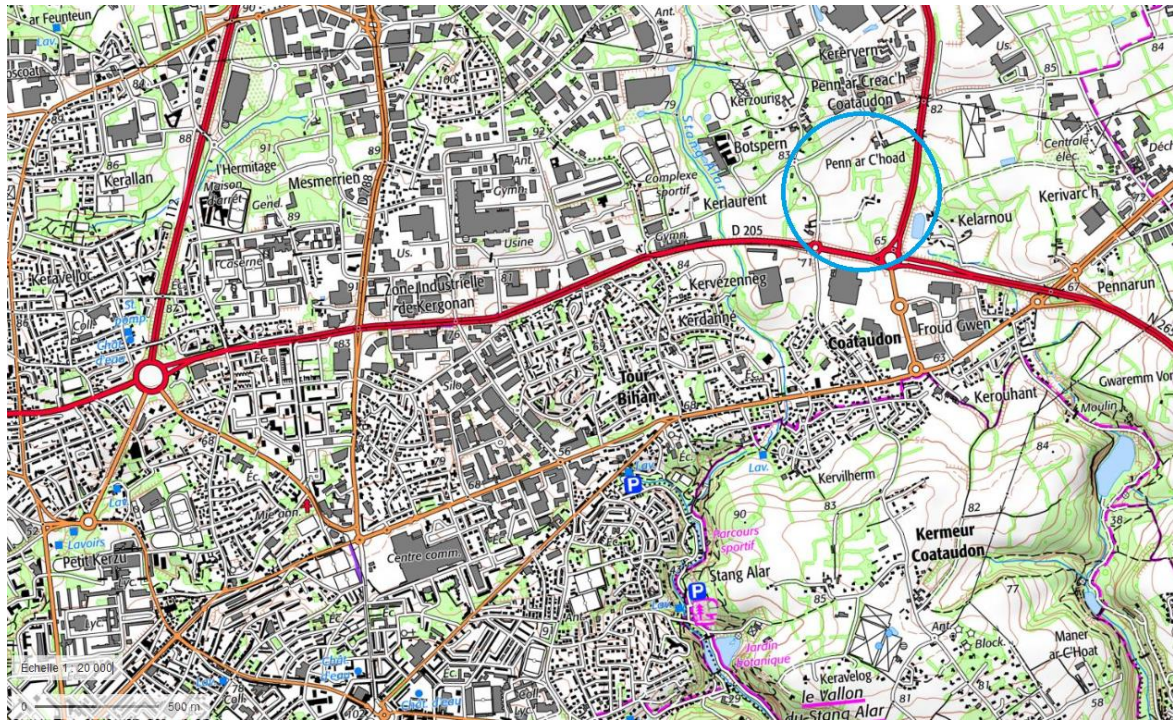


Figure 1 : Localisation du site (Source : Géoportail)



Données cartographiques : © IGN, Mégalis Bretagne, MAA

Figure 2 : Localisation du site (Source : Géoportail)



Figure 3 : Carte topographique du site (Source : Géoportail)



3 Présentation du projet

Le projet consiste en la réalisation d'un stade et d'installations annexes.

La côte du parvis est fixée à 76 m NGF.

La côte du point bas des annexes sportives est à 71 NGF.

La cote du terrain est à environ 73 m NGF.

Le projet se situe au maximum à environ à 4 mètres sous le terrain naturel au niveau de l'angle nord-ouest du terrain.

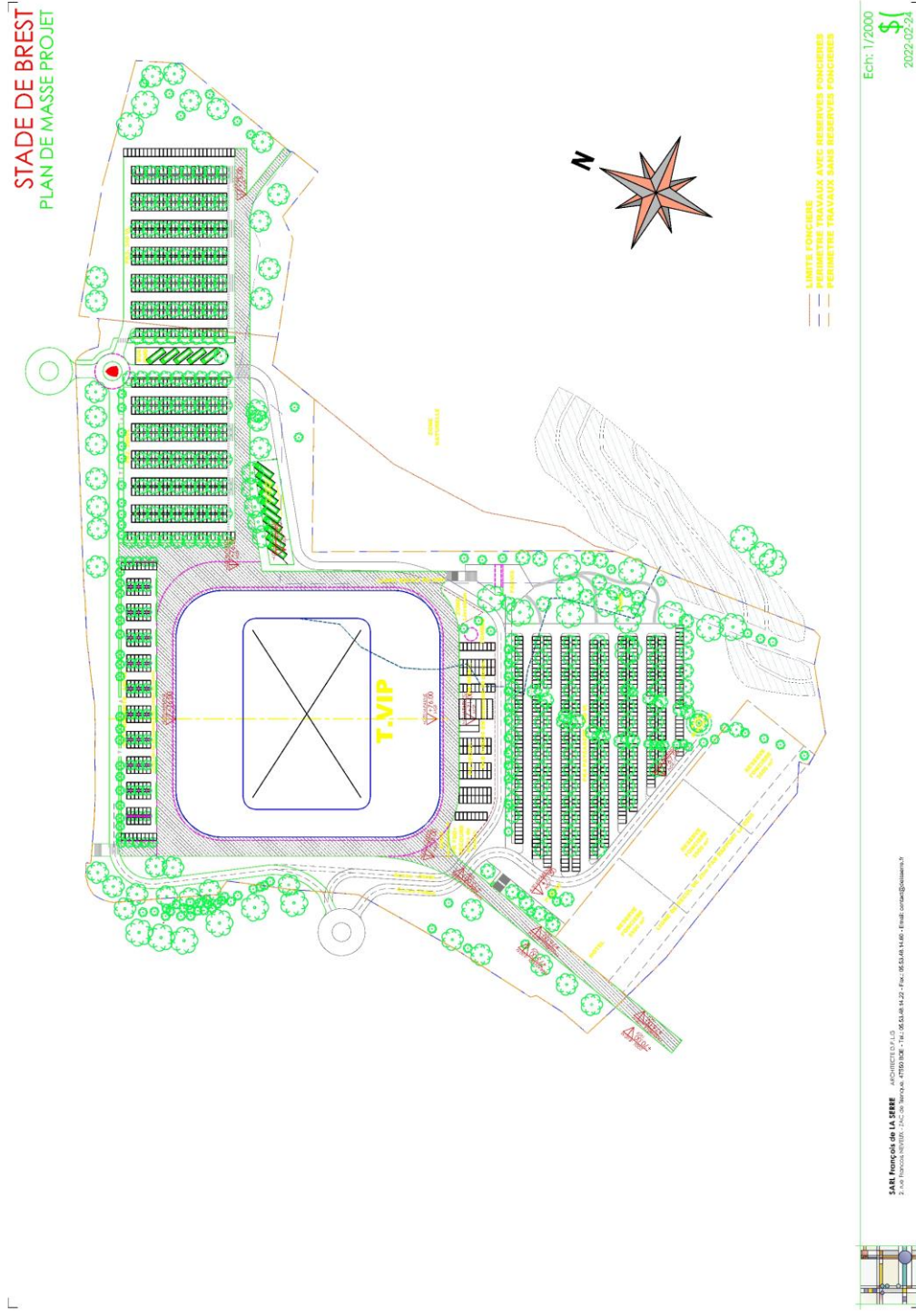


Figure 4 : Plan du projet (source SARL François de LA SERRE)

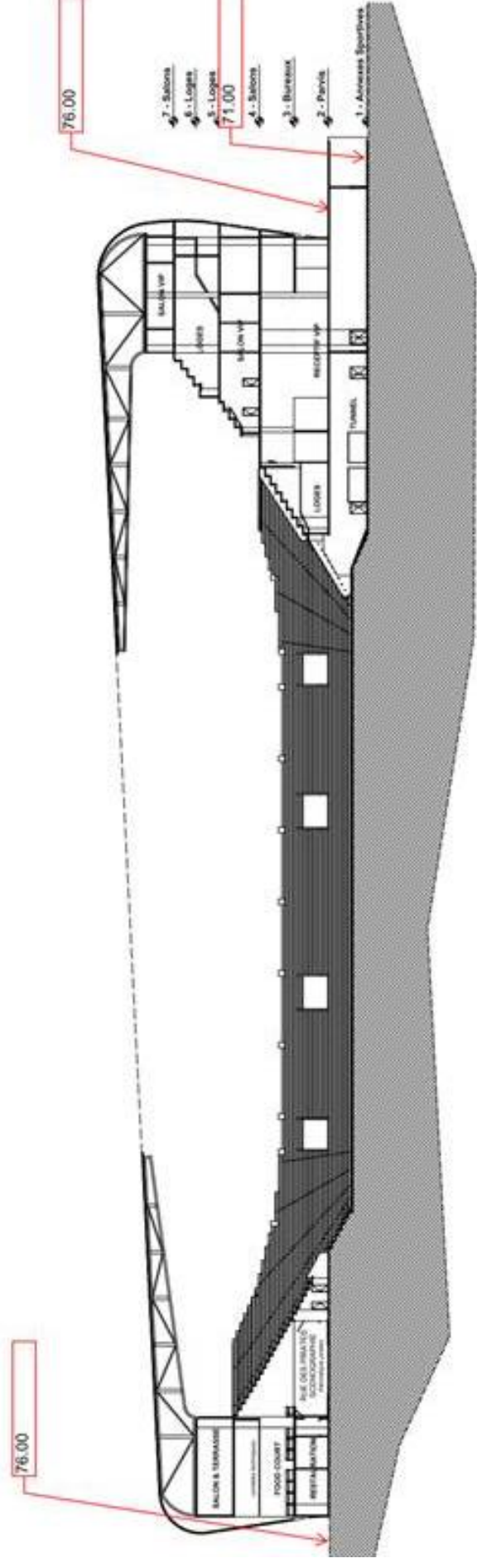
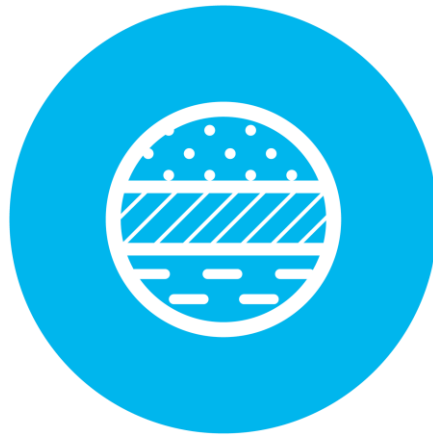


Figure 5 : Coupe du projet (source SARL François de LA SERRE)



4 Contexte géologique

4.1 - CONTEXTE GENERAL

La géologie du secteur est déterminée à partir des cartes géologiques n°218 de Plabennec et 274 de Brest et de leurs notices associées (BRGM).

D'après les cartes géologiques, les formations rencontrées au droit du projet seraient du nord au sud :

- Des gneiss altérés (en jaune sur la carte),
- Des micaschistes altérés (en blanc sur la carte),
- Des gneiss (en orange sur la carte).

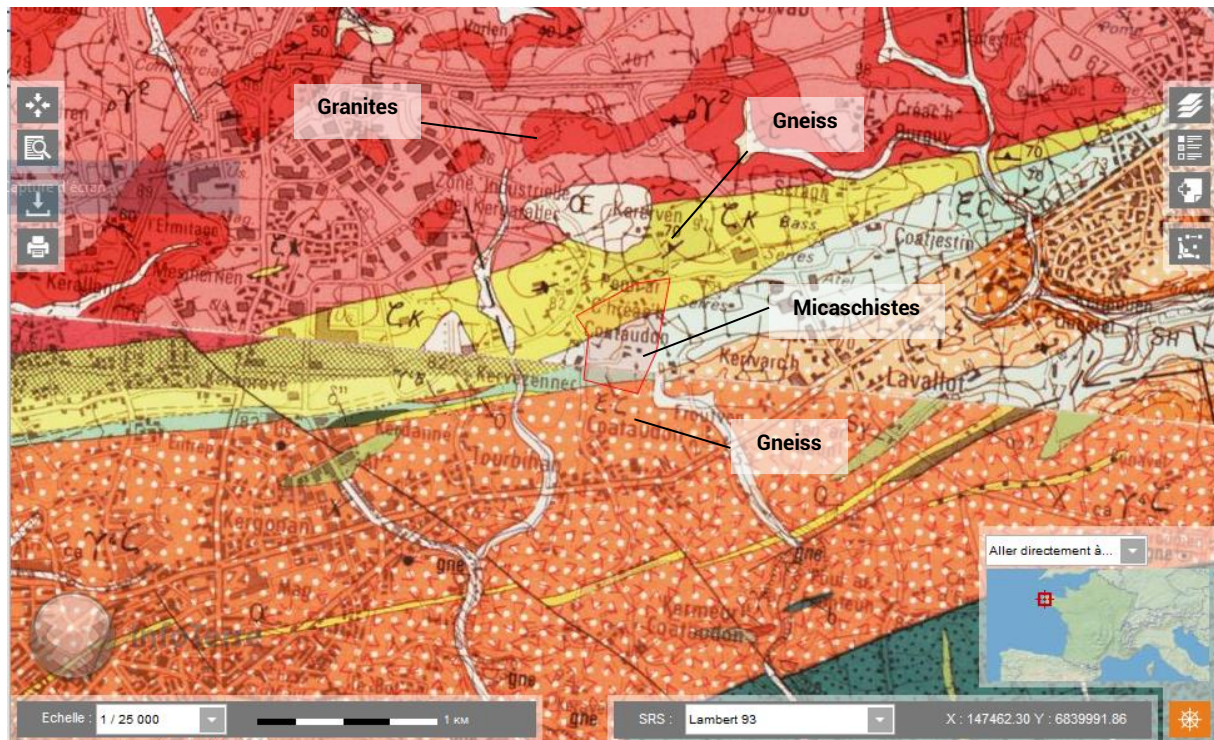


Figure 6 : Extrait des cartes géologiques de Plabennec et Brest (Infoterre)

4.2 - CONTEXTE LOCAL

7 sondages ont été réalisés par Fondasol. 3 de ces sondages : SP3, SP4 et SP7 ont été convertis en piézomètres.

Sur ces sondages ont été retrouvés depuis la surface :

- De la terre végétale de la surface jusqu'à 0,4 à 0,8 m de profondeur,
- Des limons sableux et des arènes limoneuses jusqu'entre 1,5 et 9,5 m de profondeur,
- Des Gneiss altérés jusqu'entre 3,5 et 13,5 m de profondeur,
- Des Gneiss fracturés.

Les caractéristiques sont récapitulées dans les tableaux suivants.

Les sondages indiquent une épaisseur d'altération généralement supérieure à 6 m (jusqu'à 13,5 m sur SP1), sauf sur SP2 et SP3 où le gneiss fracturé a été rencontré à 3,5 m de profondeur.

Tableau 1 : Données géologiques issues des sondages (données Fondasol)

	SP1	SP2	SP3/Pz3	SP4/Pz4	SP5	SP6	SP7/Pz7
Formation	Prof. toit/TN (m)						
Terre végétale	0	0	0	0	0	0	0
Limons sableux	0.4	0.5	0.6	-	0.4	0.5	-
Arènes limoneuses	2.5	-	-	0.4	1.5	1.8	0.8
Gneiss altéré	9.5	1.7	1.5	5.5	-	5.5	-
Gneiss fracturé	13.5	3.5	3.5	-	-	-	-
Arrêt	15	8	10	9	6	6.5	7

	SP1	SP2	SP3/Pz3	SP4/Pz4	SP5	SP6	SP7/Pz7
Formation	Cote toit (m NGF)						
Terre végétale	74.45	72.15	73.4	72.8	69.35	67.8	65.45
Limons sableux	74.05	71.65	72.8	-	68.95	67.3	-
Arènes limoneuses	71.95	-	-	72.4	67.85	66	64.65
Gneiss altéré	64.95	70.45	71.9	67.3	-	62.3	-
Gneiss fracturé	60.95	68.65	69.9	-	-	-	-
Arrêt	59.45	64.15	63.4	63.8	63.35	61.3	58.45

	SP1	SP2	SP3/Pz3	SP4/Pz4	SP5	SP6	SP7/Pz7
Formation	Epaisseur (m)						
Terre végétale	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8
Limons sableux	2.1	1.2	0.9	-	1.1	1.3	-
Arènes limoneuses	7	-	-	5.1	4.5	3.7	6.2
Gneiss altéré	4	1.8	2	>3.5	-	>1	-
Gneiss fracturé	>1.5	>4.5	>6.5	-	-	-	-



5 Contexte hydrogéologique

L'aquifère situé au droit du projet est un aquifère de socle. L'entité hydrogéologique est nommée « Socle métamorphique dans les bassins versants de L'Aber Ildut et de la Penfeld de leurs sources à la mer et côtiers, îles d'Ouessant et de Molène » (identifiant BDLISA : 191AC01).

Les aquifères de socle contiennent une nappe dans deux niveaux superposés que sont les altérites et la roche fissurée (Figure 7). Ils sont connectés mais ne possèdent pas les mêmes caractéristiques hydrodynamiques : l'horizon fissuré est plus transmissif et la couche d'altérites plus capacitive.

Le potentiel aquifère peut alors être défini par :

- L'épaisseur et la nature de la couche d'altérites (des altérites exemptes de fraction fine et de granulométrie élevée représentent un fort potentiel aquifère);
- Le degré de fracturation des roches du socle et l'épaisseur de la zone fracturée ;
- L'orientation et la connectivité des fractures ;
- La présence ou non d'un remplissage argileux des fractures.

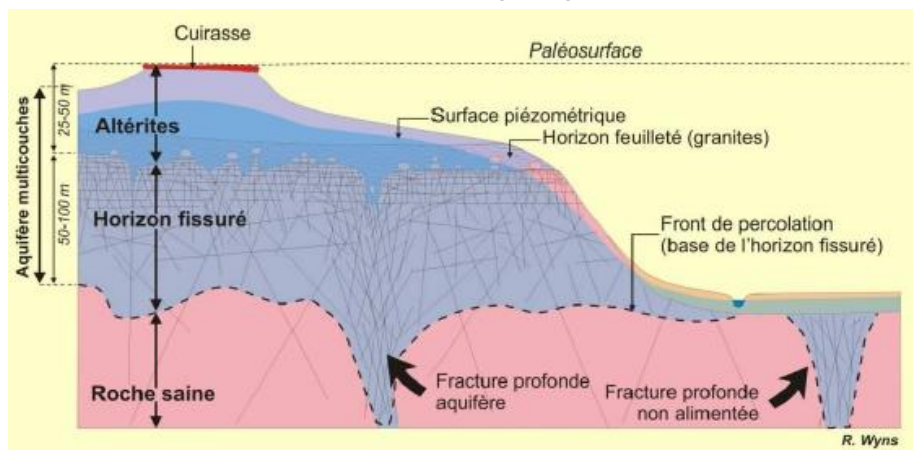


Figure 7 : Schéma conceptuel des aquifères de socle (source : R.Wyns – 1998 et 2004)



6 Piézométrie

Un suivi piézométrique a été mis en place par Calligée dans les 3 piézomètres entre le 4 mars 2021 et le 25 mai 2021, soit sur 82 jours.

Les appareils mis en place sont de type Schlumberger Water Services Diver. Le pas de temps de mesure est de 10 minutes.

Les niveaux ont été contrôlés manuellement 1 fois par mois.

L'évolution piézométrique est présentée sur la Figure 8.

Les relevés piézométriques montrent une nappe fluctuant entre :

- -8,1 et >-9,6 m/T.A. (<63,8 et 65,3 m NGF) sur Pz3,
- -7,7 et >-9 m/T.A. (<63,8 et 65,1 m NGF) sur Pz4,
- -2,0 et -3,4 m/T.A. (62,0 et 63,4 m NGF) sur Pz7.

A noter que les piézomètres Pz3 et Pz4 ont été dénoyés sur une assez longue période (la cote de la nappe était en dessous de la cote du fond des piézomètres).

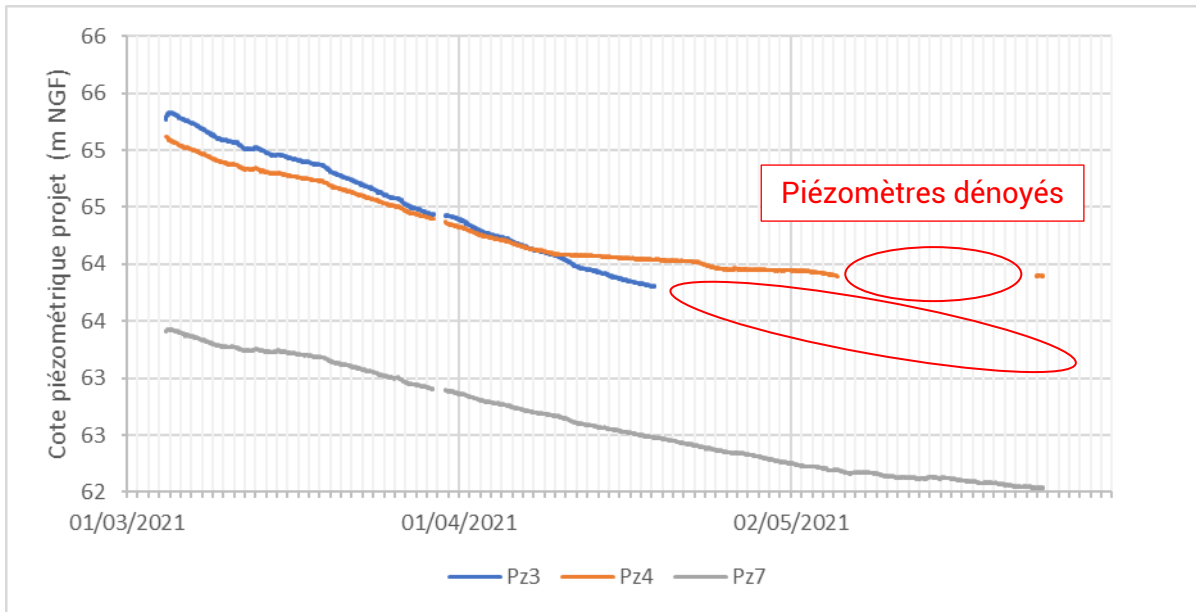


Figure 8 : Evolution des cotes piézométriques dans Pz3, Pz4 et Pz7

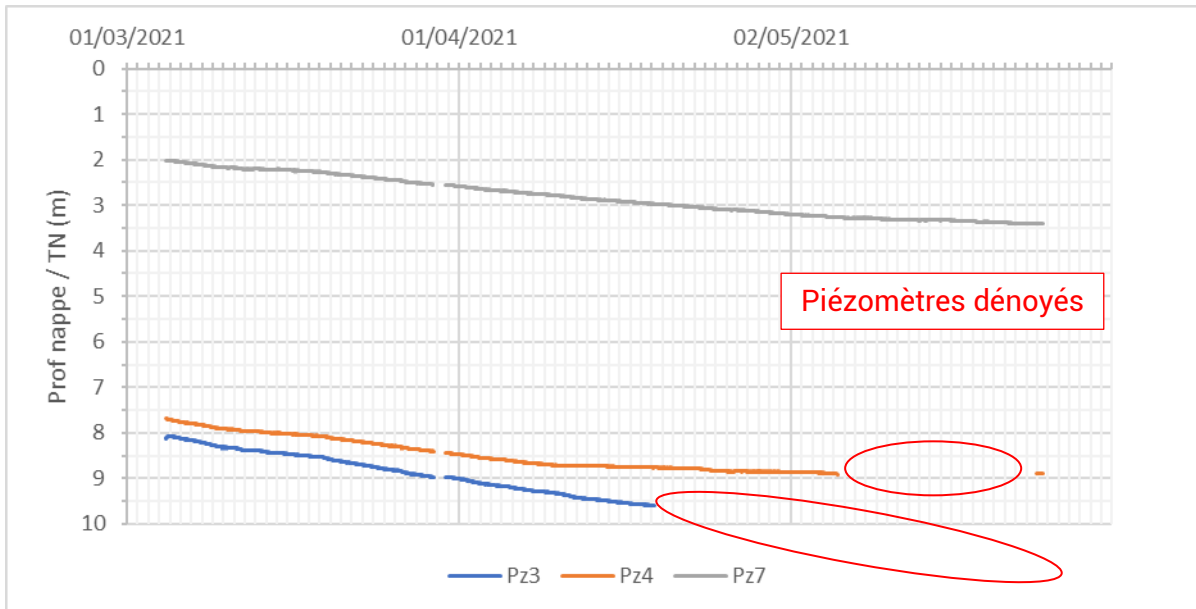
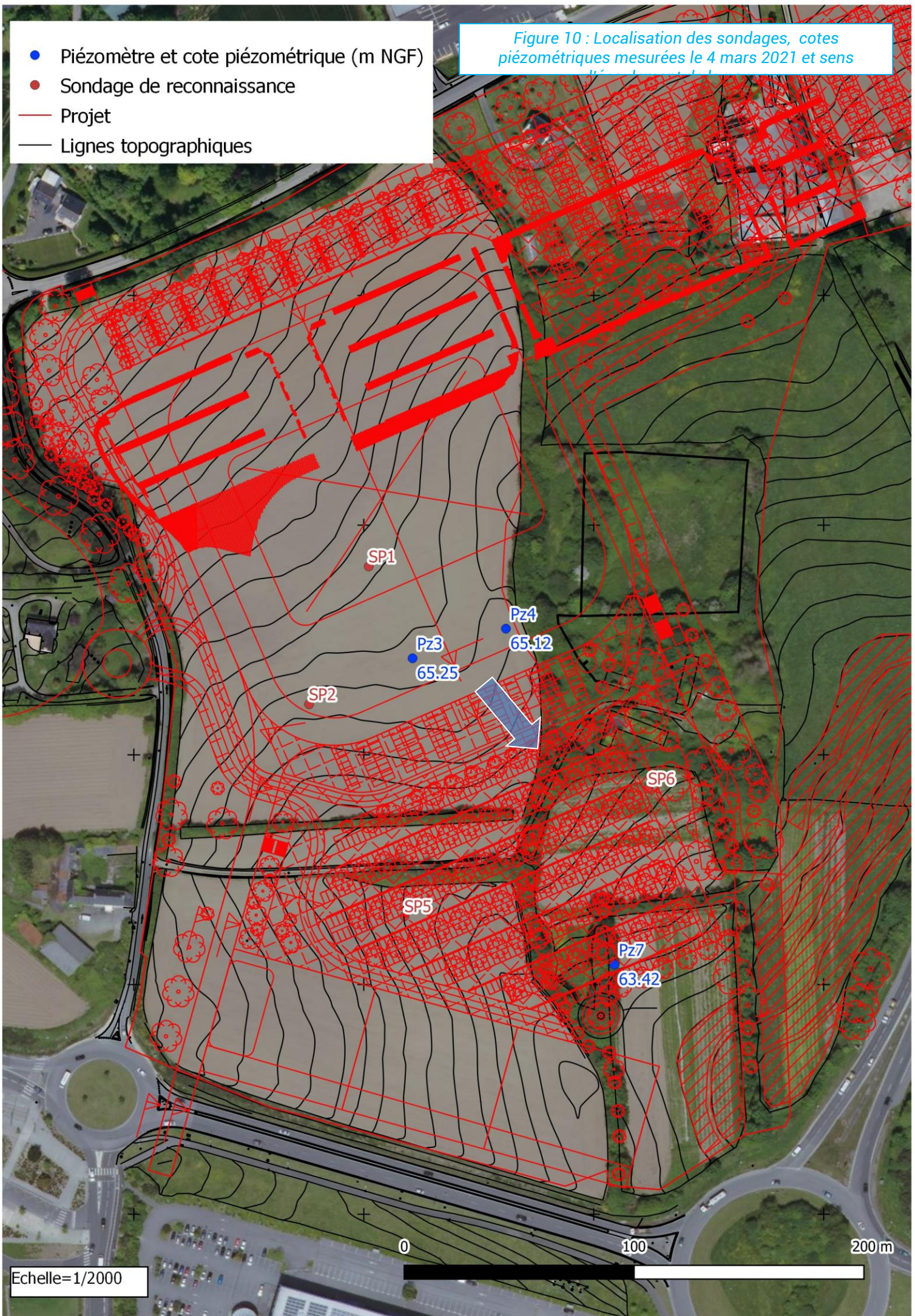


Figure 9 : Evolution des profondeurs de nappe dans Pz3, Pz4 et Pz7

Figure 10 : Localisation des sondages, cotes piézométriques mesurées le 4 mars 2021 et sens

- Piézomètre et cote piézométrique (m NGF)
- Sondage de reconnaissance
- Projet
- Lignes topographiques



Echelle=1/2000

0

100

200 m



7 Estimation de la cote de plus hautes-eaux

7.1 - PIEZOMETRES DE REFERENCE

Afin de préciser le niveau de plus hautes eaux de la nappe attendu sur site, les données mises à disposition par ADES, Portail National d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines, sont exploitées. Ce portail recense les chroniques de piézomètres de référence, enregistrées pour certaines depuis plus de 20 ans. Sur les chroniques les plus anciennes, une analyse statistique des données permet d'apprécier l'occurrence des niveaux mesurés. L'analyse comparative des chroniques de référence avec les mesures réalisées sur le projet permet d'extrapoler des valeurs piézométriques caractéristiques de ce dernier.

Les piézomètres de référence les plus proches et présentant un contexte hydrogéologique le plus proche de celui de la zone d'étude sont les suivants :

- piézomètre BSS000SYKG situé à St Divy (8 km au Nord Est du projet),
- piézomètre BSS000SXEa situé à Lanrivoaré (17 km au Nord-Ouest du projet).

Les caractéristiques de ces ouvrages sont présentées dans le Tableau 2.

Les hautes eaux sont rencontrées généralement entre décembre et mars et les basses eaux en septembre/octobre.

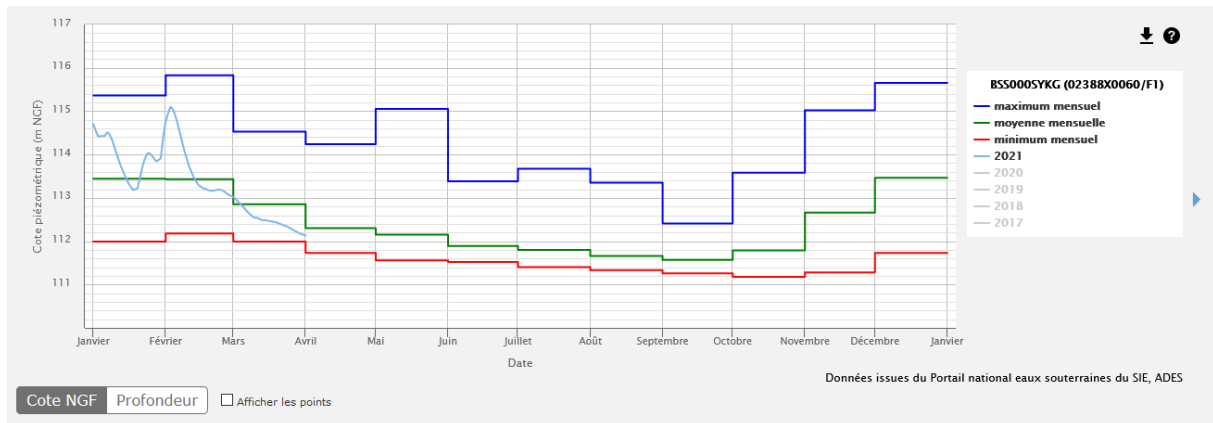


Figure 11 : Statistiques des cotes piézométriques du piézomètre de référence n° BSS000SYKG (source : ADES – avril 2021)

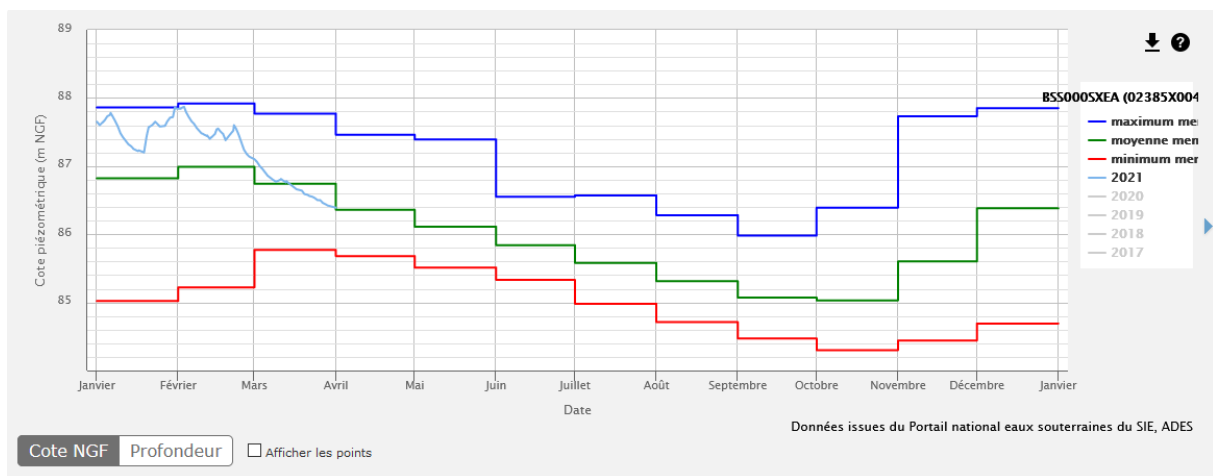


Figure 12 : Statistiques des cotes piézométriques du piézomètre de référence n° BSS000SXEA (source : ADES – avril 2021)

Tableau 2 : Caractéristiques des piézomètres de référence ADES

Piézomètre	Période de suivi	Commune	Altitude	Distance au site	Profondeur de l'ouvrage	Aquifère	Entité hydrogéologique BDLISA	Masse d'eau
BSS000SYKG	1993-2021	St Divy (29)	120 m NGF	8 km NE	19,5 m	Granite gris de Kersaint	191AA03 Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers de l'Aber Wrac'h (inclus) à l'Aber Benoit (inclus)	GG001 Bassin versant du Léon
BSS000SXEA	1993-2021	Lanrivouaré (29)	88 m NGF	17 km NO	16,5 m	Granite	191AC01 Socle métamorphique dans les bassins versants de L'Aber Ildut et de la Penfeld de leurs sources à la mer et côtiers, îles d'Ouessant et de Molène	GG001 Bassin versant du Léon

Tableau 3 : Statistiques des relevés piézométriques sur les ouvrages de référence

	Piézo BSS000SYKG – St Divy			Piézo BSS000SXEA - Lanrivouaré		
	Profondeur relative/repère de mesure (m)	Côte NGF (m NGF)	Dates	Profondeur relative/repère de mesure (m)	Côte NGF (m NGF)	Dates
Prof min / cote max	3,84	116,29	28/01/1995	0,48	87,92	27/01/1995
Prof Max / cote min	8,95	111,18	23/10/2011	4,56	84,30	23/10/2011
Moyenne	7,66	112,47	-	2,52	85,99	-
Max-Min	5,11	5,11	-	4,08	4,08	-

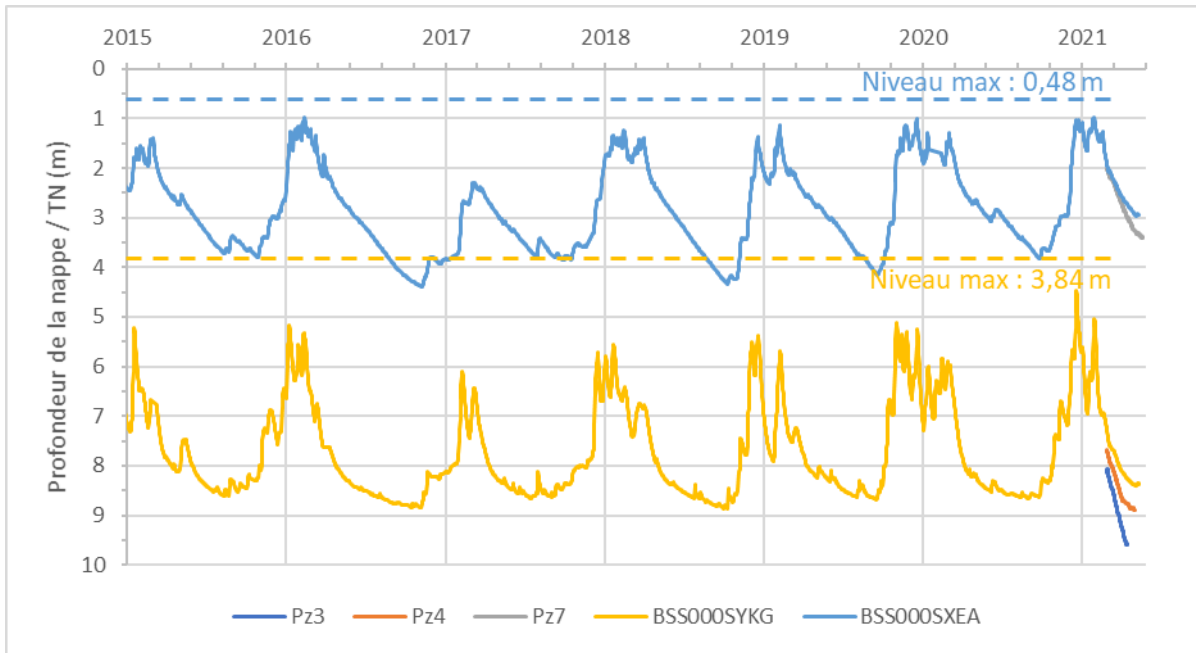


Figure 13 : Evolution des niveaux piézométriques 2015-2021 (source ADES et Calligée)

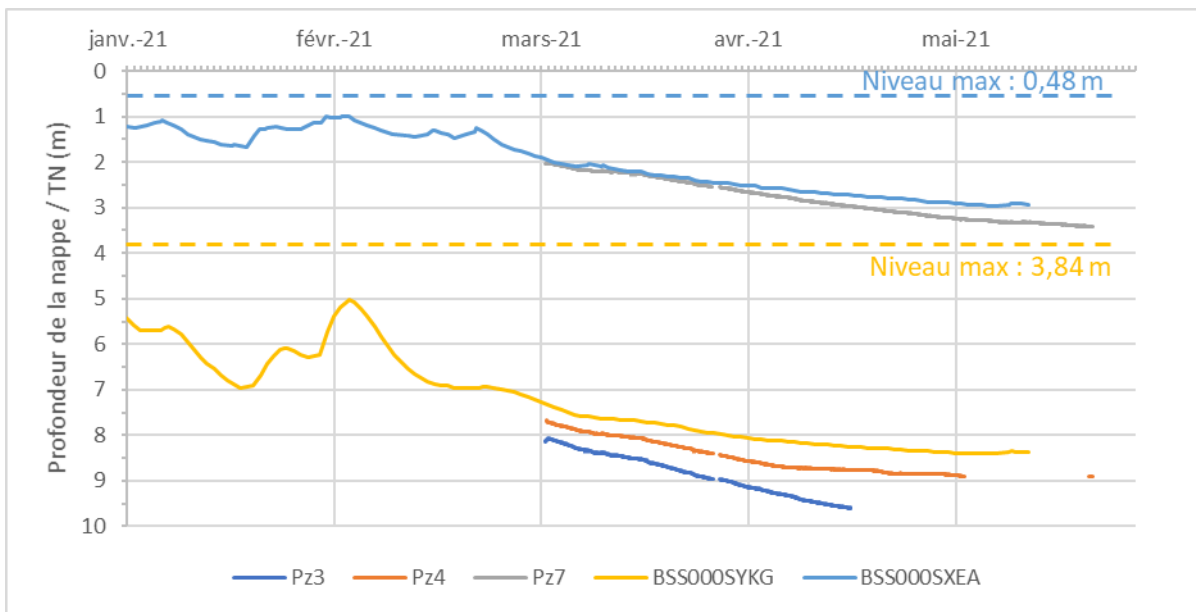


Figure 14 : Evolution des niveaux piézométriques en 2021 (source ADES et Calligée)

7.2 - ESTIMATION DU NIVEAU DE PLUS HAUTES-EAUX AU DROIT DU PROJET

Une estimation du niveau de plus hautes eaux est effectuée à l'aide du suivi piézométrique et des données des piézomètres de référence BSS000SYKG – St Divy et BSS000SXEА - Lanrivoaré.

La Figure 13 montre une évolution semblable de la piézométrie au droit du site et sur les piézomètres de référence. Le suivi sur le site a été effectué en phase de vidange de la nappe hors situation de hautes eaux.

Les cotes piézométriques mesurées au droit du projet ont été corrélées avec les cotes au droit des piézomètres de référence.

Les cotes déduites des statistiques sur les ouvrages de référence sont récapitulées dans le Tableau 4.

Les cotes déterminées en référence au piézomètre de St Divy sont plus hautes que celles déterminées au piézomètre de Lanrivoaré du fait d'un comportement différent de ces 2 piézomètres.

La durée de suivi effectué sur le site du projet est trop courte pour savoir si le fonctionnement est le plus proche de l'un ou l'autre des piézomètres de référence. Le cas le plus défavorable (cotes simulées les plus hautes) a été retenu (comparaison avec le piézomètre de St Divy BSS000SYKG).

La cote des plus hautes eaux a été estimée à :

- 69 m NGF au droit de Pz3
- 67,7 m au droit de Pz4
- 65,5 m NGF au droit de Pz7

Ainsi, au droit de Pz3, localisé au droit des annexes sportives (cote 71 m NGF), les cotes de la nappe seraient les suivantes :

- Cote de plus hautes eaux : 69.0 m NGF
- Cote de très hautes eaux : 68.5 m NGF
- Cotes de hautes eaux : 65,6 m NGF
- Cote médiane : 64,4 m NGF
- Cote de basses eaux : 63,6 m NGF
- Cote de très basses eaux : 62,9 m NGF.

Ces données restent des données estimées à partir de relevés sur une très courte période et sont donc tachées de grandes incertitudes. Pour préciser ces valeurs, il faudrait poursuivre le suivi sur plusieurs mois intégrant une période de hautes eaux (décembre à mars).

Il apparait que la cote des plus hautes eaux estimées à 69 m NGF au droit de Pz3 est 2 m en dessous de la cote des annexes sportives (71 m NGF).

Les cotes piézométriques des plus hautes eaux interpolées et extrapolées à partir des cotes maximales estimées sur Pz3, Pz4, Pz7 sont présentées sur la Figure 16.

La cote piézométrique des plus hautes eaux à l'angle nord-ouest du projet est estimée à 73 m NGF, soit 3 m en dessous de la cote du parvis.

La cote piézométrique des plus hautes eaux à l'angle nord-ouest du terrain de football est estimée à 72 m NGF, soit 1 m en dessous de la cote du terrain.

Le risque que le projet intercepte la nappe est ainsi très faible. Le secteur présentant le plus de risque semble être l'angle nord-ouest du terrain de football.

Tableau 4 : Cotes de références estimées au niveau du projet

Cotes (m NGF)*	BSS000SYKG	Pz3	Pz4	Pz7
Max2	116.3	69.0	67.7	65.5
Max	115.83	68.5	67.7	65.2
Q3	113.03	65.6	65.2	63.6
Médiane	112.14	64.4	64.3	62.8
Q1	111.67	63.5	63.9	62.1
Mini	111.18	62.5	63.6	61.2
Cotes (m NGF)*	BSS000SXE A	Pz3	Pz4	Pz7
Max	87.92	67.0	66.0	64.3
Q3	86.54	64.8	64.6	63.1
Médiane	85.95	63.5	63.9	62.2
Q1	85.34	62.1	63.5	61.3
Mini	84.3	59.7	62.8	59.7

* notification, cf. Figure 15

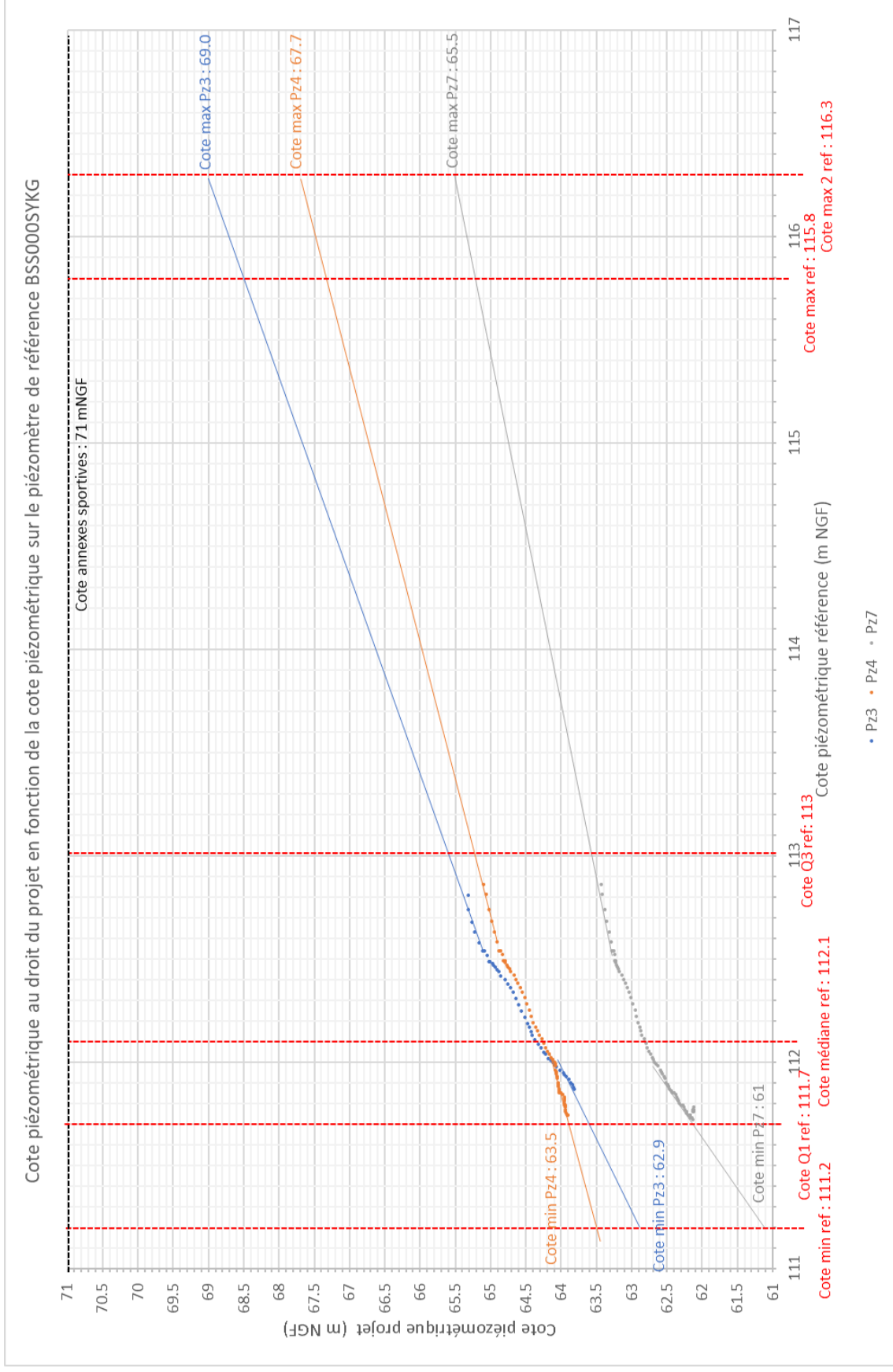


Figure 15 : Estimation des cotes piézométriques de référence au niveau du projet en fonction de la cote du piézomètre de St Divy

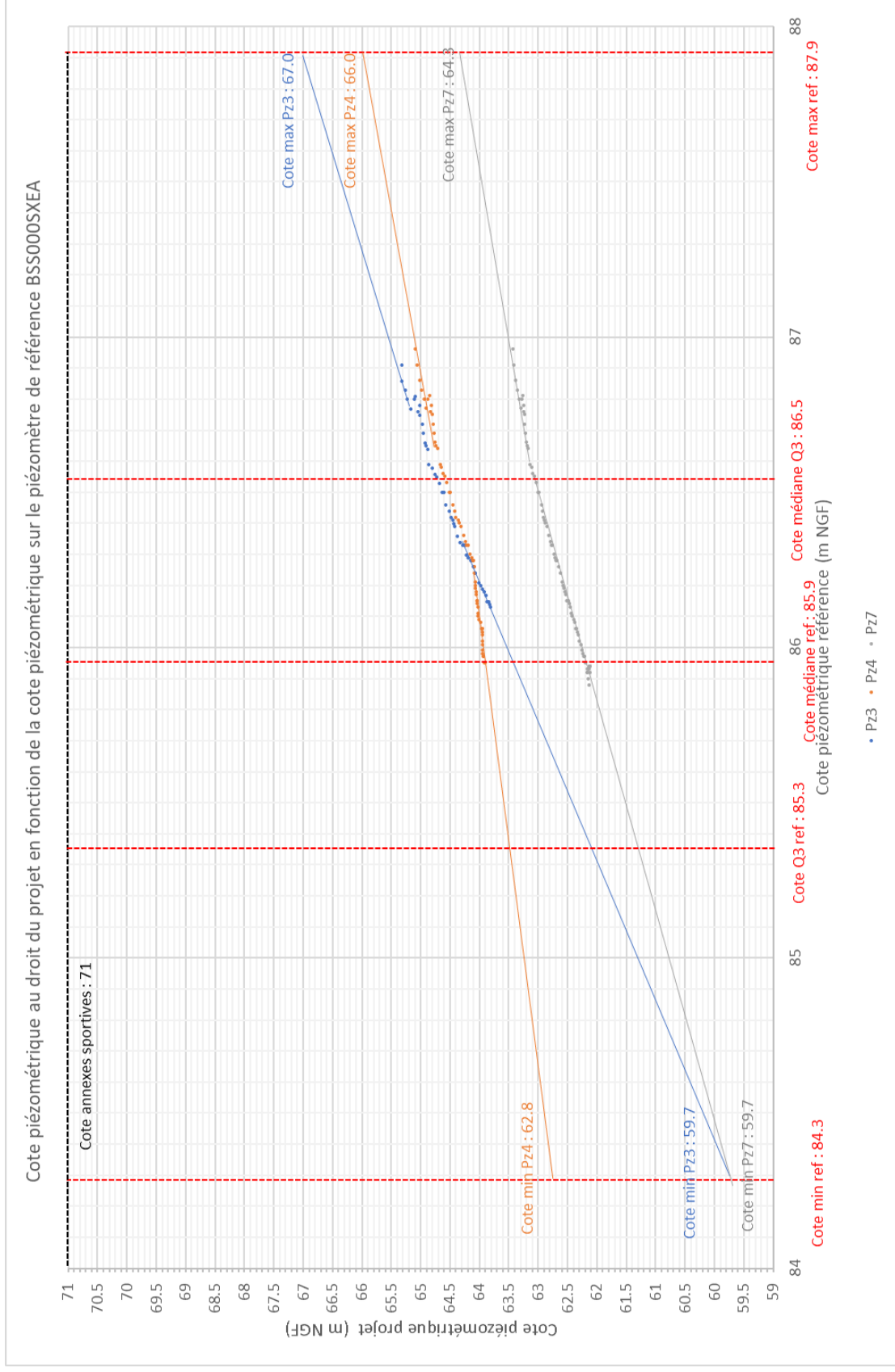
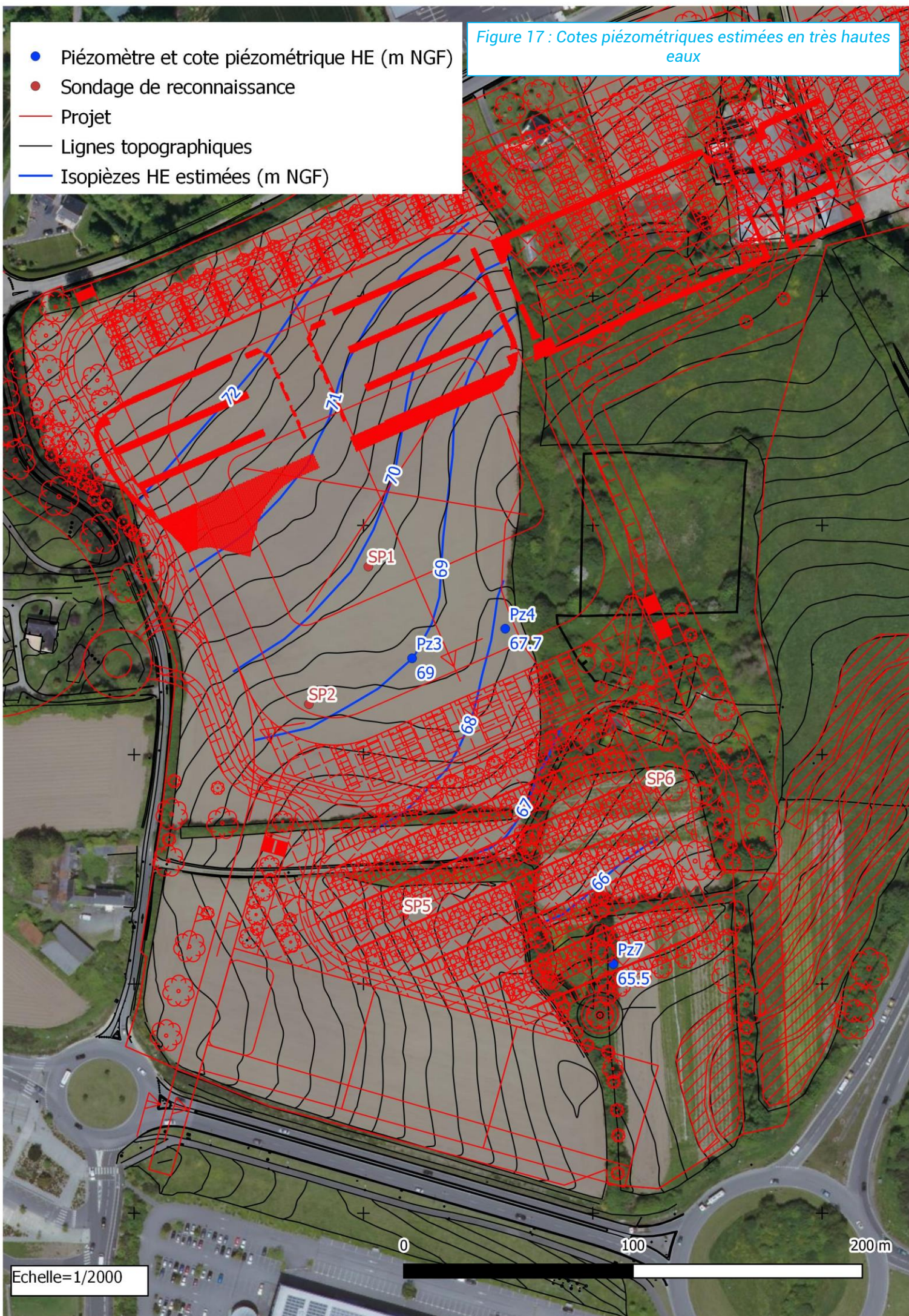
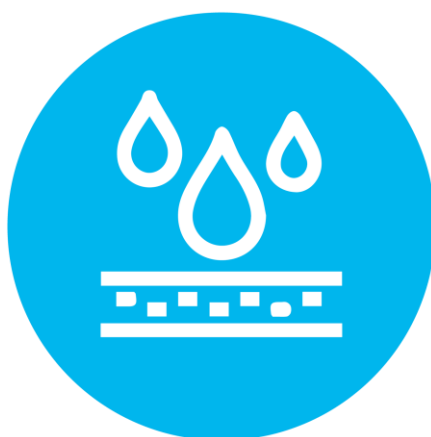


Figure 16 : Estimation des cotes piézométriques de référence au niveau du projet en fonction de la cote du piézomètre de Lanrivoaré

Figure 17 : Cotes piézométriques estimées en très hautes eaux

- Piézomètre et cote piézométrique HE (m NGF)
- Sondage de reconnaissance
- Projet
- Lignes topographiques
- Isopièzes HE estimées (m NGF)





8 Tests de perméabilité

Des essais de perméabilité ont été réalisés par Calligée dans les piézomètres Pz3, Pz4 et Pz7 les 29 et 30 mars 2021 :

- 3 slug tests sur chacun des 3 piézomètres,
- Un test de pompage sur Pz3.

8.1 - SLUG TESTS

Les caractéristiques des essais de pompage sont regroupées dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques des slug tests sur Pz4 et Pz6

Ouvrage testé	Pz3	Pz4	Pz7
Nombre de tests	3	3	3
Volumes injectés	40, 20, 142 litres	45, 20, 142 litres	20, 15, 10 litres
Modalités de suivi	Sondes « Diver » (pas de temps 5 secondes) et mesures manuelles		
Niveau statique avant essai	8,92 m/T.A.	8,40 m/T.A.	2,57 m/T.A.
Période hydrogéologique	Moyennes eaux		

Les mesures de variations du niveau d'eau lors des essais de perméabilité sont reportées sur les Figure 18 à Figure 20.

Ils ne semblent pas avoir été impactés par des prélèvements sur d'autres forages alentours.

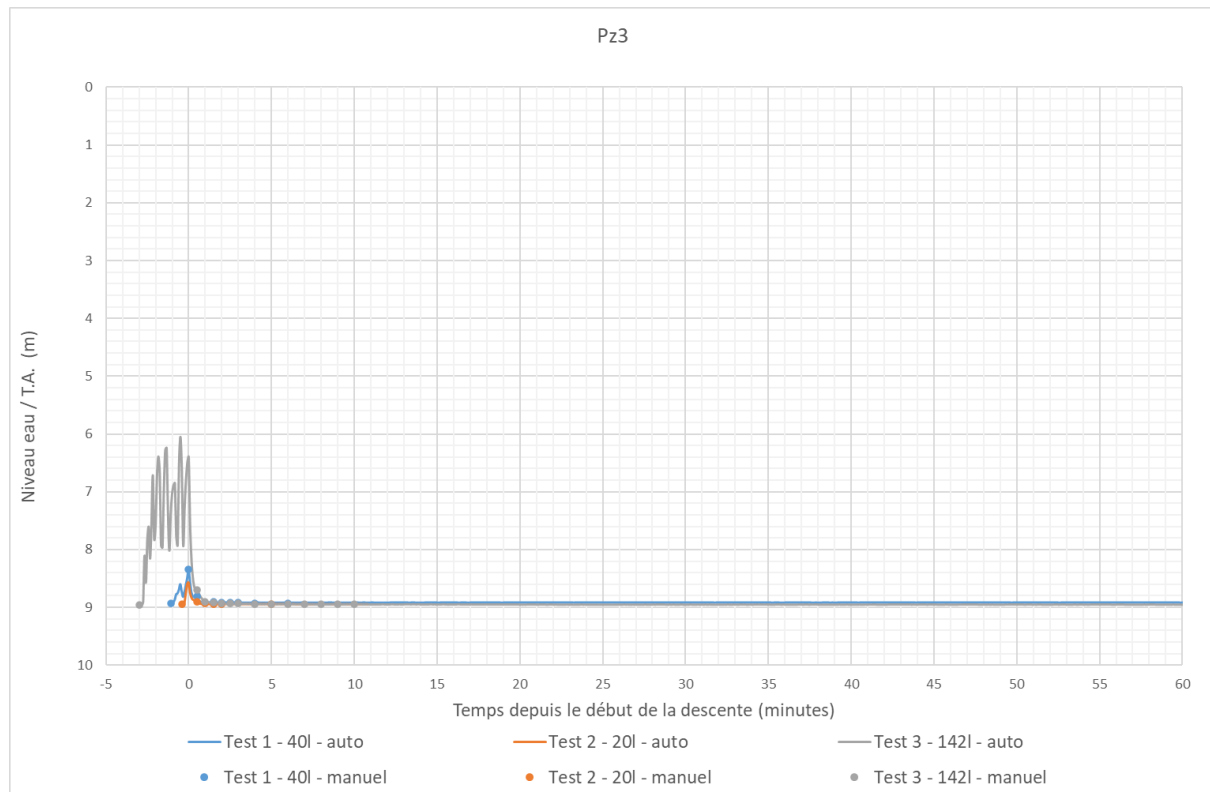


Figure 18 : Mesures du niveau d'eau par rapport au terrain naturel - slug test sur Pz3 (source : relevé sonde « Diver » et mesures manuelles, CALLIGEE – mars 2021)

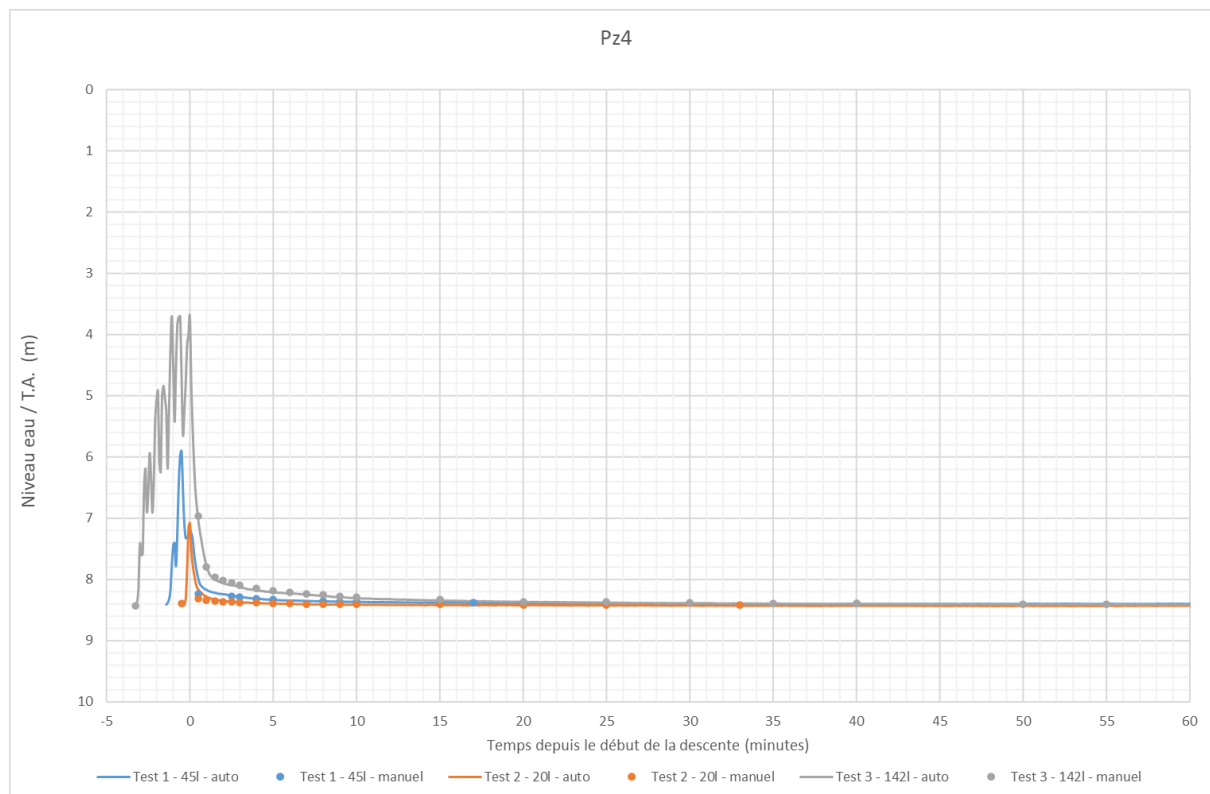


Figure 19 : Mesures du niveau d'eau par rapport au terrain naturel - slug test sur Pz4 (source : relevé sonde « Diver » et mesures manuelles, CALLIGEE – mars 2021)

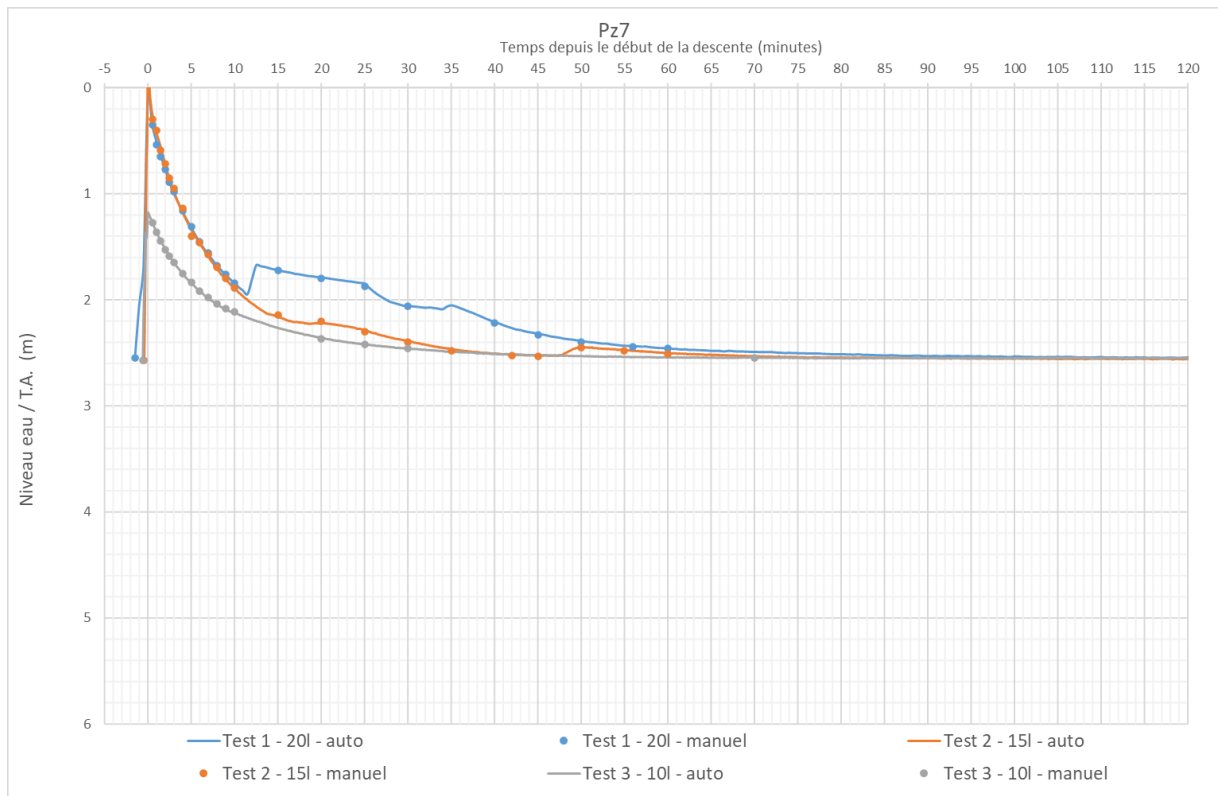


Figure 20 : Mesures du niveau d'eau par rapport au terrain naturel - slug test sur Pz7 (source : relevé sonde « Diver » et mesures manuelles, CALLIGEE – mars 2021)

L'interprétation des données de rabattement à partir de la méthode de Bouwer et Rice permet d'obtenir des valeurs de perméabilité et de transmissivité pour chaque piézomètre (fiches de calcul en

Annexe 1, résultats dans le Tableau 6).

Tableau 6 : Résultats des Slug-Tests

Pz3				
Pente 1	Test1	Test2	Test3	Moyenne
K	3.13E-05	3.13E-05	3.13E-05	3.13E-05
T	3.13E-05	3.13E-05	3.13E-05	3.13E-05
Pente 2	Test1	Test2	Test3	Moyenne
K	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
T	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pz4				
Pente 1	Test1	Test2	Test3	Moyenne
K	1.16E-05	2.04E-05	5.57E-06	1.25E-05
T	6.72E-06	1.18E-05	3.23E-06	7.26E-06
Pente 2	Test1	Test2	Test3	Moyenne
K	2.39E-07	3.59E-07	2.23E-07	2.74E-07
T	1.39E-07	2.08E-07	1.29E-07	1.59E-07
Pz7				
Pente 1	Test1	Test2	Test3	Moyenne
K	6.67E-07	6.67E-07	7.52E-07	6.95E-07
T	1.70E-06	1.70E-06	1.92E-06	1.77E-06
Pente 2	Test1	Test2	Test3	Moyenne
K	3.49E-07	0.00E+00	2.65E-07	2.05E-07
T	8.91E-07	0.00E+00	6.75E-07	5.22E-07

Il a été considéré que les piézomètres ont bien été nettoyés et que les variations des niveaux d'eau n'ont pas été perturbées par un potentiel colmatage de ceux-ci.

Les valeurs de perméabilités obtenues sont plutôt élevées, particulièrement sur Pz3 où les formations sont fortement fracturées.

8.2 - ESSAIS DE POMPAGE

En raison des fortes vitesses de descente observées lors des slugs tests, un test par pompage a été effectué sur Pz3. Les caractéristiques de cet essai sont regroupées dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Caractéristiques des essais de pompage sur Pz2

Ouvrage testé	Pz3
Pompe et débit moyen de pompage	Pompe SDEC Tornado
Débit de pompage	0,38 m ³ /h
Temps pompage	90 min
Temps remontée	80 min
Modalités de suivi	Sonde « Diver » (pas de temps 5 secondes) et mesures manuelles
Niveau statique avant pompage	8,95 m/TN
Période hydrologique	Moyennes eaux

Les mesures de variations du niveau d'eau lors des essais de pompage sont reportées sur la Figure 21.

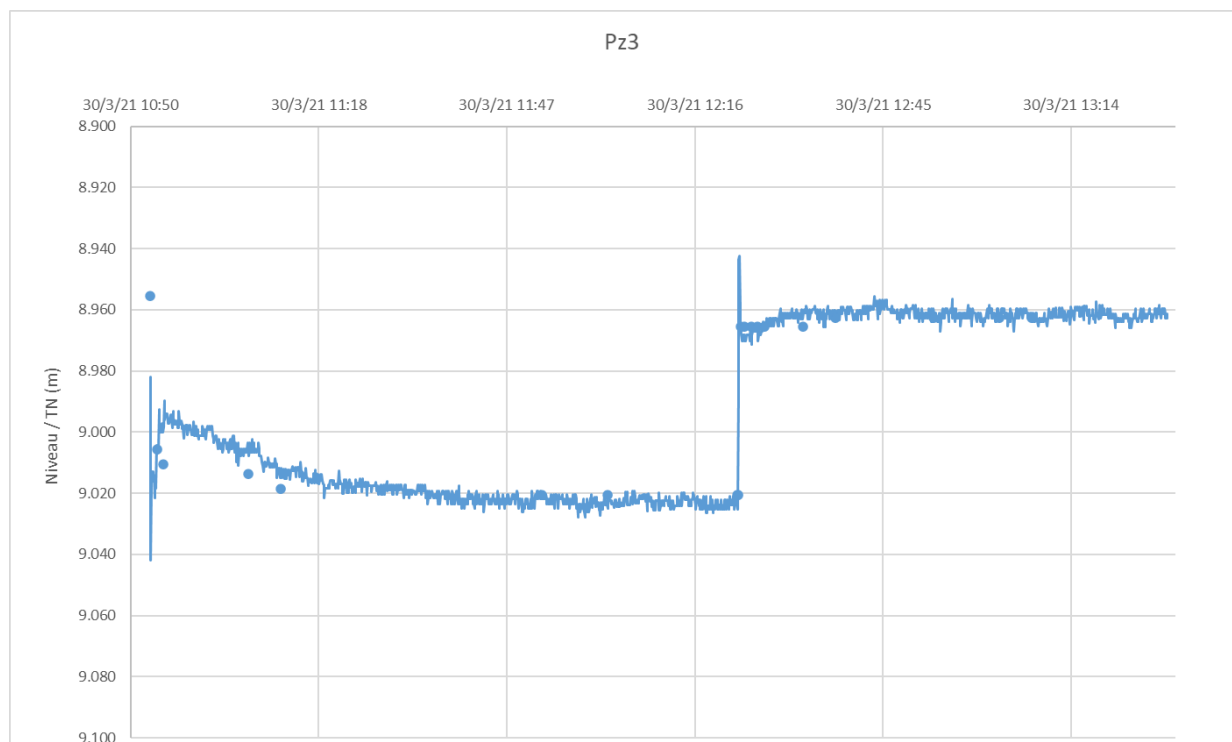


Figure 21 : Mesures du niveau d'eau par rapport au terrain naturel – essai de pompage sur Pz3 (source : relevé sonde « Diver » et mesures manuelles, CALLIGEE – mars 2021)

L'interprétation des données de rabattement a été réalisée à partir de la méthode de Jacob. Elle permet d'obtenir des valeurs de perméabilité et de transmissivité pour le piézomètre (résultats dans le Tableau 8).

La méthode de Jacob (approximation de la méthode de Theis) s'applique pour les remontées de nappe après l'arrêt d'un pompage de courte durée (nappe non stabilisée). Cette méthode prend en compte un milieu homogène et continu.

La transmissivité T est calculée de la manière suivante :

$$T = \frac{2,3 Q}{4\pi \Delta s}$$

Et :

$$\Delta s = \frac{ds}{d \log\left(\frac{t+t'}{t}\right)}$$

Avec :

- Q : valeur de débit du pompage ayant créé le rabattement initial (m³/s)
- t : temps écoulé depuis l'origine du pompage jusqu'à son arrêt (s)
- t' : temps compté après cet arrêt (s)
- Δs : paramètre obtenu graphiquement en traçant la courbe expérimentale de l'essai avec le rabattement en ordonnée et un paramètre temporel en abscisse. Dans le cas de la descente du niveau d'eau, il s'agit du log(t) et dans le cas de la remontée il s'agit du log($\frac{t+t'}{t}$). Δs correspond à la variation du rabattement sur un module logarithmique.

Enfin, la perméabilité s'obtient de la façon suivante :

$$K = \frac{T}{e}$$

Avec :

- K : la perméabilité (m/s),
- T : la transmissivité (m²/s),
- e : l'épaisseur de la nappe (m).

L'épaisseur de la nappe était d'environ 1 m lors des essais de pompage.

Les courbes de descente et de remontée de l'essai de pompage sont reportées en annexe 2.

Tableau 8 : Valeurs de perméabilité et transmissivité

Méthode de JACOB	Descente	Remontée
	K : 9,2.10 ⁻⁴ m/s	K : 1,510 ⁻³ m/s
	T : 9,2.10 ⁻⁴ m ² /s	T : 1,5.10 ⁻³ m ² /s

Il a été considéré que le piézomètre a bien été nettoyé et que les variations des niveaux d'eau n'ont pas été perturbées par un potentiel colmatage de celui-ci.

Les valeurs de perméabilités obtenues sont très élevées pour des terrains de socle et sont probablement représentatives d'une forte fracturation au droit de l'ouvrage.

Les valeurs trouvées par cette méthode sont bien supérieures à celles issues du Slug test et semblent être jugées plus représentatives de l'aquifère. Elles amènent d'ailleurs à invalider la méthode du Slug test dans ce contexte.



9 Calculs des débits d'exhaure

Du fait que les estimations de cote de plus hautes-eaux montrent que le projet n'interceptera pas la nappe, aucun calcul de débit d'exhaure n'est réalisé.



10 Synthèse et conclusion

Dans le cadre d'un projet de construction d'un stade de foot et d'activités annexes de type commercial au carrefour du boulevard François Mitterrand et de la RN265 à Brest, la société HOLDISPORT, a sollicité CALLIGEE via son AMO AAMO, pour la réalisation d'une étude géothermique et hydrogéologique. Le présent rapport porte uniquement sur ce second point.

Les objectifs de cette étude sont :

- de préciser la cote de plus hautes eaux et basses eaux de la nappe au droit du projet,
- caractériser, les débits d'eau souterraine à extraire en phase chantier et de service en cas de rencontre du projet avec la nappe.

Le projet consiste en la réalisation d'un stade et d'installations annexes.

La côte du parvis est fixée à 76 m NGF.

La côte du point bas des annexes sportives est à 71 NGF.

La cote du terrain est à environ 73 m NGF.

Le projet se situe au maximum à environ à 4 mètres sous le terrain naturel au niveau de l'angle nord-ouest du terrain.

L'étude a permis de montrer la présence d'une nappe au sein des formations altérées du socle gneissique.

Une estimation de la cote des plus hautes eaux de la nappe a été effectuée à partir d'un suivi de la nappe par Calligée du 04/03/2021 (au lendemain de la commande de notre mission) au 25/05/2021, soit sur 82 jours seulement, et des niveaux suivis sur des piézomètres de référence. Le suivi sur le site n'a pas compris la période de hautes eaux, celle-ci étant déjà passée lors de la mise en place du matériel.

La cote des plus hautes eaux a été estimée à :

- 69 m NGF au droit de Pz3
- 67,7 m au droit de Pz4

- 65,5 m NGF au droit de Pz7

Ainsi au droit de Pz3, la nappe en très hautes eaux se situerait 2 m en dessous de la cote des annexes sportives (71 m NGF).

Par extrapolation, les cotes piézométriques des plus hautes eaux sont estimées à :

- 73 m NGF à l'angle nord-ouest du projet, soit 3 m en dessous de la cote du parvis (76 m NGF),
- 72 m NGF à l'angle nord-ouest du terrain de football, soit 1 m en dessous de la cote du terrain de football (73 m NGF).

Le risque que le projet intercepte la nappe est ainsi très faible. Le secteur présentant le plus de risque semble être l'angle nord-ouest du terrain de football.

Les tests réalisés dans les piézomètres montrent des perméabilités très élevées pour des terrains de socle et sont probablement représentatives d'une forte fracturation des terrains au droit de l'ouvrage.

D'après les données de suivi et les hypothèses prises, le projet n'interceptera pas a priori la nappe. Il n'apparaît donc pas nécessaire de mettre en place un système de gestion des eaux souterraines.

De ce fait, aucun débit d'exhaure n'a été calculé.

OBSERVATIONS IMPORTANTES

CONDITIONS DE VALIDITE DE L'ETUDE

1 - Le présent rapport et ses annexes (planches, plans hors-texte, etc.) constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou d'une reproduction partielle ne sauraient engager la société CALLIGEE.

2 - La société CALLIGEE ne peut être rendue responsable des modifications apportées au présent rapport sans son consentement écrit.

3 - Les conclusions de l'étude sont établies à partir d'informations disponibles fournies et collectées et de mesures et échantillonnages limités dans l'espace et le temps, qui ne permettent pas de présager d'hétérogénéités naturelles ou artificielles des milieux et de variations temporelles des conditions physiques (météorologie, période hydrologique, occupation des sols, activités anthropiques, etc.).

Les méthodes de reconnaissance et de caractérisation du sol et sous-sol et des eaux souterraines et superficielles sont ponctuelles et ne sauraient être représentatives d'une zone plus étendue. Sauf mention contraire, les incertitudes associées aux méthodes, échantillonnage et analyses ne sont pas prises en compte dans le rapport. Les méthodes de reconnaissance géophysique étant quant à elles de nature indirecte et non destructive, les résultats qui en découlent résultent d'interprétations sur la base de jugement professionnel et scientifique.

4 - Les résultats de l'étude sont valables uniquement dans le cadre de la demande et des hypothèses formulées par le client. Ils ont été établis en fonction des caractéristiques de son projet prévalant au moment où l'étude a été réalisée.

5 - Si, en l'absence de fourniture de l'ensemble des données demandées dans son offre, et à défaut de disposer de données précises spécifiques à la zone étudiée, la société CALLIGEE a été amenée dans le présent rapport à faire des hypothèses sur le projet, il appartient au client ou à son maître d'œuvre de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à CALLIGEE d'avoir établi son étude sur la base desdites hypothèses.

6 - Toute modification ultérieure du projet concernant la conception, l'implantation, et/ou le niveau, la taille des ouvrages ne pourra pas être prise en compte dans le rapport. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caduque certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.

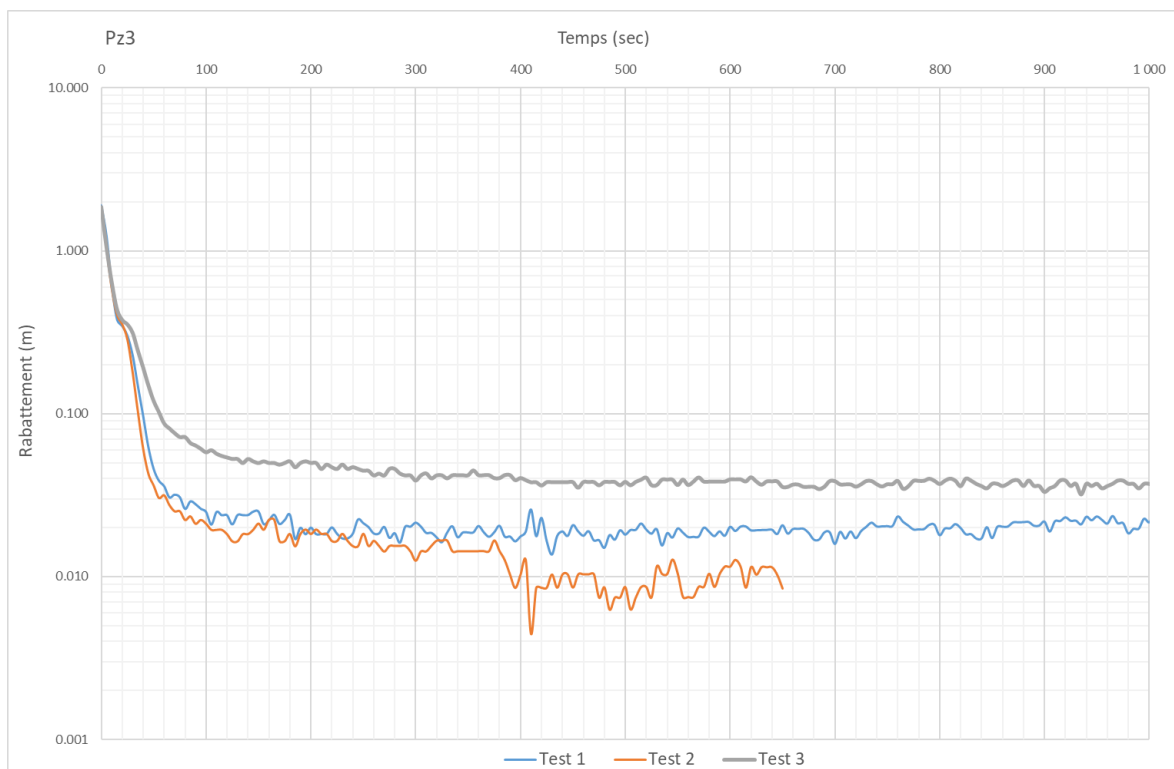
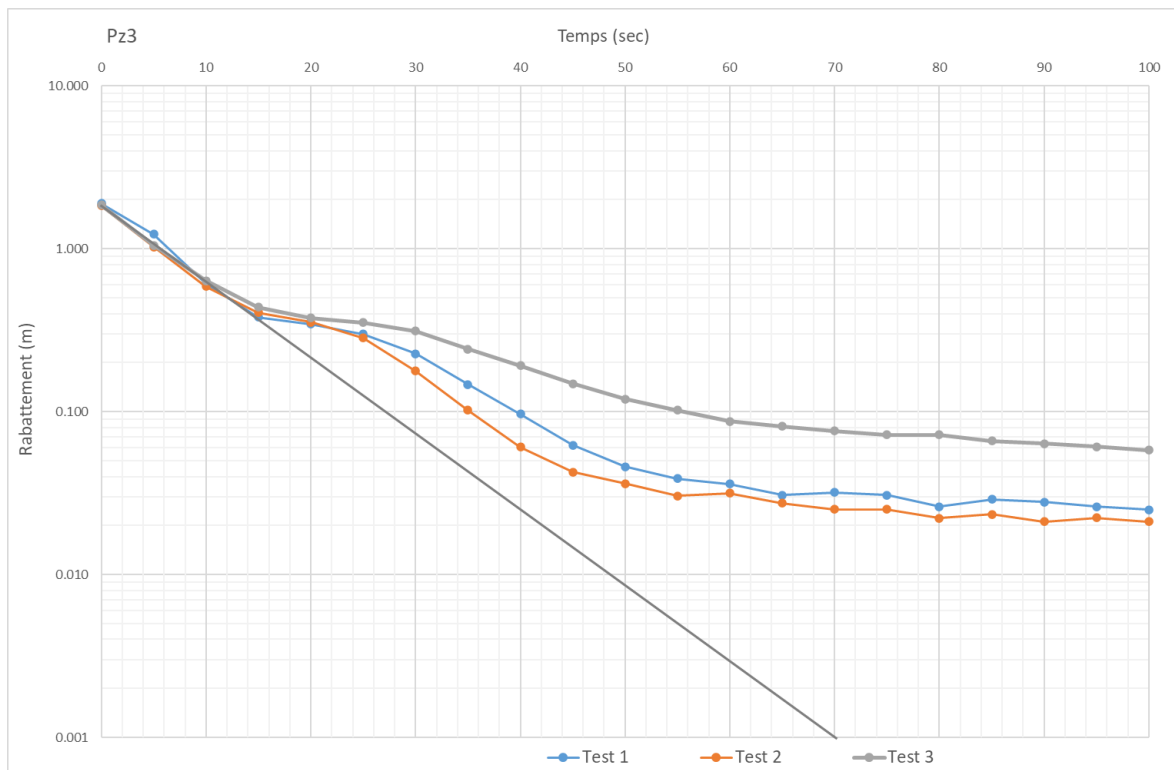
7 - Les conclusions de l'étude sont valables à la date de rédaction du présent rapport suivant la réglementation en vigueur à cette même date. Toute évolution réglementaire postérieure à la réalisation de l'étude devra être prise en compte par le client.

8 - L'utilisation des résultats de CALLIGEE pour chiffrer un coût autre qu'estimatif de travaux ou d'infrastructures ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de CALLIGEE.

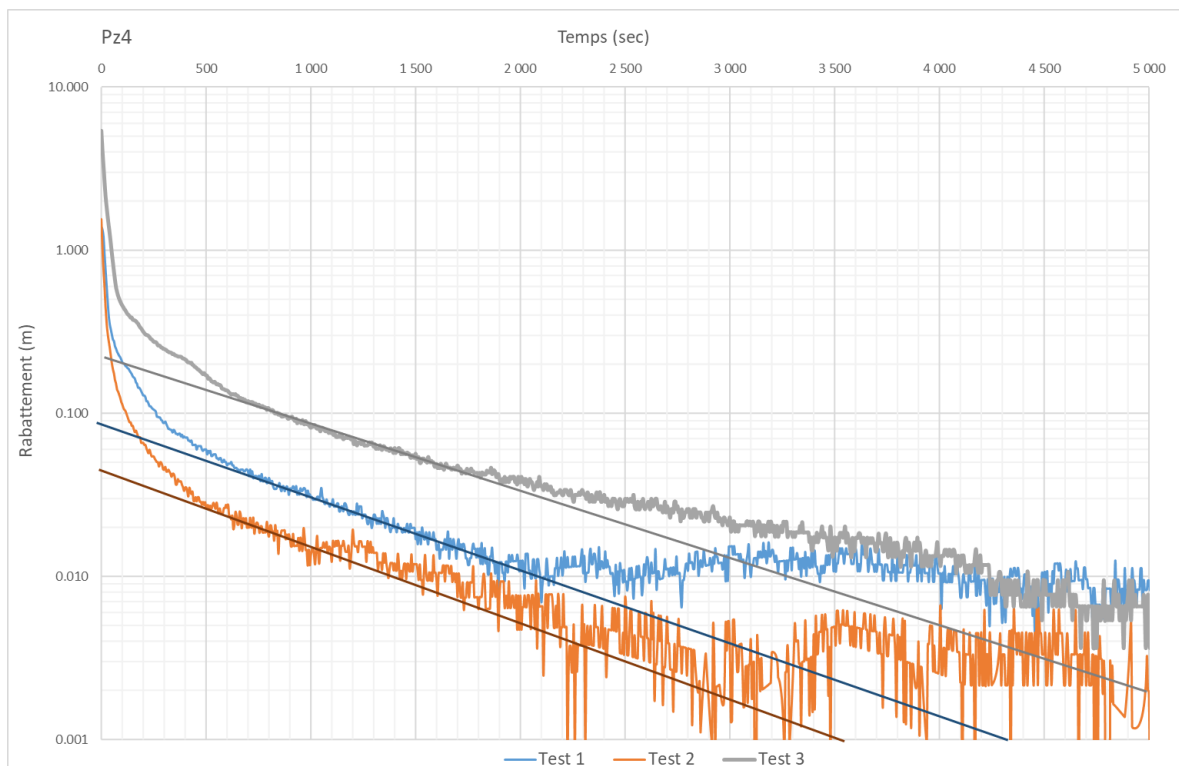
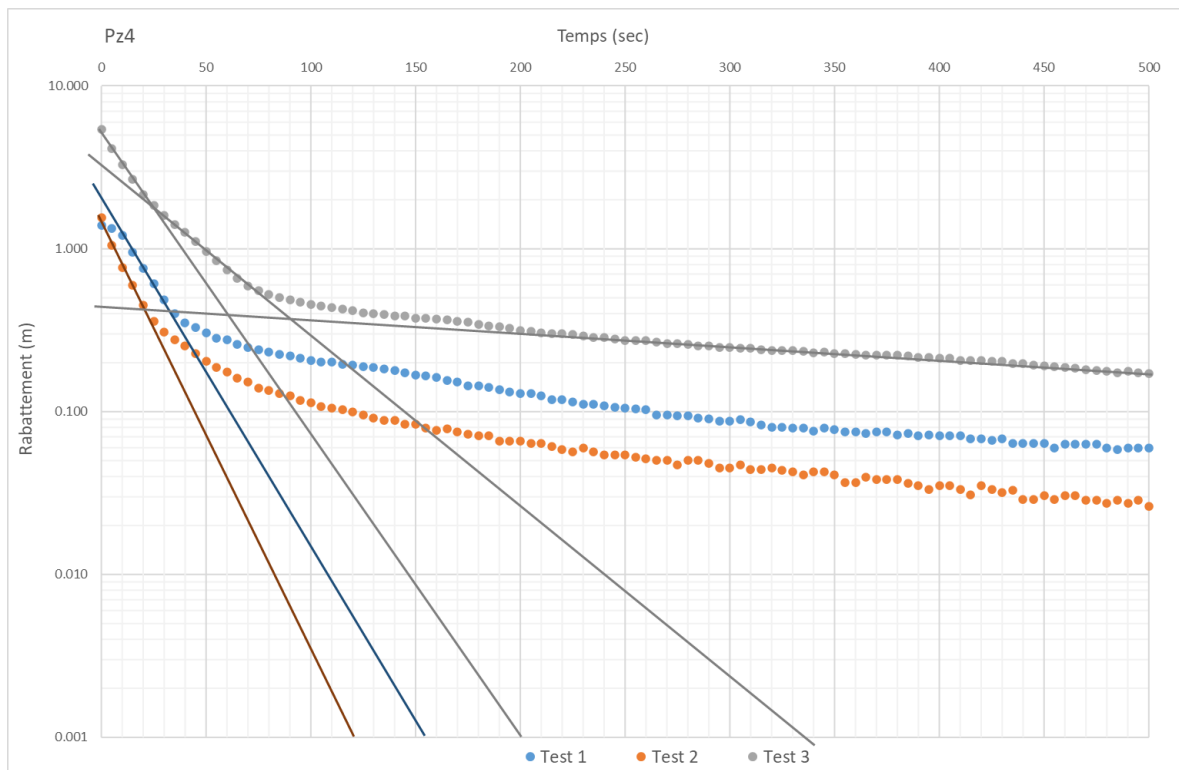
ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE DE CALCUL DES SLUG-TESTS

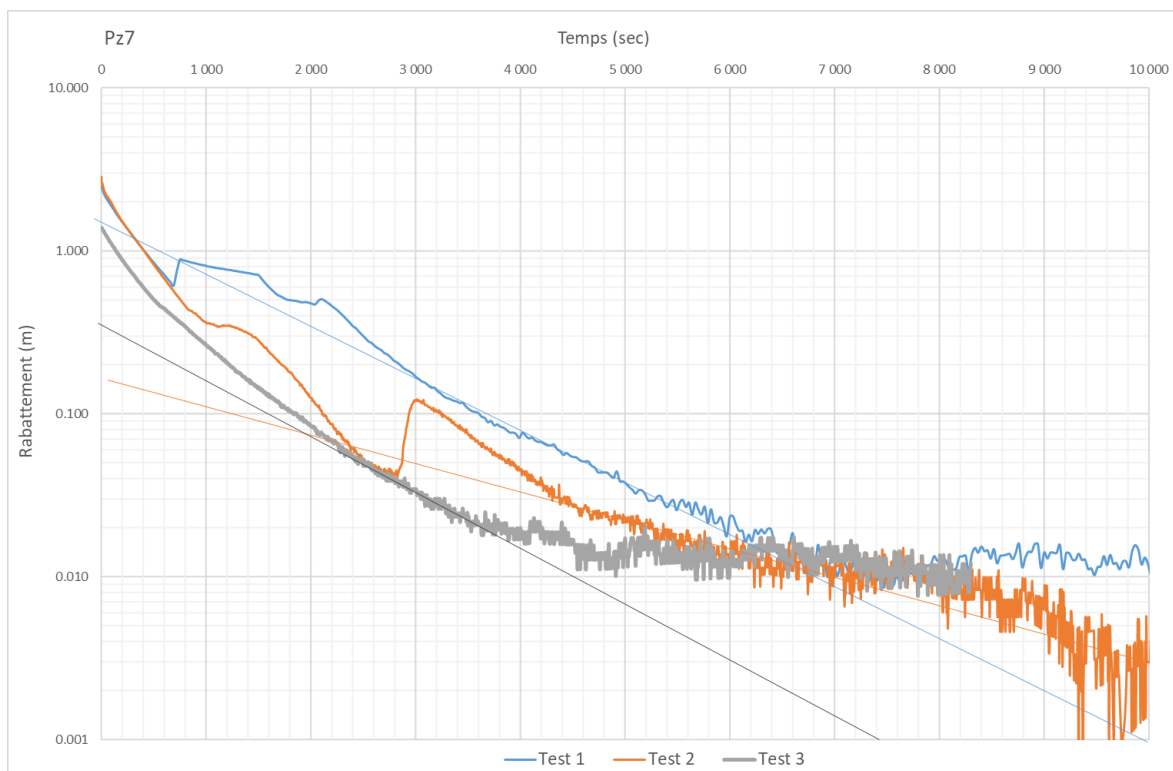
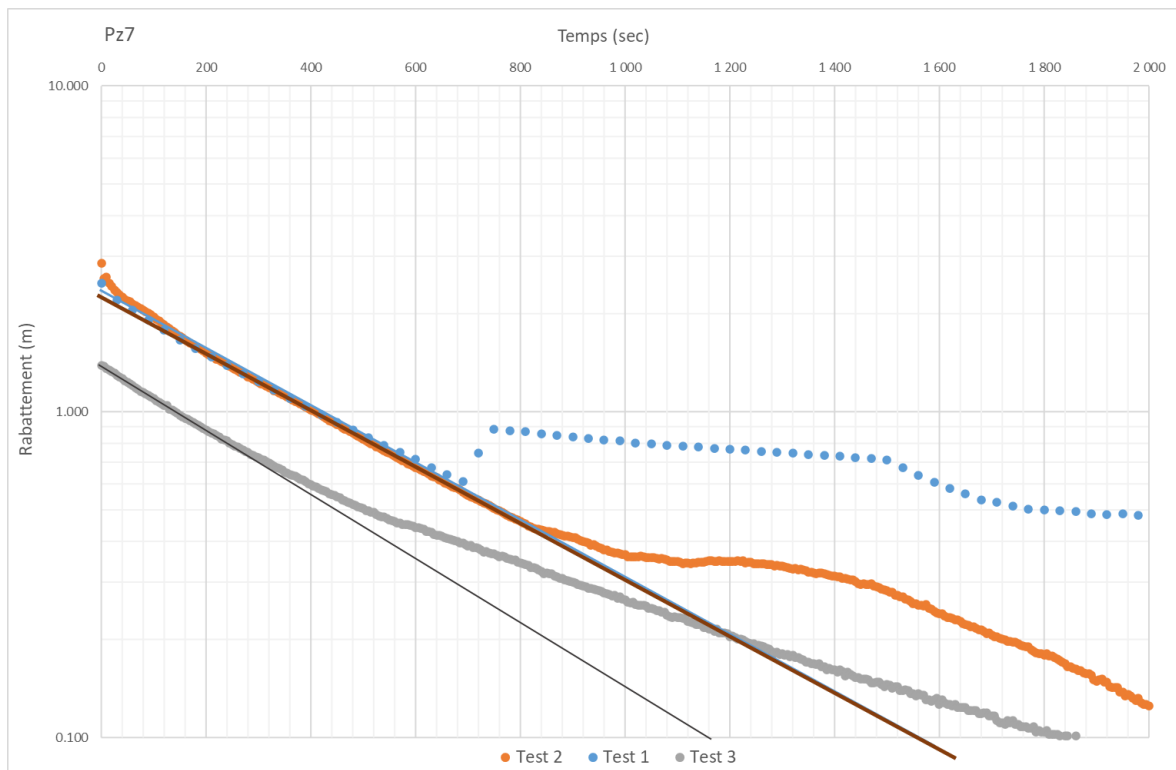
PZ3



PZ4



PZ7



Formule de BOUWER ET RICE			
$K = ((Rc^2 * \ln(Re/Rw)) / (2 * L)) * ((1/t) * \ln(Y(0)/Y(t)))$			
Avec	Y(0)/Y(t)	(h0-H0)/(h(t)-H0)	-
	H0	niveau statique initial	m
	h0	niveau d'eau après impulsion (temps 0 de l'essai)	m
	Rc	rayon du tubage	m
	Rw	rayon du puits (tubage + massif filtrant)	m
	L	hauteur de crépine libre	m
	Re	rayon d'influence de l'essai	m --> paramètre à déterminer par ca
	b	épaisseur saturée de l'aquifère	m
	A	coefficient à déterminer graphiquement	-
	B	coefficient à déterminer graphiquement	-
	C	coefficient à déterminer graphiquement	-
	d	distance entre la surface de l'aquifère et le fond du piézomètre	m

CAS D'UN PUIITS RECOUPANT ENTIEREMENT L'AQUIFERE

La formule à utiliser pour déterminer Re est :

$$\ln(Re/Rw) = ((1.1/\ln(d/Rw)) + (C/(L/Rw))^{-1})$$

Test 20 I	Pente 1	Pente 2	
b	2.55	2.55	
Rw	0.055	0.055	
Rc	0.026	0.026	
L1	3	3	
d	2.55	2.55	
L/Rw	55	55	
C	2.75	2.75	Détermination du coefficient C à partir des abaques en fonction du rapport L/Rw
ln(d/Rw)	3.84	3.84	
ln(Re/Rw)	2.97	2.97	
td (s)	30	4000	Plage de détermination de la pente
tf (s)	600	5000	
t	1560	4250	Détermination graphique
y0	2.25	0.085	Détermination graphique
yt	0.1	0.001	Détermination graphique
(1/t)*ln(Y(0)/Y(t))	2.00E-03	1.05E-03	
K	6.67E-07	3.49E-07	
T	1.70E-06	8.91E-07	

Test 15 I	Pente 1	Pente 2	
b	2.55	2.55	
Rw	0.055	0.055	
Rc	0.026	0.026	
L2	3	3	
d	2.55	2.55	
L/Rw	55	55	
C	2.75	2.75	
ln(d/Rw)	3.84	3.84	
ln(Re/Rw)	2.97	2.97	
td (s)	160		
tf (s)	800		
t	1560		
y0	2.25		
yt	0.1		
(1/t)*ln(Y(0)/Y(t))	2.00E-03		
K	6.67E-07		
T	1.70E-06		

Test 10 I	Pente 1	Pente 2	
b	2.55		
Rw	0.055		
Rc	0.026		
L1	3		
d	2.55		
L/Rw	55	55	
C	2.75	2.75	
ln(d/Rw)	3.84	3.84	
ln(Re/Rw)	2.97	2.97	
td (s)	0	2200	
tf (s)	200	3600	
t	1160	7400	
y0	1.36	0.35	
yt	0.1	0.001	
(1/t)*ln(Y(0)/Y(t))	2.25E-03	7.92E-04	
K	7.52E-07	2.65E-07	
T	1.92E-06	6.75E-07	

Pente 1	Test1	Test2	Test3	Moyenne
K	6.67E-07	6.67E-07	7.52E-07	6.95E-07
T	1.70E-06	1.70E-06	1.92E-06	1.77E-06
Pente 2	Test1	Test2	Test3	Moyenne
K	3.49E-07	0.00E+00	2.65E-07	2.05E-07
T	8.91E-07	0.00E+00	6.75E-07	5.22E-07

ANNEXE 2 : FICHE DE CALCUL DE L'ESSAI PAR POMPAGE



calligée
SCIENCES & TECHNIQUES GÉOLOGIQUES

-  géologie & géophysique
-  hydrogéologie
-  eaux superficielles & eaux usées
-  sites et sols pollués
-  géomatique & cartographie

A Annexe 6, Etude de potentiel de développement en énergies renouvelables (akajoule,2022 et 2024)

Annexe 6, Etude de potentiel de développement en énergies renouvelables (akajoule,2022 et 2024)

Etude de potentiel de développement en énergies renouvelables

Phase 1

Stade Froustven - HOLDISPORTS



Version 1
28 juillet 2022

Rédacteurs :

Kristelle LE CAM

✉ : kristelle.lecam@akajoule.com

☎ : 07 68 95 86 13

DESCRIPTION DU DOCUMENT

Référence projet : 1858EPX-ZAC FROUTVEN BREST

Titre du rapport : Etude de faisabilité – Potentiel de développement en énergies renouvelables – Stade Froutven

Client : HOLDISPORTS

Date du document : 28/07/2022

Résumé : L'objectif de ce rapport est d'étudier le potentiel de développement des énergies renouvelables sur le futur stade de Brest. Ce document présente la phase 1 de l'étude. La phase 2, étudiée dans un second temps, est l'étude de faisabilité technique et financière de différents scénarios d'approvisionnement énergétique du site.

REDACTION DU DOCUMENT

Rédigé par : Kristelle LE CAM

Vérifié par : Mathilde BARBIER

Approuvé par : Guillaume ACCARION

QUALIFICATION ET REGLEMENTATION

La société Akajoule est qualifiée auprès de l'OPQIBI sous le numéro 14 04 26 90 pour la réalisation de :

- Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collectives) (1905)
- Audit énergétique dans l'industrie (1717)
- Audit énergétique et CO2 des activités de transport de marchandises et/ou de personnes (0607)
- Étude de réseaux de transport de chaleur et de froid (1319)
- Ingénierie des installations de production utilisant la biomasse en combustion (2008)
- Étude d'installations de production utilisant l'énergie solaire photovoltaïque (2011)
- Ingénierie des installations solaires utilisant l'énergie solaire photovoltaïque (2015)

Sommaire

Table des matières

1	INTRODUCTION	5
2	PRESENTATION DES ENJEUX ENERGETIQUES	6
2.1	REGLEMENTATION THERMIQUE	6
2.2	CONTEXTE TERRITORIAL	8
2.2.1	LE PLAN CLIMAT-AIR-ENERGIE TERRITORIAL 2019-2025 – BREST METROPOLE	8
2.2.2	LE PLAN LOCAL D’URBANISME	8
3	ANALYSE DES BESOINS ENERGETIQUES DU PROJET	10
3.1	BESOINS DE CHAUFFAGE, DE CLIMATISATION ET D’EAU CHAUDE SANITAIRE	10
3.2	CONSOMMATIONS ELECTRIQUES	10
4	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENR	11
4.1	FILIERE SOLAIRE	11
4.1.1	SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	11
4.1.2	SOLAIRE THERMIQUE	16
4.2	FILIERE EOLIENNE	17
4.2.1	PRESENTATION DE LA FILIERE	17
4.2.2	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT	17
4.3	GEOTHERMIE	17
4.3.1	PRESENTATION DE LA FILIERE	17
4.3.2	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT	18
4.4	FILIERE AEROTHERMIE	21
4.4.1	PRESENTATION DE LA FILIERE	21
4.4.2	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT	22
4.5	FILIERE BIOMASSE	22
4.5.1	PRESENTATION DE LA FILIERE	22
4.5.2	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT	22
4.6	FILIERE METHANISATION	24
4.6.1	PRESENTATION DE LA FILIERE	24
4.6.2	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT	25
4.7	RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR	25
4.7.1	PRESENTATION	25
4.7.2	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT	26
4.8	SYNTHESE DES POTENTIELS DE DEVELOPPEMENT DES ENR	29
5	ANNEXES	32
	ANNEXE 1 : EMISSIONS DE GES	32
	ANNEXE 2 : DEFINITION DES DIFFERENTES NOTATIONS D’ENERGIE	32

1 Introduction

Le projet du stade Froutven répond à un besoin du stade Brestois mais aussi de la ville pour y implanter plus largement des activités commerciales, de loisirs et tertiaires.

Pour répondre aux contraintes réglementaires, il est nécessaire de réaliser une étude de faisabilité sur le potentiel en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid, conformément au Code de l'Urbanisme :

« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

En effet, les investissements, implantations ou aménagements constituent des étapes clés dans les projets de transition énergétique. Ainsi, les opportunités doivent être saisies dès la conception de la zone, pour pouvoir étudier les potentiels d'intégration de projets de transitions énergétiques comme les réseaux de chaleur. Il est alors possible de dimensionner les équipements et installations en regard de ces potentiels (réseaux d'eau chaude, alimentation électrique).

L'étude demandée implique d'évaluer le potentiel d'ENR&R (énergies renouvelables et de récupération) du futur site.

Après avoir présenté les différents enjeux énergétiques, ce document analysera les besoins énergétiques de la zone et les potentiels en énergies renouvelables puis définira un scénario d'approvisionnement en énergie de référence et des variantes permettant de satisfaire ces besoins.

2 Présentation des enjeux énergétiques

2.1 Réglementation thermique

Le futur stade de Brest sera composé de zones dédiées aux évènements sportifs (vestiaires, salle d'échauffement, salle média...), de bureaux, de locaux commerciaux (brasserie, boutiques), et de loges qui pourront être utilisées comme hôtel, de zones de stockage...

La réglementation thermique appliquée actuellement est la **RE2020**. Cette réglementation a pour but de limiter les consommations énergétiques des bâtiments neufs (conception bioclimatique, renforcement de la performance de l'enveloppe, renforcement du confort d'été) et de réduire leur impact sur le climat (prise en compte des émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie des bâtiments, recours aux énergies renouvelables, recours aux matériaux ayant une faible empreinte carbone).

Elle impose à tous les acteurs de se préoccuper des performances énergétiques du bâtiment dès sa conception en fixant six exigences de résultats à respecter (contre trois pour la RT2012). Le tableau ci-dessous définit ces indicateurs.

Energie	Bbio [points]	Besoins bioclimatiques	Evaluation des besoins de chaud , de froid (que le bâtiment soit climatisé ou pas) et d'éclairage .
	Cep [kWh _{ep} /(m ² .an)]	Consommations d'énergie primaire totale	Evaluation des consommations d'énergie renouvelable et non renouvelable des 5 usages RT 2012 : chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires + 1. éclairage et/ou de ventilation des parkings 2. éclairage des circulations en collectif 3. électricité ascenseurs et/ou escalators
	Cep,nr [kWh _{ep} /(m ² .an)]	Consommations d'énergie primaire non renouvelable	
Carbone	Ic_{énergie} [kg eq. CO ₂ /m ²]	Impact sur le changement climatique associé aux consommations d'énergie primaire	Introduction de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des énergies consommées pendant le fonctionnement du bâtiment, soit 50 ans .
	Ic_{construction} [kg eq. CO ₂ /m ²]	Impact sur le changement climatique associé aux « composants » + « chantier »	Généralisation de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des produits de construction et équipements et leur mise en œuvre : l'impact des contributions « Composants » et « Chantier ».
Confort d'été	DH [°C.h]	Degré-heure d'inconfort : niveau d'inconfort perçu par les occupants sur l'ensemble de la saison chaude	Évaluation des écarts entre température du bâtiment et température de confort (température adaptée en fonction des températures des jours précédents, elle varie entre 26 et 28°C).

Figure 1 Indicateurs RE2020 – Source : CEREMA

Ces critères dépendent notamment de la zone climatique et de l'altitude du bâtiment (Figure 2).

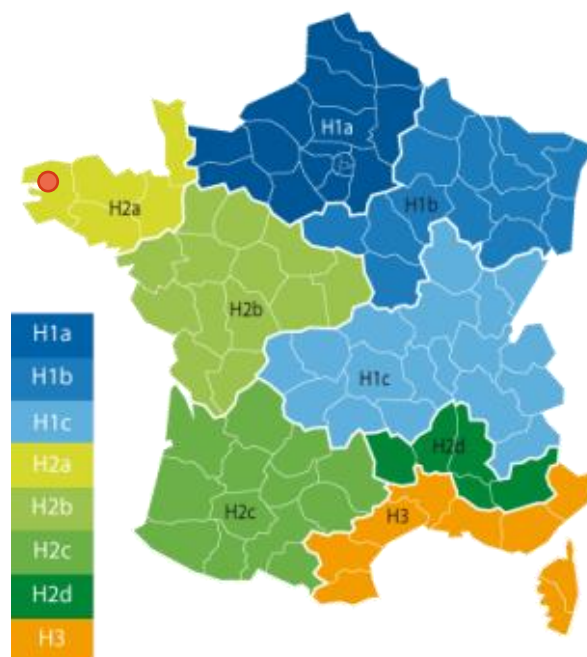


Figure 2 Zones climatiques

Le stade se trouve sur la commune de Guipavas qui est située en zone climatique H2a, à une altitude inférieure à 100m. A titre d'exemple, le Cep_{max} pour les bâtiments ou parties de bâtiments de type bureaux sur cette commune est de $81 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2/\text{an}$.

La RE 2020 ne s'applique pas aux bâtiments et parties de bâtiments dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12°C (zones de stockage, zones logistiques...).

En juillet 2022, les critères RE2020 étaient publiés pour les bureaux et les hôtels (loges). Ces zones seront donc soumises aux contraintes détaillées ci-dessous.

Pour le reste du bâtiment, la réglementation thermique appliquée reste la **RT2012**. Cette réglementation a pour but de limiter les consommations énergétiques des bâtiments (pas de critère lié au carbone à l'inverse de la RE2020). Elle impose à tous les acteurs de se préoccuper des performances énergétiques du bâtiment dès sa conception en fixant trois exigences de résultats à respecter ainsi que des exigences de moyens.

Les trois critères fixés pour évaluer les résultats sont :

- Une exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti (Bbio – prend en compte la qualité de conception : éclairage naturel, apports gratuits, mitoyenneté, isolation...);
- Une exigence de consommation maximale (Cep_{MAX} – consommation d'énergie primaire maximale);
- Une exigence de confort en été (TIC - exigence sur la température intérieure atteinte au cours d'une séquence de 5 jours chauds).

Comme pour la RE2020, ces critères dépendent notamment de la zone climatique et de l'altitude du bâtiment. L'objectif global sur la France est que la consommation moyenne des bâtiments neufs soit de $50 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2/\text{an}$.

2.2 Contexte territorial

2.2.1 Le Plan Climat-Air-Energie Territorial 2019-2025 – Brest Métropole

Sur l'agglomération de Brest Métropole, on dénombrait en 2020 des productions d'énergies renouvelables :

- Une production de gaz de 6 140 MWh issue de la méthanisation ;
- Une production d'électricité de 3 260 MWh_e pour le solaire photovoltaïque, de 28 640 MWh_e issus du bois et de 13 330 MWh_e issus de la valorisation des déchets ;
- Une production de chaleur renouvelable de 273 740 MWh_{th} issus du bois et de 113 630 MWh_{th} issus de la valorisation des déchets.

La production EnR du bois-énergie est donc largement majoritaire : elle représente 69% de la production renouvelable totale (Source : Terristory – Observatoire de l'environnement en Bretagne).

Le Plan Climat-Air-Énergie Territorial (PCAET) de la Brest Métropole a été publié en juin 2016. Dans le cadre du plan d'action de son PCAET, Brest Métropole souhaite :

- Poursuivre activement le développement des **réseaux de chaleur urbain** (Fiche Action n°21) ;
- Développer le **solaire photovoltaïque** (Fiche Action n°22) ;
- Développer les **énergies renouvelables thermiques** (Fiche Action n°23).

2.2.2 Le Plan Local d'Urbanisme

Une mise en compatibilité du PLU (Plan Local d'Urbanisme) de Brest Métropole avec le projet de complexe sportif du Froutven a été réalisée (approbation de la mise en compatibilité en octobre 2019) : classement de l'ensemble du secteur en zone 1AUL (zone à urbaniser), suppression de la protection Espace Boisé Classé.

La zone du projet de complexe sportif Froutven sera donc catégorisée comme zone UL : « zone urbaine destinée à accueillir les équipements sportifs ou de loisirs, les terrains de camping/ caravanning et les parcs résidentiels de loisir, comprenant toutes les constructions et installations d'accompagnement qui leurs sont liées ».

L'article 15 du règlement de PLU impose des obligations en matière de performances énergétiques et environnementales pour l'ensemble des zones, y comprises zones UL : toute construction neuve supérieure à 1 500 m² de surface de plancher doit comporter au moins **un dispositif destiné à économiser l'eau** et un dispositif de **production d'énergie renouvelable dont la part dans le bilan énergétique (Cep) sera au minimum de :**

- pour les constructions à usage d'**hébergement hôtelier**,
 - 15% du bilan énergétique en cas de recours à une EnR thermique ;
 - 25% du bilan énergétique en cas de recours à une EnR électrique ;
- pour les constructions à usage de **bureau**,
 - 10% du bilan énergétique en cas de recours à une EnR thermique ;
 - 20% du bilan énergétique en cas de recours à une EnR électrique ;
- **5% pour toutes autres destinations.**

Les énergies renouvelables prises en compte dans le PLU sont les suivantes :

- Energie renouvelable thermique : issue de l'exploitation d'une ressource renouvelable ou de récupération et restituée majoritairement sous forme de chaleur à boucle d'eau
 - Biomasse ;
 - Géothermie ;
 - Chaleur fatale ;
 - Raccordement à un réseau de chaleur à plus de 50% d'EnR&R.
- Energie renouvelable électrique : issue de l'exploitation d'une ressource renouvelable ou de récupération et restituée majoritairement sous forme d'électricité
 - Solaire photovoltaïque ;
 - Éolien ;
 - Hydraulique ;
 - Les pompes à chaleur nécessitant une source d'énergie primaire électrique sont à considérer au titre du PLU comme EnR électrique.

La part d'énergie renouvelable doit être justifiée et calculée à partir des données issues des calculs réglementaires thermiques ou environnementaux (RT2012 / RE2020).

3 Analyse des besoins énergétiques du projet

Une première approche des consommations énergétiques du projet a été réalisée par EGIS en juin 2022. Ce bilan est présenté ci-dessous et constitue une base pour l'estimation des potentiels en énergie renouvelable. Les données estimées étant des valeurs annuelles, elles ne permettent pas de dimensionner précisément des installations de production d'énergie renouvelables (dimensionnement base/appoint, autoconsommations solaires possibles...).

3.1 Besoins de chauffage, de climatisation et d'eau chaude sanitaire

Les besoins de chauffage et de refroidissement ont été approchés par des ratios surfaciques en fonction de chaque type de local présent dans le futur complexe.

Les besoins d'eau chaude sanitaire ont été estimés hors besoins d'eau chaude sanitaire ponctuels (sanitaire, salle détente bureau...) considérés comme alimentés par des petits ballons électriques¹, afin d'éviter des pertes de chaleur trop importante liées à la création d'un bouclage ECS.

Les besoins en eau chaude sanitaire des loges, commerces, vestiaires et offices des salons ont été estimés, par des hypothèses de quantité d'eau chaude consommées par utilisation et de nombres d'utilisations par an.

Le tableau suivant synthétise les résultats obtenus :

	Besoins (MWh)	Puissance
Chauffage	1 084 MWh _{th}	2 220 kW
Froid	175 MWh _{th}	880 kW
Eau Chaude Sanitaire	294 MWh _{th}	480 kW

Tableau 1 : Bilan des besoins énergétiques du site – source : EGIS

3.2 Consommations électriques

Le bilan de puissance par entité a permis d'estimer les besoins électriques (hors production calorifique et frigorifique) à 2 166 MWh.

¹ Les besoins ECS ponctuels alimentés à l'électricité sont négligés dans le bilan des consommations (besoins a priori faibles).

4 Potentiel de développement des EnR

4.1 Filière solaire

4.1.1 Solaire photovoltaïque

4.1.1.1 Présentation de la filière

Les systèmes solaires photovoltaïques se basent sur la conversion du rayonnement solaire en électricité. Le principe de fonctionnement est simple : se servir de l'énergie des photons pour créer un courant électrique au sein de la cellule photovoltaïque.

Ce courant électrique est ensuite ondulé (via un onduleur), le transformant de continu en alternatif, avant de le redistribuer sur le réseau ou bien de l'utiliser sur place (autoconsommation).

Ils peuvent être placés en toiture ou sur des ombrières de parkings. Plusieurs montages sont possibles pour utiliser l'énergie électrique : la revente totale au réseau, l'autoconsommation totale, l'autoconsommation et revente du surplus non consommé.

Par ailleurs, le taux d'autoconsommation photovoltaïque peut être bonifié par la mise en place d'un **système d'autoconsommation collective**. En effet, ce montage permet l'autoconsommation par plusieurs utilisateurs (éloignés d'une distance maximale de 2 km) d'une ou plusieurs installations photovoltaïques de puissance totale inférieure à 3 MW. Cela permet d'augmenter la part auto-consommée et ainsi d'améliorer la rentabilité du système. Ce montage nécessite alors la demande auprès du gestionnaire de réseau (les raccordements sont alors réalisés en aval des postes sources).

Avantages de la solution solaire photovoltaïque :

- Source d'énergie gratuite du soleil ;
- Disponibilité forte de la ressource : en toiture notamment ;
- Coût maîtrisé et stable pendant la durée de vie de l'installation (25 à 30 ans) ;
- Technologie mature et simple d'utilisation ;
- Peu ou pas de coût d'exploitation et de maintenance ;
- Baisse des émissions de gaz à effet de serre par rapport à une solution fossile.

Inconvénients de la solution solaire photovoltaïque :

- Investissement important ;
- Production intermittente et non pilotable.

4.1.1.2 Potentiel de développement

Développement du photovoltaïque sur les stades de football

Les grandes toitures des stades sont des opportunités de développement du solaire photovoltaïque. Les stades de Rio de Janeiro (2 400 m² de panneaux photovoltaïques), Brasilia, du Havre (1 500 m²), Taïwan (14 100 m²), Nice (2 600 m²) et Arsenal² sont par exemple équipés de centrales solaires.

² Sources : Energystream-Wavestone, 2014, « Quand le photovoltaïque domine le football mondial »
GreenUnivers, 2009, « Le plus grand stade solaire du monde »



Figure 3 Panneaux photovoltaïques en toiture – Stade de Nice

Sources : Batiweb / Filière-3e

Contraintes liées aux monuments historiques

L'extension de la zone d'activité ne se situe pas dans le périmètre de protection de 500 m autour d'un immeuble classé au titre des monuments historiques, périmètre dans lequel les démarches d'implantation de panneaux photovoltaïques peuvent être plus compliquées (consultation de l'Architecte des Bâtiments de France).



Figure 4 Périmètres de protection des monuments historiques dans la zone du projet

Photovoltaïque en toiture

Toiture disponible :

Figure 5 Modélisation du bâtiment prévu pour le stade Frootven

La seule toiture considérée est celle du stade. La surface de toiture disponible estimée pour la mise en place de panneaux photovoltaïques est de 8 000 m².

En fonction de la surface disponible, il est possible d'estimer un potentiel photovoltaïque, détaillé dans le tableau ci-dessous. Il a été pris comme hypothèse la pose de panneaux photovoltaïques sans inclinaison.

Surface de toiture disponible	Puissance installée (kWc)	Production annuelle (MWh _e)
8 000 m ²	960 kWc	910 MWh _e

Tableau 2 : Estimation du potentiel photovoltaïque en toiture

Le potentiel photovoltaïque en toiture s'élève à **960 kWc installés**, soit une **production annuelle de 910 MWh_e**.

Différents montages sont possibles pour la mise en place d'une centrale solaire en toiture :

- Autoconsommation totale : dimensionnement de l'installation pour que l'électricité produite soit entièrement consommée par le site, ce qui peut nécessiter une diminution de la puissance installée ;
- Autoconsommation collective : le dimensionnement de l'installation dépend du profil des besoins électriques des consommateurs impliqués dans le projet ;
- Autoconsommation avec revente du surplus : une partie de l'électricité produite est autoconsommée, le surplus est injecté sur le réseau. Pour les installations de plus de 500 kWc, un complément de rémunération est fixé par un système d'appel d'offres.
- Revente totale : l'ensemble de l'électricité produite est réinjecté sur le réseau. Pour les installations de plus de 500 kWc, les compléments de rémunération sont fixés par un système d'appel d'offres. Le prix moyen proposé par les lauréats pour l'appel d'offre le plus récent (avril 2022) était de 85,27 €/MWh.

Photovoltaïque en ombrière

Analyse des aires de stationnement :

Il est nécessaire d'estimer la superficie des aires de stationnement construites dans le cadre du projet de stade. En effet, il est envisageable d'implanter des ombrières photovoltaïques de parking. Dans le but de connaître la production potentielle d'électricité de ces ombrières photovoltaïques, il faut pouvoir estimer la superficie sur laquelle elles peuvent être installées.



Figure 6 Aires de stationnement prévues dans la zone du projet – hors parking navettes

La surface d'aire de stationnement comprend les places de stationnement et les allées de circulation. Les surfaces considérées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Parkings	Superficie aire de stationnement	Nombre de places de parking
PK1	4 690 m ²	164 places véhicules légers
PK2	5 150 m ²	230 places véhicules légers
PK3	8 280 m ²	340 places véhicules légers
PK4 + PK5	Environ 14 500 m ²³	Non détaillé
PK6	4 660 m ²	93 places véhicules légers + 13 places poids lourds
Parking navettes	9 200 m ²	-
TOTAL	46 480 m²	-

Tableau 3 : Estimation des aires de stationnement

En fonction des surfaces des aires de stationnement, il est possible d'estimer un potentiel photovoltaïque, détaillé dans le tableau ci-dessous.

Il a été pris comme hypothèse une orientation au sud des ombrières, sans ombrages.

Par ailleurs, la mise en place d'ombrières de parkings n'est pas compatible avec l'intégration de végétation sur ceux-ci (ombrages).

Surfaces de parking	Puissance installée (kWc)	Production annuelle (MWh _e)
46 480 m ²	4 650 kWc	5 210 MWh _e

Tableau 4 : Estimation du potentiel photovoltaïque en ombrière de parking

Le potentiel photovoltaïque en ombrière s'élève à **4 650 kWc installés**, soit une production annuelle de **5 210 MWh_e**.

Potentiel photovoltaïque total

Le potentiel photovoltaïque total est donc de 5 610 kWc installés, soit une production de 6 120 MWh_e par an. Dans le cas d'un développement important de ce potentiel et d'un raccordement au réseau électrique, il est nécessaire de s'assurer que la capacité d'accueil du réseau est suffisante.

La consommation électrique finale estimée sur le site⁴ est de 2 170 MWh_e. Le potentiel photovoltaïque total représente donc près de 3 fois les consommations électriques hors production calorifique et frigorifique. Le potentiel photovoltaïque sur toiture seule représente environ 40% des consommations électriques hors production calorifique et frigorifique.

³ Surface d'après plan de masse.

⁴ Source : Note EGIS - Approche consommations / Bilans chaud-froid

4.1.2 Solaire thermique

4.1.2.1 Présentation de la filière

Les systèmes solaires thermiques se basent sur la **récupération de la chaleur solaire** pour produire de l'eau chaude. Une plaque et des tubes métalliques noirs constituent l'absorbeur (corps noir). Ils reçoivent le rayonnement solaire et s'échauffent. La chaleur est restituée grâce à un échangeur thermique (le liquide circulant dans le circuit chauffé cède ses calories solaires à l'eau sanitaire par exemple).



Celle-ci peut être utilisée pour le chauffage ou la production de l'eau chaude sanitaire mais sera particulièrement adapté pour ce dernier usage, du fait de sa disponibilité permanente et majoritaire en été. Un appoint sera généralement fait par une autre énergie pour suppléer aux jours nuageux. Ce système est davantage adapté à la production d'eau chaude sanitaire pour les logements collectifs ou les hôtels puisque ceux-ci ont des besoins réguliers et importants sur l'année en bénéficiant de l'effet de foisonnement.

Avantages :

- Baisse des émissions de gaz à effet de serre par rapport à une solution fossile ;
- Source d'énergie gratuite et inépuisable du soleil ;
- Disponibilité forte de la ressource : en toiture notamment ;

Inconvénients :

- Investissement important ;
- Disponible majoritairement en été, lorsque les besoins de chaleur sont plus faibles.

4.1.2.2 Potentiel de développement

La production solaire thermique a été considérée pour répondre aux consommations liées à l'approvisionnement en eau chaude sanitaire du stade, hors besoins d'eau chaude sanitaire ponctuels (sanitaires, petit office de commerce, salle détente, bureaux...) considérés comme alimentés par des petits ballons électriques. Les panneaux solaires thermiques ne peuvent satisfaire que partiellement les besoins en ECS, la disponibilité de la ressource solaire étant plus faible en hiver. Il a été pris une hypothèse de 50% des besoins en ECS hors besoins ponctuels fournis par le solaire thermique. Cette valeur sera fortement dépendante de l'utilisation du bâtiment en période estivale. Le solaire thermique sera pertinent si les consommations d'ECS des loges, commerces, vestiaires et offices des salons sont suffisantes en été.

Conso. ECS (MWh _{th})	Production annuelle du solaire thermique (MWh _{th})	Surface installée (m ²)
294 MWh _{th}	147 MWh _{th}	327 m ²

Tableau 5 : Estimation du potentiel solaire thermique

Les surfaces installées nécessaires sont nettement inférieures aux surfaces de toiture disponibles. Le potentiel total de production s'élève donc à 147 MWh annuels, soit 327 m² de panneaux installés.

Attention : la mise en place d'une installation solaire thermique limitera légèrement la surface de toiture disponible pour le photovoltaïque.

4.2 Filière éolienne

4.2.1 Présentation de la filière

Les éoliennes utilisent l'énergie du vent pour produire de l'électricité. Elles peuvent être de différentes tailles allant de l'éolienne domestique (mât de 10m environ) à l'éolienne industrielle (mât de 70m environ). Toutefois, ce système est coûteux à l'investissement.

Avantages :

- Production d'électricité renouvelable

Inconvénients :

- Investissement important, rentabilité faible pour les machines de petite puissance
- Implantation limitée à des espaces ouverts et venteux

4.2.2 Potentiel de développement

Les éoliennes de forte puissance (grand éolien) ne sont pas envisageables en milieu urbain. Les éoliennes de plus faible puissance présentent des contraintes (bruit, incertitudes du vent disponible liées aux turbulences et aux perturbations des bâtiments...) et une faible rentabilité. L'éolien ne sera donc pas considéré pour l'approvisionnement énergétique du stade.

4.3 Géothermie

4.3.1 Présentation de la filière

L'intérêt de la géothermie est de capter la chaleur que stocke la Terre. Cette chaleur est essentiellement produite dans le noyau terrestre, c'est pourquoi la température du sol augmente avec la profondeur.

Les pompes à chaleur (PAC) géothermiques puisent l'énergie dans les aquifères profonds quand ceux-ci sont présents (géothermie sur nappe) ou directement dans le sol au moyen de sondes (verticales ou horizontales). Ce type de production d'énergie est particulièrement adapté à la construction neuve, puisque les champs de sonde peuvent être placés sous le bâtiment et/ou le parking et n'utilisent donc pas de surface foncière. D'autre part, en fournissant une chaleur à basse température (30-40°C), son rendement sera très élevé (400 - 500%) et constant.

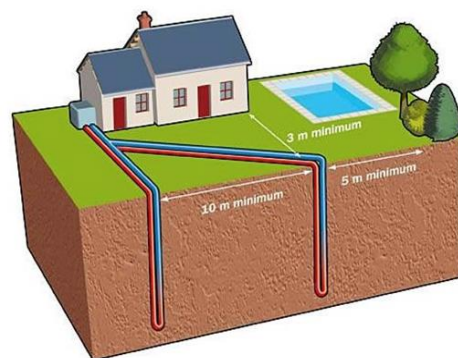
En été, un échange direct (free-cooling) permet de rafraîchir les bâtiments avec une consommation minimale d'énergie.

Avantages :

- Baisse des émissions de gaz à effet de serre par rapport à une solution fossile ;
- Rendement très élevé (jusqu'à 400 à 500%) quelle que soit la température extérieure ;
- Possibilités de rafraîchissement en été et de chauffage en hiver ;

Inconvénients :

- Investissements élevés pour le forage ou le champ de sonde ;
- Ne peut être adapté partout, dépendant du type de sol et/ou de la présence d'aquifère.



4.3.2 Potentiel de développement

La géothermie peut permettre de répondre aux besoins de chaleur et de froid du bâtiment. Dans le cas de la zone d'emprise du projet, le potentiel géothermique sur nappe (débit disponible, profondeur...) n'est pas connu, en revanche la géothermie sur sondes est a priori possible. Les besoins de froid peuvent être couverts par froid « actif » (via une pompe à chaleur) ou par geocooling (bypass de la pompe à chaleur et échange direct avec le fluide circulant dans les sondes).

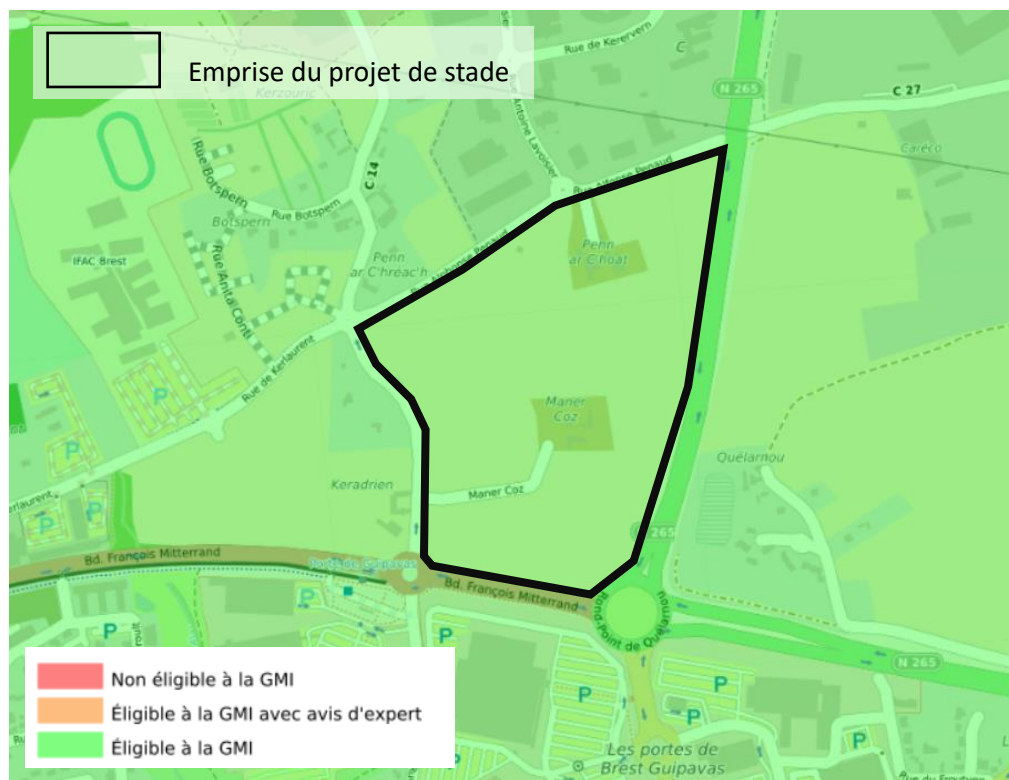


Figure 7 Classification de la zone du projet vis-à-vis de la géothermie de minime importance

De plus, la zone d'activité est située dans une zone éligible à la Géothermie de Minime Importance (GMI - opérations de géothermie de puissance thermique échangée avec le sous-sol, inférieures à 500 kW bénéficiant d'un cadre réglementaire simplifié) en échangeur fermé ou ouvert jusqu'à 200m de profondeur⁵. Les opérations non éligibles à la géothermie de minime importance ne bénéficient pas de la procédure de forage simplifiée.

La géothermie est donc a priori facilitée sur ce secteur géographique, et les risques géologiques sont a priori limités. Une étude de faisabilité est en cours (juillet 2022) pour caractériser les sols sur la zone d'extension de la zone et confirmer la possibilité ou non de mettre en place une pompe à chaleur géothermique.

Le potentiel de développement de la géothermie très basse énergie est limité aux consommations de chauffage, de froid et d'eau chaude sanitaire des bâtiments. Dans le cas d'une puissance appelée importante comme c'est le cas pour le stade Froustven (2 700 kW_{chaud} et 880 kW_{froid}), la géothermie est considérée comme le moyen de production de base, auquel s'ajoute une production d'appoint permettant de répondre aux pics de puissance appelée. La géothermie étant un système de production nécessitant un fort investissement, ce dimensionnement avec appoint permet d'augmenter le taux de valorisation (énergie géothermique valorisée par rapport au potentiel géothermique théorique) et la rentabilité du projet.

⁵ Source : Cartographie du BRGM sur les zones réglementaires GMI.

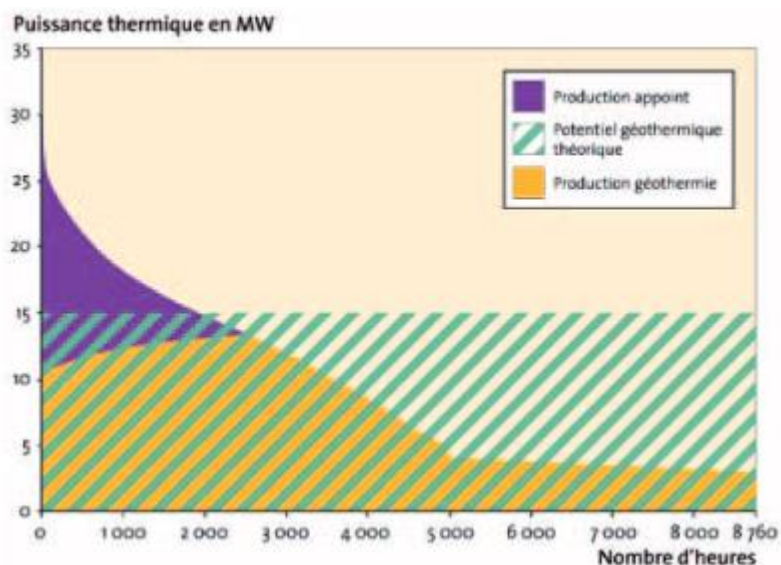


Figure 8 Schéma expliquant le dimensionnement d'une installation géothermique par rapport aux besoins du bâtiment.

Source : ADEME - BRGM

Plusieurs dimensionnements de la géothermie sont considérés :

- Maximisation de la puissance géothermique (dimensionnement en fonction des besoins calorifiques, dans la limite de la pertinence économique du projet : solution avec chauffage d'appoint) ;
- Dimensionnement de la géothermie sur les besoins de froid (solution étudiée par les bureaux d'étude Calligee et ECOME)⁶. Ce dimensionnement permet de rester dans le cadre de la GMI (procédures simplifiées de forage).

Ces deux scénarios nécessitent un appoint (gaz ou aérothermie par exemple).

Le potentiel géothermique ainsi que les consommations électriques supplémentaires associées à la mise en place de pompes à chaleur dans les deux cas considérés sont détaillés dans le tableau ci-dessous⁷.

⁶ Le dimensionnement présenté s'appuie sur l'étude géothermique Calligee/ECOME (juillet 2022) dans le cas d'un dimensionnement de la géothermie sur les besoins de froid.

⁷ Un coefficient de performance de 4 est pris en compte pour les estimations de consommation électrique des pompes à chaleur géothermiques.

		Scénario 1 : Maximisation de la puissance géothermique ⁸	Scénario 2 : Dimensionnement sur les besoins de froid ⁹
Besoins thermiques	Puissance thermique PAC	1 350 kW	644 kW
	Puissance prélevée au sous-sol ¹⁰	928 kW	470 kW
	Puissance électrique PAC	422 kW	174 kW
	Energie calorifique produite	965 MWh	519 MWh
	Production EnR	663 MWh	354 MWh
	Consommation électrique PAC	301 MWh	166 MWh
	Longueur sondes (m)	21 240 m	11 000 m
	Nombre de sondes	107 sondes	55 sondes
Besoins frigorifiques	Puissance PAC froid utile (limitée aux besoins du site)	880 kW	838 kW
	Energie frigorifique produite	175 MWh	175 MWh
	Production EnR ¹¹	147 MWh	147 MWh
	Consommation électrique PAC	28 MWh	28 MWh

Tableau 6 Estimation du potentiel géothermique

La figure ci-dessous, issue de l'étude géothermique menée par Calligee et ECOME, présente l'espace disponible pour placer des sondes (potentiel de 250 sondes). L'espace disponible pour les sondes géothermiques n'est donc pas un facteur limitant pour le projet.

⁸ Dimensionnement de la puissance PAC à 50% de la puissance thermique chaud maximale appelée, hypothèse de couverture des besoins chauffage de 70%. Les taux de couvertures considérés ici sont plus faibles que ceux habituellement observés, afin de prendre en compte l'intermittence a priori importante pour le bâtiment.

⁹ Dimensionnement de la puissance PAC à 24% de la puissance thermique chaud maximale appelée, couverture des besoins chauffage de 48%. Données issues de l'étude géothermique Calligee/ECOME.

¹⁰ Hypothèse COP (chaleur produite par rapport à l'énergie électrique consommée) moyen de l'installation, issu de l'étude Calligee : 3,2.

¹¹ Hypothèse EER (chaleur absorbée par rapport à l'énergie électrique consommée) moyenne de l'installation, issue de l'étude Calligee : 6,2 (par froid actif). Aucun geocooling n'est considéré en raison des conditions de fonctionnement du réseau d'eau glacé prévu sur le site.

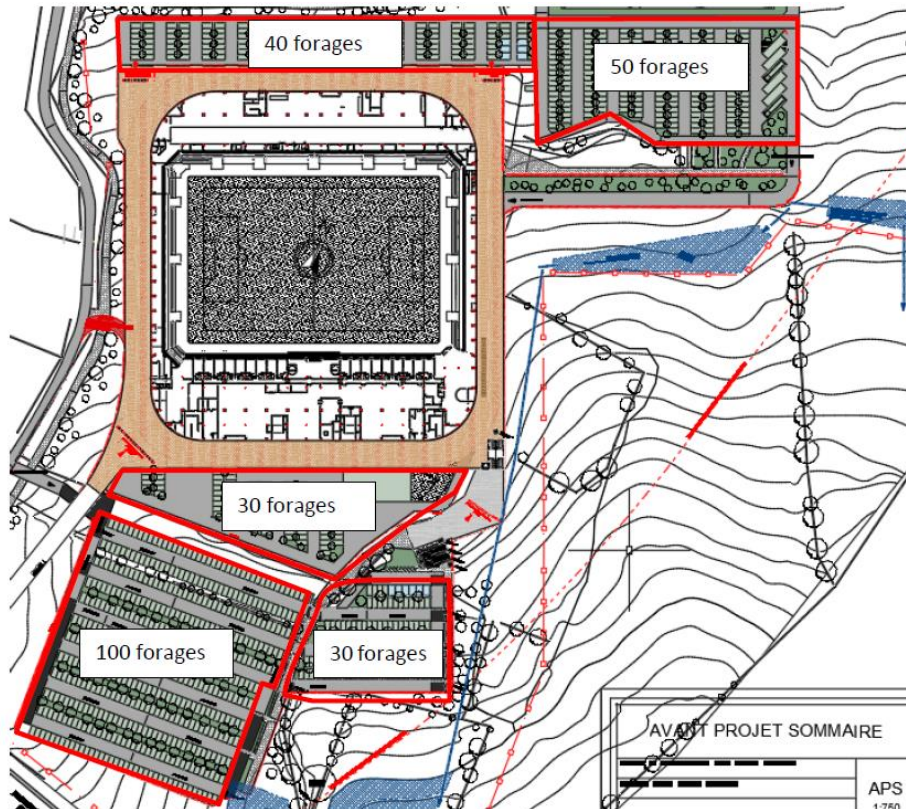


Figure 9 Principe d'implantation préliminaire des sondes géothermiques

Source : Calligee / ECOMÉ

4.4 Filière aérothermie

4.4.1 Présentation de la filière

Les pompes à chaleur air/air et air/eau puisent la chaleur dans l'air extérieur et la restituent à l'intérieur au travers d'un réseau de radiateurs (PAC air/eau) ou d'unités indépendantes de soufflage d'air chaud (PAC air/air). Pour cela, un évaporateur récupère les calories dans l'air extérieur et les transfère à l'air intérieur via un circuit frigorigène.

Avantages :

- Rendement intéressant¹² ;
- Possibilités de climatisation en été et de chauffage en hiver

Inconvénients :

- Détérioration du rendement pour des températures extérieures froides ;
- Augmentation des pics de consommation électriques ;
- Consommation électrique l'été pour le rafraîchissement ;
- Aspect non esthétique des unités extérieures ;
- Bruit des unités extérieures.

¹² Pris en compte d'un COP moyen global de 2,5 (mode chauffage) et d'un EER moyen de 1,8 (mode refroidissement).

4.4.2 Potentiel de développement

L'aérothermie peut permettre de couvrir la totalité des besoins de chauffage et de froid du bâtiment. Le potentiel ainsi que les consommations électriques supplémentaires associées à la mise en place de pompes à chaleurs sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Besoins thermiques	Puissance PAC	2 700 kW
	Puissance électrique PAC	1 080 kW
	Energie calorifique produite	1 380 MWh
	Production EnR	830 MWh
	Consommation électrique PAC	550 MWh
Besoins frigorifiques	Puissance PAC froid (limitée aux besoins du site)	880 kW
	Puissance électrique PAC	490 kW
	Energie frigorifique produite	175 MWh
	Production EnR	78 MWh
	Consommation électrique PAC	97 MWh

Tableau 7 Estimation du potentiel de développement de l'aérothermie

4.5 Filière biomasse

4.5.1 Présentation de la filière

Les chaudières bois peuvent faire toutes les tailles, depuis 5 kW pour une maison individuelle à plusieurs MW pour une chaufferie collective alimentant un réseau de chaleur.

Les chaudières automatiques au bois sont alimentées par des granulés de bois, des plaquettes forestières, bocagères ou urbaines ou encore des résidus de l'industrie du bois ou du bois déchet pour les installations les plus importantes. Sous ces formes particulières, le bois a la faculté d'être transporté jusqu'au foyer de la chaudière de façon automatique et régulée. La chaudière est couplée à un silo de stockage lui assurant une autonomie de plusieurs jours par grand froid. Une chaudière à bois permet également la production d'ECS. Les chaudières à bois à alimentation automatique (plaquette ou granulés) offrent un fonctionnement similaire à une chaudière fioul ou gaz, en revanche elles nécessitent un investissement important.

Avantages :

- Baisse des émissions de gaz à effet de serre par rapport à une solution fossile ;
- Approvisionnement local et création d'emploi ;
- Coût du combustible plus faible que les énergies possibles.

Inconvénients :

- Investissement et coût de maintenance supérieur à celui d'une chaudière gaz de même puissance ;
- Espace nécessaire pour le stockage bois ;
- Une énergie d'appoint peut être nécessaire pour le chauffage.

4.5.2 Potentiel de développement

Une chaudière bois pourrait permettre de répondre aux besoins thermiques du stade. Pour une puissance appelée de 2 700 kW, le combustible envisagé est la plaquette.

Le chauffage du bâtiment est caractérisé par une courbe monotone. Celle-ci résulte des besoins horaires de chauffage rangés par ordre décroissant.

Si plusieurs énergies sont utilisées pour chauffer un bâtiment, on peut connaître selon leurs contraintes propres (puissance maximales et minimales, période de fonctionnement...) la part des besoins qu'elles satisferont. Ce principe s'applique tout particulièrement aux chaudières bois qui coûtent cher à l'achat et dont les performances diminuent fortement si elles fonctionnent à des puissances faibles ou pour des cycles courts. De même que ce qui a été présenté pour la solution géothermie, le bois est donc considéré comme le moyen de production de base, auquel s'ajoute une production d'appoint permettant de répondre aux pics de puissance appelée.

Ainsi, pour le stade Frouvten, le dimensionnement de la chaudière bois **plaquette** permettra de couvrir 70% des besoins de chaleur¹³. Les 30% de chaleur restants à produire seront assurés par des chaudières gaz seules qui permettront d'assurer à la fois l'appoint et le secours (dans le cas d'une panne de la chaudière bois).

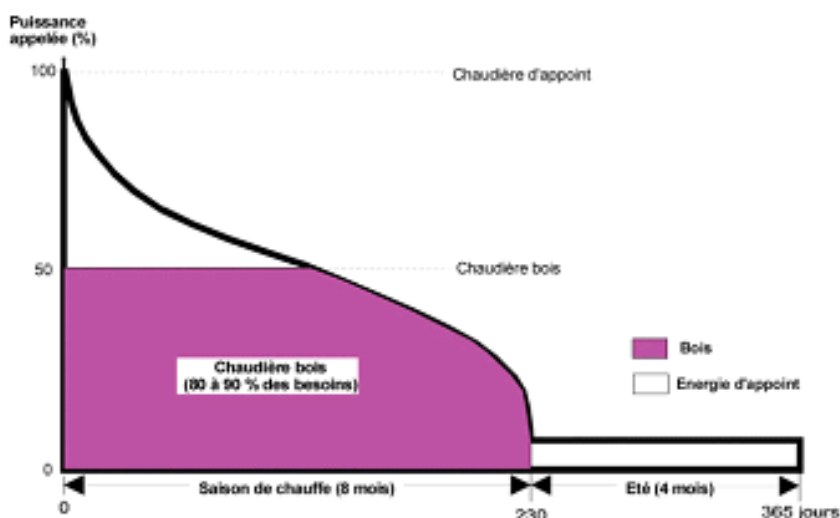


Figure 10 Schéma de dimensionnement d'une chaudière bois plaquettes

Le potentiel de développement du bois-énergie sur le stade est donc estimé à 70% des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire des bâtiments. Ces consommations s'élèvent à 965 MWh_{th} et correspondent à une consommation d'environ 375 t de plaquettes par an¹⁴.

¹³ La part des besoins thermiques fournis par le bois est une hypothèse prenant en compte l'utilisation intermittente du stade (pics de puissance lors des matchs). Un dimensionnement plus précis peut être effectué d'après la courbe monotone des besoins de chaleur du bâtiment.

¹⁴ PCI plaquettes considéré : 3 100 kWh_{PCI}/t

Besoins thermiques (chauffage et ECS) totaux (MWh _{th})	Consommation de chauffage et d'ECS fournis par le bois (MWh _{th})	Consommation de bois plaquettes (t)
1 380 MWh _{th}	965 MWh _{th}	375 t

Tableau 8 Estimation du potentiel bois

4.6 Filière méthanisation

4.6.1 Présentation de la filière

La méthanisation permet de produire un biogaz issu de la fermentation des déchets organiques (effluents d'élevages, résidus de cultures, boues de station d'épuration, fraction fermentescible des ordures ménagères...) grâce à des bactéries anaérobies (vivant en l'absence d'oxygène). Le biogaz produit peut être valorisé en cogénération (production d'électricité et de chaleur) lorsqu'il existe un potentiel local de valorisation de la chaleur, ou injecté sur le réseau de gaz si ce dernier est situé à proximité.

Le biogaz peut également être utilisé comme carburant pour les véhicules roulant au Gaz Naturel Véhicule.

Le résidu organique après digestion est appelé digestat et peut être valorisé comme fertilisant sur les terres agricoles.



4.6.2 Potentiel de développement

Le potentiel de biodéchets sur le stade n'est pas connu (tontes du terrain de football, déchets alimentaires), et serait a priori trop faible pour justifier à lui seul la création d'une unité de méthanisation. Cette énergie renouvelable n'est donc pas retenue pour l'étude de scénarios d'approvisionnement énergétique. En revanche, ces biodéchets pourraient être valorisés alimenter une unité de méthanisation proche du stade. D'après la carte ci-dessous, 3 unités de méthanisation en injection se situent autour de la ville de Brest (deux installations à la ferme et une installation collective agricole).

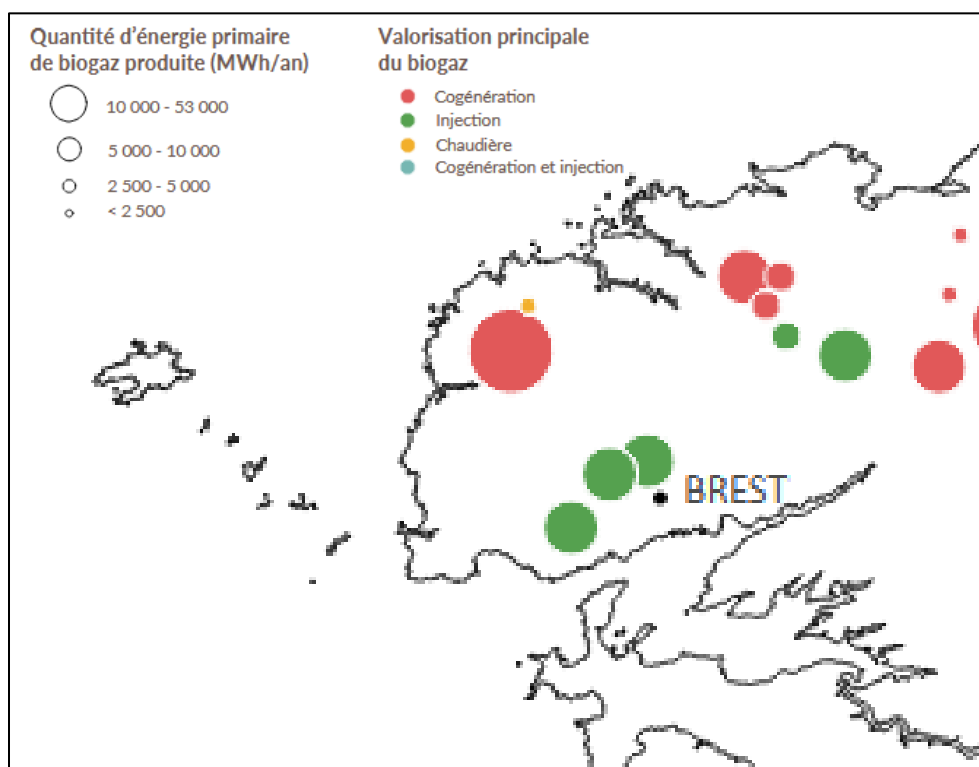


Figure 11 Installations de méthanisation en fonctionnement – Quantité d'énergie primaire et valorisation du biogaz – Situation janvier 2022 – Source : Observatoire de l'Environnement en Bretagne

4.7 Raccordement à un réseau de chaleur

4.7.1 Présentation



Figure 12 Schéma de principe d'un réseau de chaleur (Source : ADEME Ile-de-France)

Parmi les différents systèmes de chauffage présentés ci-dessus, on considère :

- Les **systèmes de chaleur centralisés** : réseaux de chaleur, alimentés par une chaufferie commune (biomasse, gaz, pompe à chaleur, récupération de chaleur fatale) ;
- Les **systèmes de chaleur décentralisés sans réseau de chaleur** : chaque site dispose de ses propres équipements de fourniture en chauffage.

Les réseaux de chaleur peuvent être alimentés par tous types d'énergies produisant de la chaleur (biomasse, méthanisation, solaire thermique, géothermie...). Les utilisateurs se raccordent au réseau par le biais d'un échangeur (sous station).

Les réseaux de chaleur peuvent être subventionnés s'ils sont alimentés à 50% par des énergies renouvelables ou de récupération (chauffage au bois, méthanisation, incinérateurs...).

Avantages :

- Pas de chaudière individuelle ;
- Pas de problèmes de maintenance individuelle (le gestionnaire du réseau gère la maintenance et les pannes éventuelles de la chaufferie) ;
- Faible occupation d'espace dans le bâtiment pour le système de chauffage (mise en place d'un échangeur thermique au lieu d'une chaudière) ;

Inconvénients :

- Pas de maîtrise de la date de démarrage et d'arrêt de la chaufferie ;
- Complexité de mise en place plus importante (technique et juridique).

4.7.2 Potentiel de développement

Le réseau de chaleur de Brest

Le réseau de chaleur de Brest (Eco Chaleur de Brest) représente 53,5 km de réseau, et permet d'éviter 30 500 tonnes de CO₂ par an. Il est alimenté par l'usine de valorisation énergétique des déchets (UVED, 72%), une chaufferie bois (19%) et une chaufferie gaz (9%).

Le plan du réseau de chaleur est décrit par la figure ci-dessous.

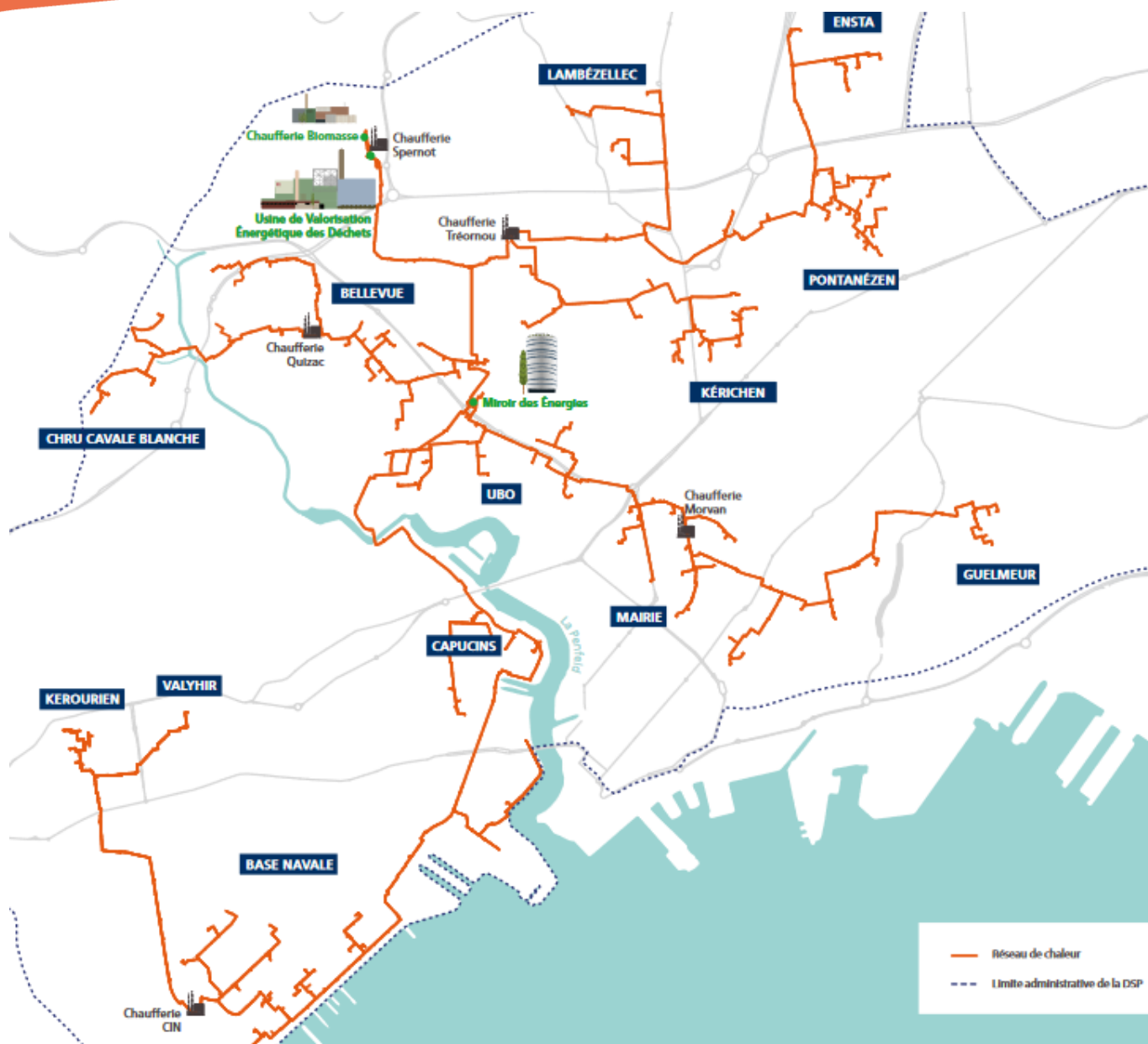


Figure 13: Tracé du réseau de chaleur de Brest

La zone retenue pour le futur stade de Brest est située à environ 2 km du réseau de chaleur (2 km de l'ENSTA Bretagne, au Nord Est du réseau). Un raccordement à ce réseau n'est donc pas possible à court terme mais pourra l'être si des extensions du réseau sont réalisées.

Les canalisations du réseau de chaleur seront enterrées, en acier ou PEHD isolées. Malgré l'isolation des canalisations, des pertes de chaleur subsistent. Ces pertes seront plus ou moins importantes en fonction de la longueur de canalisation enterrée, de son diamètre et de son isolation.

Un des critères d'analyse de l'intérêt d'un réseau de chaleur est la densité thermique, qui correspond à la quantité d'énergie livrée annuellement par le réseau par rapport à sa longueur. Ce ratio est exprimé en MWh/mètre linéaire par an. Plus ce ratio est élevé, plus la création du réseau est pertinente. A titre d'ordre de grandeur, l'ADEME subventionne les projets dont la densité est supérieure à 1,5 MWh/ml.an (jusqu'à 1 MWh/ml.an sous condition).

Le tableau suivant décrit une estimation de la densité thermique atteignable en raccordant uniquement le stade Frouven au réseau, sans raccorder les bâtiments proches du tracé (consommations non connues).

Longueur réseau	2 000 m
Consommation chaleur du stade Frouvén (chauffage + ECS)	1 380 MWh _{th}
Densité thermique	0,69 MWh/ml

Tableau 9 : Densité thermique du tracé de réseau de chaleur

La création d'une extension desservant uniquement le stade n'est donc pas pertinente. En revanche si d'autres consommateurs importants de la zone peuvent être raccordés, la densité thermique peut être intéressante.

4.8 Synthèse des potentiels de développement des EnR

Le graphique ci-dessous présente la consommation électrique finale estimée sur le site¹⁵ et le potentiel de production d'EnR électriques. Ce potentiel est uniquement disponible via du solaire photovoltaïque. Le potentiel photovoltaïque est limité par les surface disponibles et représente près de 3 fois la consommation électrique, cependant la production photovoltaïque est intermittente et a lieu majoritairement en été alors que la consommation électrique est répartie sur l'année.

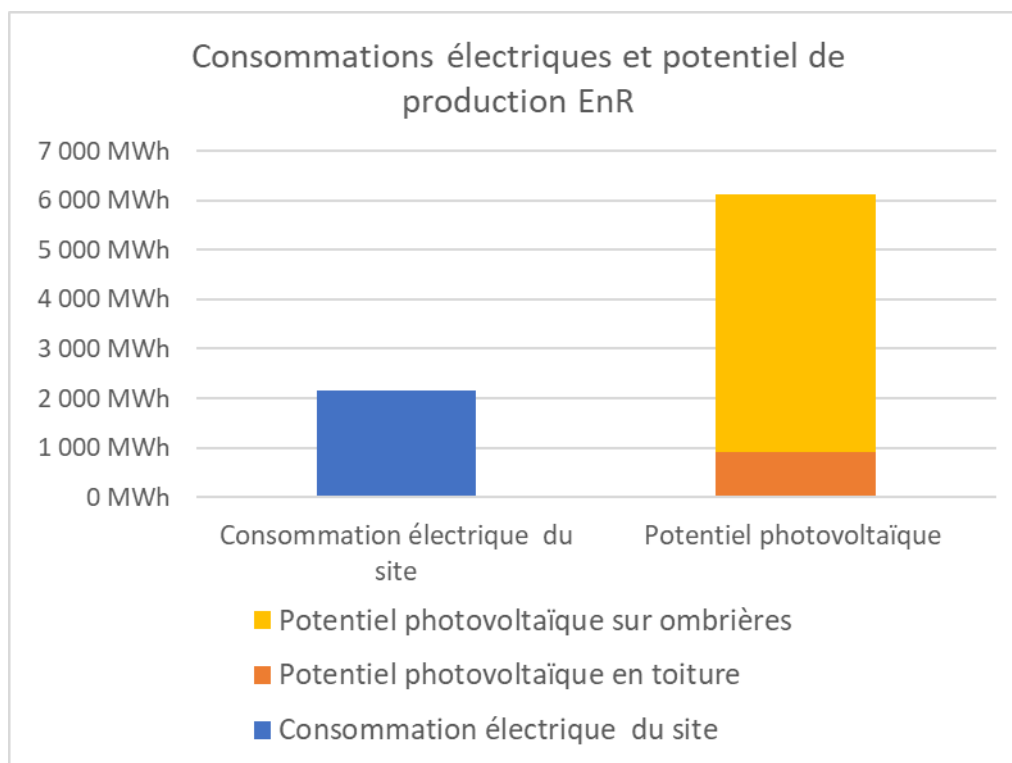


Figure 14 Consommations électriques et potentiel photovoltaïque

De la même manière, la figure ci-dessous présente les potentiels des EnR thermiques et la consommation thermique (chauffage et eau chaude sanitaire). Le potentiel des EnR thermiques est limité par la consommation. Les potentiels en géothermie et aérothermie correspondent à la production EnR de ces systèmes (la consommation électrique est soustraite de la production thermique des pompes à chaleur). Le potentiel en aérothermie est plus élevé que le potentiel en géothermie car la PAC géothermique n'est pas dimensionnée à 100% des besoins en puissance. Le potentiel bois est le plus élevé car 100% de la production thermique bois est considérée comme renouvelable (pas de consommation électrique prise en compte, contrairement aux pompes à chaleur). Le potentiel solaire thermique est le plus faible car il est limité par la consommation d'eau chaude sanitaire et le solaire thermique ne peut pas fournir l'ensemble de cette consommation (en hiver notamment).

¹⁵ Source : Pré-étude réalisée par EGIS

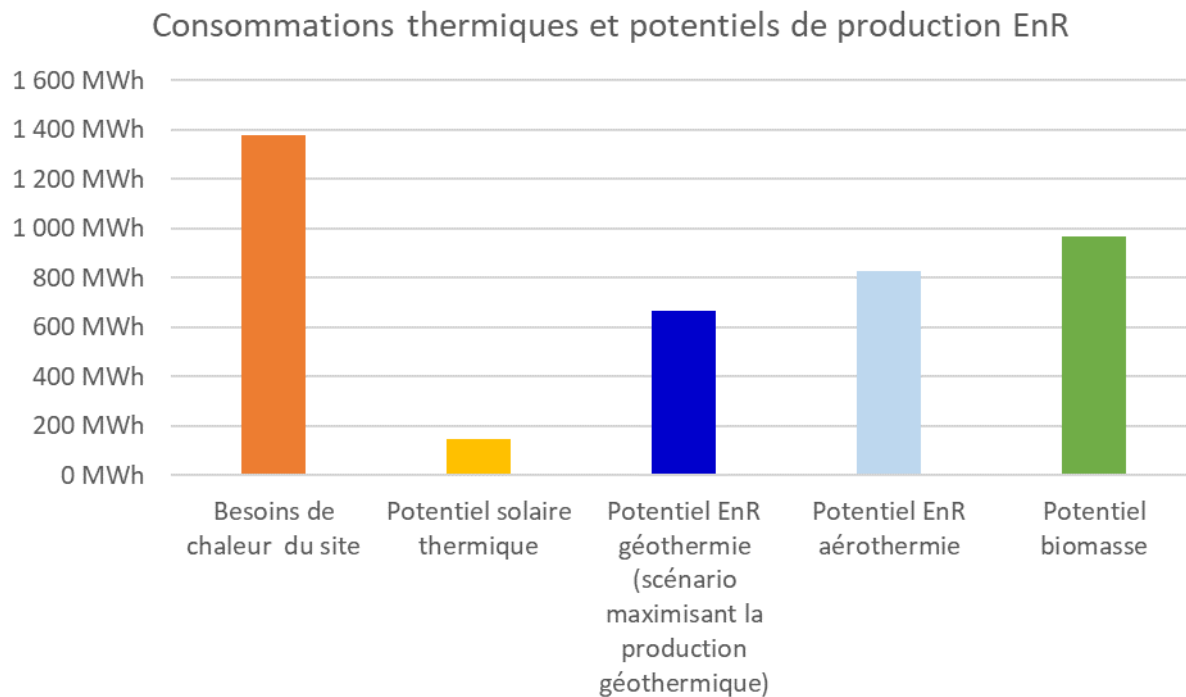


Figure 15 Consommation thermique et potentiels en géothermie, biomasse, aérothermie et solaire thermique

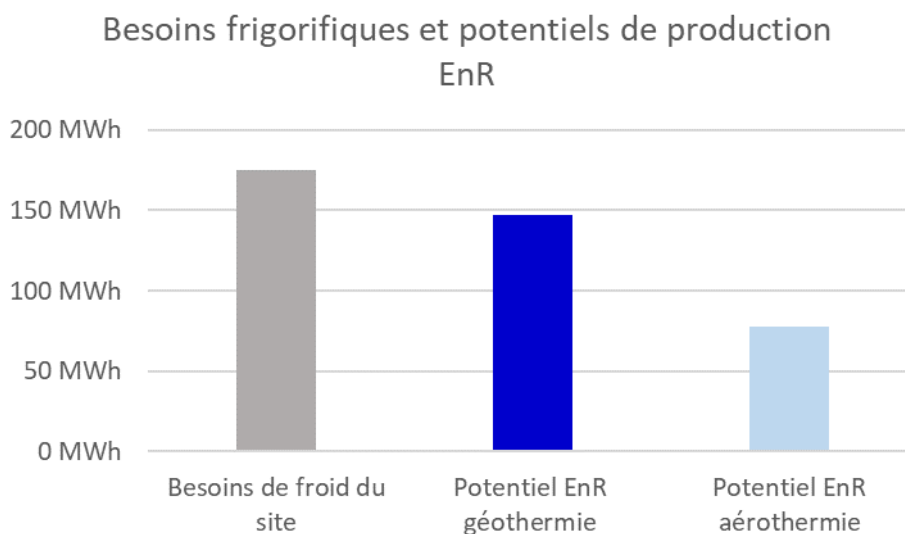


Figure 16 Consommation frigorifique et potentiels en géothermie et aérothermie

Les potentiels de développement des EnR sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Énergie renouvelable	Potentiel identifié sur le site
Photovoltaïque	6 120 MWh _e
Solaire thermique	150 MWh _{th}
Géothermie ¹⁶	660 MWh _{th} 150 MWh _{froid}
Aérothermie	830 MWh _{th} 80 MWh _{froid}
Biomasse	960 MWh _{th}

Tableau 10 Potentiels identifiés par énergie renouvelable

¹⁶ Il est possible, pour les solutions bois et géothermie, de dimensionner les productions à 100% des puissances appelées par le bâtiment, sous réserve de capacités de stockage de chaleur suffisantes et de moyens de production adaptés. Ce dimensionnement permettrait d'augmenter les productions EnR du bois (100% des besoins de chaleur) et de la géothermie. Cependant, au vu de l'intermittence associée à l'utilisation du stade, ces solutions paraissent peu pertinentes techniquement et économiquement et ne sont pas étudiées.

5 Annexes

Annexe 1 : Emissions de GES

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) en tonnes de CO₂ équivalent sont estimées à partir des consommations en carburant, selon la relation suivante (Base Carbone de l'ADEME, juillet 2022) :

- Électricité – mix moyen : 0,0569 kg/kWh ;
- Électricité – usage chauffage : 0,0652 kg/kWh ;
- Électricité – usage Eau Chaude Sanitaire : 0,0553 kg/kWh ;
- Électricité photovoltaïque : 0,0439 kg/kWh ;
- Gaz naturel : 0,227 kg/kWh_{PCI}.

Annexe 2 : Définition des différentes notations d'énergie

- **L'énergie utile** correspond à l'énergie réellement disponible pour le consommateur. Elle est exprimée en kWh_{th} (thermique) pour le chauffage et l'ECS.
- **L'énergie primaire**, additionne l'ensemble des consommations (kWh_{EP}) suivant les règles suivantes (arrêté du 15 sept. 2006) :
 - Electricité : kWh_{EP} = 2,58 x kWh consommés (tient compte de la production et du transport de l'électricité),
 - Gaz : kWh_{EP} = kWh_{PCI}
 - Bois : kWh_{EP} = kWh_{PCI}
- **L'énergie finale** (kWh_{EF}), c'est l'énergie payée par le consommateur.

Etude de potentiel de développement en énergies renouvelables

Phase 2

Stade Froutven - HOLDISPORTS



Version 2
30 avril 2024

Rédacteur :
Julien ROUX
✉ : julien.roux@akajoule.com
☎ : 07 66 70 92 25

DESCRIPTION DU DOCUMENT

Référence projet : 4033EFS-ZAC FROUTVEN BREST

Titre du rapport : Etude de faisabilité – Potentiel de développement en énergies renouvelables – Stade Frouven – Phase 2

Client : HOLDISPORTS

Date du document : 17/06/2024

Résumé : L'objectif de ce rapport est d'étudier le potentiel de développement des énergies renouvelables sur le futur stade de Brest. Ce document présente la phase 2 de l'étude. La phase 1, étudiée dans un premier temps, est l'étude des possibilités d'approvisionnement énergétique du site par des énergies renouvelables, suite à laquelle 3 scénarios à étudier en phase 2 ont été définis.

Une première version de l'étude a été réalisée en 2022, suite à quoi le scénario 3 (photovoltaïque) a été ajouté en 2024, prenant en compte les dernières évolutions du projet.

REDACTION DU DOCUMENT

Rédigé par : Julien ROUX / Bertrand HIBERT

Vérifié par : Alexandre JULIEN

Approuvé par : Kristelle LE CAM

QUALIFICATION ET REGLEMENTATION

La société Akajoule est qualifiée auprès de l'OPQIBI sous le numéro 14 04 26 90 pour la réalisation de :

- Étude d'installations courantes de chauffage et de VMC (1312)
- Étude de réseaux de transport de chaleur et de froid (1319)
- Audit énergétique "maisons individuelles" (1911)
- Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collectives) (1905)
- Audit énergétique dans l'industrie (1717)
- Audit énergétique et CO2 des activités de transport de marchandises et/ou de personnes (0607)
- Étude d'installations de production utilisant l'énergie solaire photovoltaïque (2011)
- Ingénierie des installations solaires utilisant l'énergie solaire photovoltaïque (2015)
- Ingénierie des installations de production utilisant la biomasse en combustion (2008)
- Étude d'installations de production utilisant l'énergie solaire thermique (2010)
- Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie solaire thermique (2014)
- AMO pour la réalisation d'installations de production d'énergie utilisant la biomasse (2012)
- Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie géothermique (2013)

Sommaire

Table des matières

1	INTRODUCTION	4
2	RAPPELS - PHASE 1 DE L'ETUDE	5
3	METHODOLOGIE – SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE	7
4	PRESENTATION DES SCENARIOS ETUDIES	10
4.1	SCENARIO DE REFERENCE – GAZ NATUREL ET PHOTOVOLTAÏQUE EN TOITURE	10
4.2	SCENARIO N°1 – AEROTHERMIE ET PHOTOVOLTAÏQUE EN TOITURE (2022)	11
4.3	SCENARIO N°2 – GEOTHERMIE ET PHOTOVOLTAÏQUE EN TOITURE (2022)	12
4.4	SCENARIO N°3 – PRODUCTION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE EN TOITURE ET SUR PARKING (MAI 2024)	15
5	BILAN – COMPARAISON ENERGETIQUE, FINANCIERE ET ENVIRONNEMENTALE DES SCENARIOS	18
5.1	BILAN ENERGETIQUE	18
5.2	BILAN FINANCIER	21
5.2.1	SUBVENTIONS	21
	LE PROJET N'EST PAS ELIGIBLE AUX CERTIFICATS D'ECONOMIE D'ENERGIE QUI SONT RESERVES AUX BATIMENTS EXISTANTS.	21
5.2.2	INVESTISSEMENTS ET COUTS D'EXPLOITATION A L'ANNEE 1	22
5.2.1	COUT GLOBAL SUR 20 ANS	23
5.3	BILAN ENVIRONNEMENTAL - EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	27
6	SOLUTION SOLAIRE THERMIQUE POUR LA FOURNITURE D'EAU CHAUDE SANITAIRE	28
7	CONCLUSION	29
8	ANNEXES	30
	ANNEXE 1 : EMISSIONS DE GES	30
	ANNEXE 2 : DEFINITION DES DIFFERENTES NOTATIONS D'ENERGIE	30

1 Introduction

Le projet du stade Froutven répond à un besoin du stade Brestois mais aussi de la ville pour y implanter plus largement des activités commerciales, de loisirs et tertiaires.

Pour répondre aux contraintes réglementaires, il est nécessaire de réaliser une étude de faisabilité sur le potentiel en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid, conformément au Code de l'Urbanisme :

« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

En effet, les investissements, implantations ou aménagements constituent des étapes clés dans les projets de transition énergétique. Ainsi, les opportunités doivent être saisies dès la conception de la zone, pour pouvoir étudier les potentiels d'intégration de projets de transitions énergétiques comme les réseaux de chaleur. Il est alors possible de dimensionner les équipements et installations en regard de ces potentiels (réseaux d'eau chaude, alimentation électrique).

L'étude demandée implique d'évaluer le potentiel d'ENR&R (énergies renouvelables et de récupération) du futur site.

Après avoir présenté les différents enjeux énergétiques, les besoins énergétiques de la zone et les potentiels en énergies renouvelables sont analysés puis un scénario d'approvisionnement en énergie de référence et des variantes permettant de satisfaire ces besoins sont définis. Ce document concerne la deuxième phase de l'étude : la comparaison des différents scénarios d'approvisionnement.

Cette étude de potentiel a été réalisée en 2022 puis a fait l'objet d'une mise à jour sur la partie photovoltaïque, intégrée dans le scénario n°3, prenant en compte notamment une actualisation des surfaces de toiture et parking disponibles.

2 Rappels - Phase 1 de l'étude

La première phase de l'étude de faisabilité en énergies renouvelables a permis d'identifier les filières les plus pertinentes sur la zone du projet. Les potentiels de développement sont résumés par le tableau ci-dessous.







EnR	Potentiel de développement	Commentaire
 Solaire photovoltaïque	⊕ ⊕	En ombrières de parking En toiture (3 900 m ²)
 Solaire thermique	⊕	Dépendant des besoins en ECS en période estivale
 Biomasse	⊕	Solution possible mais peu adaptée pour les pics de puissance (besoins de base) – Pas de refroidissement
 Géothermie	⊕ ⊕	Solution possible avec appoint pour les pics de puissance – Production de froid
 Aérothermie	⊕ ⊕	Solution possible – Production de froid
 Raccordement à un réseau de chaleur	⊖	Réseau de chaleur de Brest éloigné de 2 km

Figure 1 Potentiels de développement des énergies renouvelables évalués en phase 1 de l'étude

Contraintes réglementaires

Différentes contraintes réglementaires concernant l'approvisionnement énergétique du site sont à respecter.

En juillet 2022, les **critères RE2020 (Réglementation Environnementale 2020)** étaient publiés pour les bureaux et les hôtels (loges). Ces critères impliquent notamment l'exclusion des solutions 100% gaz pour les bureaux (Critère d'impact carbone des consommations énergétiques).

D'autre part, le **Plan Local d'Urbanisme de Brest Métropole (version mars 2022)** impose des règles pour toutes les zones du PLU : toute construction neuve supérieure à 1500 m² de surface de plancher doit comporter au moins un dispositif destiné à économiser l'eau et un dispositif de production d'énergie renouvelable dont la part dans le bilan énergétique (Cep) sera au minimum de :

- Pour les constructions à usage d'hébergement hôtelier,
 - 15 % du bilan énergétique en cas de recours à une EnR thermique ;
 - 25% du bilan énergétique en cas de recours à une EnR électrique ;
- Pour les constructions à usage de bureau,
 - 10 % du bilan énergétique en cas de recours à une EnR thermique ;
 - 20% du bilan énergétique en cas de recours à une EnR électrique ;
- 5% pour toutes autres destinations.

Photovoltaïque et réglementation – Articles L 111-19-1 du Code de l’Urbanisme / Article L171-4 du Code de la construction et de l’habitation

- La loi Energie-Climat 2019 rend obligatoire la **végétalisation ou la mise en place de dispositifs de production d’énergie renouvelable** les toitures des nouvelles constructions **de plus de 1 000 m² d’emprise au sol** dédiées à une exploitation commerciale*, un usage industriel ou artisanal ou au stationnement public couvert (article L111-18-1 du Code de l’Urbanisme), **sur au moins 30% de la surface de toiture ou ombrières créées.**
- La loi Climat et Résilience 2021 étend cette obligation, **à compter du 1^{er} juillet 2023** :
 - Aux constructions de bâtiments ou parties de bâtiment à usage commercial, industriel ou artisanal, aux constructions de bâtiments à usage d’entrepôt, aux constructions de hangar non ouverts au public faisant l’objet d’une exploitation commerciale et aux constructions de parcs de stationnement couverts accessibles aux publics, **de plus de 500 m² d’emprise au sol.**
 - Aux constructions de bâtiments ou parties de bâtiments **à usage de bureaux**, lorsqu’elles créent **plus de 1 000 m² d’emprise au sol.**

** constructions soumises à une autorisation d’exploitation commerciale au titre des 1°, 2°, 4°, 5° et 7° de l’article L. 752-1 du code de commerce.*

Rappel – Besoins énergétiques estimés

Le tableau suivant rappelle les besoins calorifiques et frigorifiques estimés sur le site :

	Besoins (MWh)	Puissance
Chauffage	1 084 MWh _{th}	2 220 kW
Froid	187 MWh _{th}	880 kW
Eau Chaude Sanitaire	294 MWh _{th}	480 kW

Tableau 1 : Bilan des besoins énergétiques du site – source : EGIS

Par ailleurs, un bilan énergétique par entité a permis d’estimer les besoins électriques (hors production calorifique et frigorifique) à 3 923 MWh.

Scénarios retenus pour la deuxième phase de l'étude

Suite à la réunion intermédiaire (18/07/2022, Julie Ballarin - AAMO, Gael COQUIL - EGIS, Richie MARUDAI – Cabinet de la SERRE), trois scénarios d'approvisionnement à comparer ont été définis :

- Scénario de référence :
 - Gaz naturel (en considérant que les plateaux de bureaux ne sont pas livrés aménagés – contrainte d'indicateur carbone RE2020 non prise en compte) ;
 - 8 000 m² de toiture couverte de panneaux photovoltaïques soit 100% de la toiture.
- Scénario 1 – Scénario intermédiaire :
 - Aérothermie pour le chauffage et froid, dimensionnée sur les besoins de froid totaux, avec appoint gaz pour le chauffage ;
 - 8 000 m² de toiture couverte de panneaux photovoltaïques soit 100% de la toiture.
- Scénario 2 – Scénario de maximisation de la production renouvelable :
 - Géothermie (limité au régime déclaratif) avec aérothermie en appoint ;
 - 8 000 m² de toiture couverte de panneaux photovoltaïques soit 100% de la toiture.
- Scénario 3 – Scénario photovoltaïque (2024) :
 - Besoins de chauffage non considérés dans ce scénario ;
 - 3 900 m² de toiture couverte de panneaux photovoltaïque (100%) ;
 - 11 200 m² de surface de parking couverte d'ombrières photovoltaïques (50%).

Une solution complémentaire est également étudiée (non incluse dans la comparaison des scénarios) : la mise en place de solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire.

3 Méthodologie – Scénarios d'approvisionnement énergétique

Un scénario de référence et trois variantes sont comparés dans cette partie (deux variantes incluant la partie chauffage étudiée en 2022 et une variante uniquement sur la partie production photovoltaïque étudiée en 2024).

Afin d'effectuer une analyse économique de chaque scénario, il est nécessaire d'évaluer les consommations de gaz et d'électricité sur les réseaux de distribution et la production d'énergie renouvelable. Les consommations et productions d'énergie seront donc exprimées en énergie finale¹.

Les puissances des installations de chauffage et de froid considérées pour évaluer les coûts des installations sont estimées en fonction des besoins estimés par une pré-étude EGIS (juin 2022).

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont également calculées afin d'évaluer l'impact environnemental de chaque scénario. Ces calculs sont effectués en fonction des ratios d'émissions de la Base Carbone (2022) détaillés en annexe.

Les scénarios étudiés sont présentés dans le tableau ci-après. Le scénario de référence inclut uniquement une production renouvelable électrique (photovoltaïque sur toiture en revente). Le scénario n°1 inclut une production renouvelable intermédiaire (photovoltaïque sur toiture en revente et aérothermie). Le scénario n°2 est le plus ambitieux en termes de production d'origine renouvelable (photovoltaïque sur toiture en revente, couverture de l'ensemble des besoins thermiques par la géothermie et l'aérothermie). Le scénario n°3 ne traite pas la partie

¹ Cf définition en annexe 2.

thermique mais inclut une production photovoltaïque plus ambitieuse (photovoltaïque en toiture et en ombrières de parking).

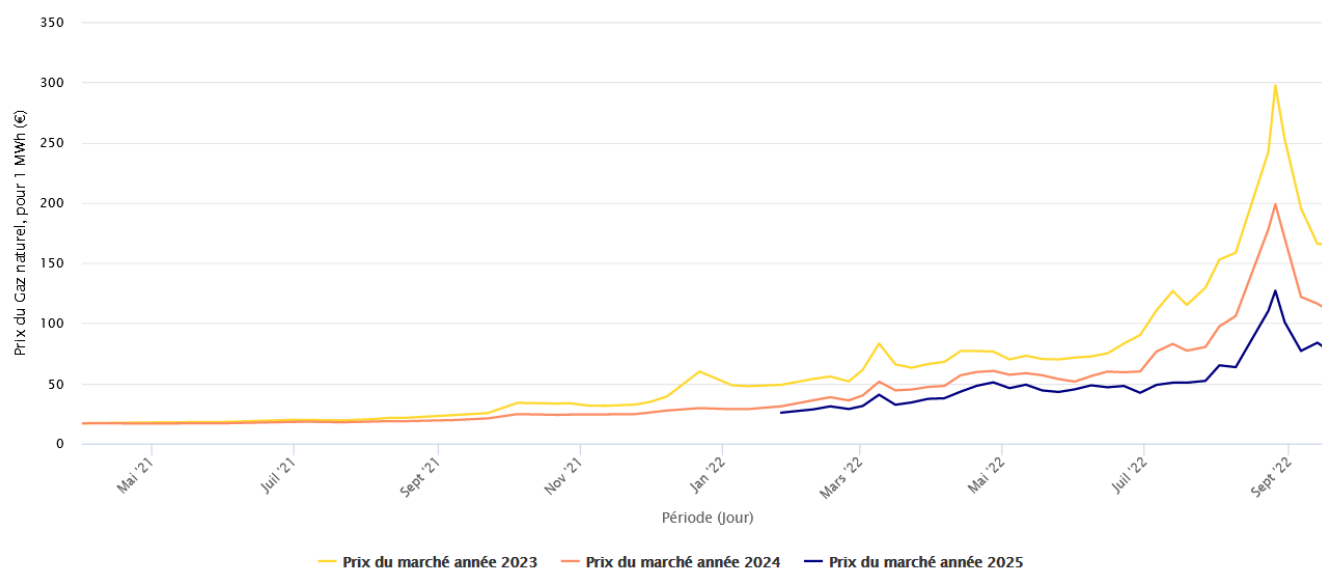
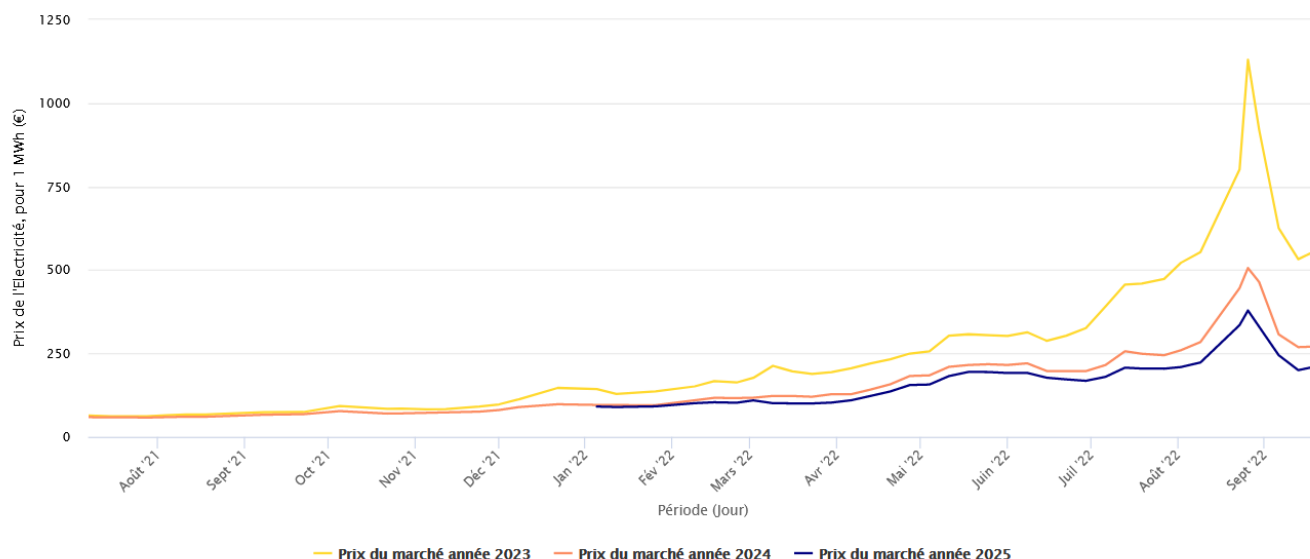
Scénario	Poste de consommation	Solution énergétique
Scénario de référence <i>Chauffage au gaz, groupes froid pour le refroidissement installation PV en toiture (revente)</i>	Chauffage et ECS	Chaudières gaz
	Besoins de froid	Groupes frigorifiques
	Electricité	Raccordement au réseau + Photovoltaïque en toiture en revente – Pas d’autoconsommation
Variante 1 <i>Chauffage et refroidissement par aérothermie, appoint gaz pour le chauffage, installation PV en toiture (revente)</i>	Chauffage et ECS	Aérothermie Appoint gaz
	Besoins de froid	Aérothermie (dimensionnement sur les besoins de froid)
	Electricité	Raccordement au réseau + Photovoltaïque en toiture en revente – Pas d’autoconsommation
Variante 2 <i>Chauffage par géothermie (dans la limite du régime GMI²), appoint aérothermie pour le chauffage et le refroidissement, installation PV en toiture (revente)</i>	Chauffage et ECS	Géothermie (limitation de la puissance pour rester dans le cadre de la Géothermie de Minime Importance) Appoint aérothermie
	Besoins de froid	Géothermie (limitation de la puissance pour rester dans le cadre de la Géothermie de Minime Importance) Appoint aérothermie
	Electricité	Raccordement au réseau + Photovoltaïque en toiture en revente – Pas d’autoconsommation
Variante 3 <i>Installation PV en toiture et en ombrières de parking (revente)</i>	Chauffage/ECS/besoins de froid	Non traités
	Electricité	Raccordement au réseau + Photovoltaïque en toiture et en ombrières de parking en revente – Pas d’autoconsommation

Tableau 2 : Scénarios étudiés

² Géothermie de Minime Importance

Hypothèses - Coûts de l'énergie

En raison du contexte géopolitique (conflit entre la Russie et l'Ukraine), de l'augmentation des prix des quotas d'émissions de CO₂, l'arrêt de plusieurs réacteurs nucléaires pour maintenance et de la reprise de l'économie suite à la crise sanitaire (hausse de la demande), de fortes augmentations ont pu être observées sur les marchés de gros d'électricité et de gaz au cours de l'année 2022 (voir figures ci-dessous), qui se sont traduites par l'augmentation des coûts observés par les particuliers et les entreprises. Une baisse a pu ensuite être observée sur le premier semestre 2024. Une forte incertitude existe donc sur les futurs coûts de l'énergie pour le futur stade Brest, et leurs évolutions.



Des hypothèses de coûts à l'année 1 ont dû être considérées pour estimer un bilan économique par scénario. Ces hypothèses s'élevèrent à :

- 150 €HTVA/MWhPCS pour le gaz ;
- 300 €HTVA/MWhe pour l'électricité.

4 Présentation des scénarios étudiés

L'étude des scénarios présentés dans la suite de ce rapport n'incluent pas les consommations liées aux besoins d'électricité spécifique (besoins hors production de chaleur ou de froid) car ces consommations sont identiques dans tous les scénarios.

Les scénarios 1 et 2 ont été présentés en 2022. Le scénario 3 prend en compte la nouvelle réglementation (loi APER) sur les zones de stationnement, et il prend en compte l'évolution du projet architectural. En cela les puissances définies en 2022 diffèrent de celles proposées en 2024.

4.1 Scénario de référence – Gaz naturel et photovoltaïque en toiture

Dans ce scénario, on considère que tous les besoins de chaleur sont assurés par des chaudières au gaz naturel (chaudières à condensation), puisque le réseau de distribution de gaz dessert la zone du projet, avec mise en place de panneaux solaires en toiture (électricité revendue et injectée sur le réseau).

Les besoins de froid sont assurés par des groupes frigorifiques.

Les consommations énergétiques, émissions de GES sont détaillées ci-dessous.

Le tableau ci-dessous présente les consommations d'énergie et les émissions de GES par source d'énergie :

		Equipements	Puissances installées	Consommations d'énergie finale	% des apports énergétiques	Émissions de GES (tCO ₂ eq)
Energie consommée sur site	Gaz	Chaudières gaz à condensation ³	2 700 kW	1 450 MWh _{EF}	95 %	329 tCO ₂ eq
	Électricité	Groupes froid ⁴	880 kW	80 MWh _{EF}	5%	4 tCO ₂ eq
	TOTAL		-	1 530 MWh _{EF} /an	-	333 tCO ₂ eq
		Equipements	Puissances installées	Production d'énergie		Émissions de GES (tCO ₂ eq)
Energie exportée	Électricité	Photovoltaïque en toiture	960 kWc	890 MWhe		-12 ⁵ tCO ₂ eq

Tableau 3 : Scénario de référence – Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

³ Hypothèse rendement moyen chaudière : 95%.

⁴ Hypothèse EER (Energy Efficiency Ratio) groupes froid de 2,2.

⁵ Bilan théorique correspondant à la différence entre les émissions de la production photovoltaïque (facteurs d'émissions de la base Carbone ADEME détaillés en annexe) et le mix électrique moyen : émissions théoriques « évitées » par la consommation d'électricité d'origine 100% photovoltaïque par rapport à la même consommation issue du mix électrique moyen.

Les consommations énergétiques finales s'élèveraient ainsi à 1 530 MWh chaque année, dont 95 % de gaz et 5% d'électricité. Les émissions de gaz à effet de serre liées aux consommations de chaleur et de froid s'élèveraient à 333 tCO₂eq.

Pour ce cas on estime un coût d'investissement de 1 290 000 €HT (Chaufferie gaz, groupes frigorifiques et installation photovoltaïque en toiture) et des coûts d'exploitation (consommations de gaz et d'électricité, maintenance et réparations des chaudières gaz, groupes froid et installations photovoltaïque, assurance photovoltaïque, hors coûts de raccordement, revente photovoltaïque) de 236 000 € HT/an. Le détail est disponible en partie 5.

4.2 Scénario n°1 – Aérothermie et photovoltaïque en toiture (2022)

Dans ce scénario, on considère que les besoins de froid sont assurés par des pompes à chaleur réversibles, permettant de fournir partiellement les besoins de chauffage (dimensionnement de l'aérothermie en fonction des besoins de froid). Des chaudières au gaz naturel (chaudières à condensation) permettent d'assurer l'appoint pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, avec mise en place de panneaux solaires en toiture (électricité revendue et injectée sur le réseau).

La production aérothermique ainsi que les consommations électriques supplémentaires associées à la mise en place de pompes à chaleurs sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Besoins thermiques	Puissance PAC	930 kW
	Energie calorifique produite	650 MWh ⁶
	Production EnR	390 MWh
	Consommation électrique PAC	260 MWh
Besoins frigorifiques	Puissance PAC froid (limitée aux besoins du site)	880 kW
	Energie frigorifique produite	175 MWh
	Production EnR	88 MWh
	Consommation électrique PAC	88 MWh

Tableau 4 Estimation des besoins couverts par l'aérothermie – Scénario n°1

Le tableau ci-dessous présente le bilan des consommations d'énergie et les émissions de GES par source d'énergie :

⁶ Hypothèse : l'aérothermie permettrait de couvrir 60% des besoins de chaleur du site (taux de couverture en puissance de 42%), et l'ECS serait fournie par la chaufferie gaz. Il n'a pas été considéré d'investissement pour une chaudière de secours pour les scénarios 1 et 2.

		Equipements	Puissances installées	Consommations d'énergie finale	% des apports énergétiques	Émissions de GES (tCO ₂ eq)
Energie consommée sur site	Gaz	Chaudières gaz à condensation	1 770 kW	770 MWh _{EF} /an	69%	174 tCO ₂ eq
	Électricité	Pompes à chaleur aérothermiques réversibles ⁷	930 kW _{chaud} 880 kW _{froid}	350 MWh _{EF} /an	31%	21 tCO ₂ eq
	TOTAL		-	1 120 MWh_{EF}/an	-	195 tCO₂eq
		Equipements	Puissances installées	Production d'énergie		Émissions de GES (tCO ₂ eq)
Energie exportée	Électricité	Photovoltaïque en toiture	960 kWc	890 MWhe		-12 ⁸ tCO ₂ eq

Tableau 5 : Scénario n°1 – Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

Les consommations énergétiques finales s'élèveraient ainsi à 1 120 MWh chaque année, dont 69 % de gaz et 31% d'électricité. Les émissions de gaz à effet de serre liées aux consommations de chaleur et de froid s'élèveraient à 195 tCO₂eq.

Pour ce cas on estime un coût d'investissement de 1 260 000 €HT (Chaufferie gaz, pompes à chaleur réversibles et installation photovoltaïque en toiture) et des coûts d'exploitation (consommations de gaz et d'électricité, maintenance et réparations des chaudières gaz, pompes à chaleur et installations photovoltaïque, assurance photovoltaïque, hors coûts de raccordement, revente photovoltaïque) de 194 000 € HT/an. Le détail est disponible en partie 5.

4.3 Scénario n°2 – Géothermie et photovoltaïque en toiture (2022)

Dans ce scénario, on considère que les besoins de chaleur sont partiellement assurés par une installation géothermique sur sondes, limitée en puissance afin de rester dans le cadre de la Géothermie de Minime Importance (puissance prélevée en sous-sol inférieure à 500 kW). D'après l'étude géothermique menée par les bureaux d'étude Calligee et ECOME, un tel dimensionnement de la géothermie permettrait d'assurer la totalité des besoins de froid du site. Dans ce scénario, des pompes à chaleur aérothermiques assureraient l'appoint pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, avec mise en place de panneaux solaires en toiture (électricité revendue et injectée sur le réseau).

⁷ Hypothèse COP (Coefficient de Performance) PAC aérothermique de 2,5, et EER de 2 (le COP moyen sur 20 ans pour la géothermie a été évalué à 3,2).

⁸ Bilan théorique correspondant à la différence entre les émissions de la production photovoltaïque (facteurs d'émissions de la base Carbone ADEME détaillés en annexe) et le mix électrique moyen : émissions théoriques « évitées » par la consommation d'électricité d'origine 100% photovoltaïque par rapport à la même consommation issue du mix électrique moyen.

La production géothermique ainsi que les consommations électriques supplémentaires associées à la mise en place de pompes à chaleur sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

		Géothermie ⁹	Aérothermie
Besoins thermiques	Puissance thermique PAC	644 kW	2 100 kW
	Puissance prélevée au sous-sol ¹⁰	470 kW	-
	Puissance électrique PAC	174 kW	820 kW
	Energie calorifique produite	519 MWh	856 MWh
	Production EnR	354 MWh	825 MWh
	Consommation électrique PAC	166 MWh	550 MWh
	Longueur sondes (m)	11 000 m	-
	Nombre de sondes	55 sondes	-
Besoins frigorifiques	Puissance PAC froid utile	838 kW ¹¹	-
	Energie frigorifique produite	175 MWh	-
	Production EnR ¹²	147 MWh	-
	Consommation électrique PAC	28 MWh	-

Tableau 6 Estimation des besoins couverts par les pompes à chaleur – Scénario n°2

La figure ci-dessous, issue de l'étude géothermique menée par Calligee et ECOME, présente l'espace disponible pour placer des sondes (potentiel de 250 sondes). Les sondes géothermiques pourraient être implantés sous les parkings.

⁹ Les puissances et rendements de la géothermie sont issues de l'étude géothermique Calligee/ECOME (juillet 2022).

¹⁰ Hypothèse COP (chaleur produite par rapport à l'énergie électrique consommée) moyen de l'installation, issu de l'étude Calligee : 3,2.

¹¹ La puissance froid des pompes à chaleur géothermiques estimée par Calligee/ECOME est de 838 kW, ce qui est légèrement inférieure aux besoins de puissance froid maximaux estimés (880 kW). En fonction des besoins réels et pour couvrir 100% des besoins de froid, un faible appoint de froid par aérothermie pourrait être nécessaire.

¹² Hypothèse EER (chaleur absorbée par rapport à l'énergie électrique consommée) moyenne de l'installation, issue de l'étude Calligee : 6,2 (par froid actif). Aucun geocooling n'est considéré en raison des conditions de fonctionnement du réseau d'eau glacé prévu sur le site.

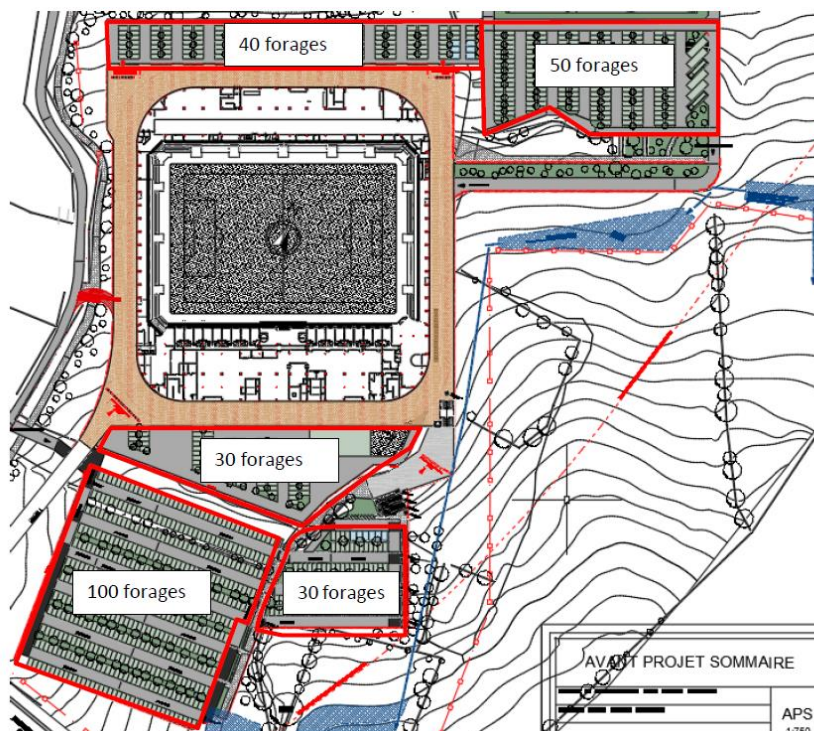


Figure 4 Principe d'implantation préliminaire des sondes géothermiques

Source : Calligee / ECOMÉ

Le tableau ci-dessous présente les consommations d'énergie et les émissions de GES par source d'énergie :

		Equipements	Puissances installées	Consommations d'énergie finale	% des apports énergétiques	Émissions de GES (tCO ₂ eq)
Energie consommée sur site	Électricité	Pompes à chaleur géothermiques	644 kW _{chaud} 838 kW _{froid}	190 MWh _{EF} /an	35%	31 tCO ₂ eq
		Pompes à chaleur aérothermiques	2 100 kW _{chaud}	370 MWh _{EF} /an	65%	12 tCO ₂ eq
	TOTAL		-	570 MWh _{EF} /an	-	43 tCO ₂ eq
		Equipements	Puissances installées	Production d'énergie		Émissions de GES (tCO ₂ eq)
Energie exportée	Électricité	Photovoltaïque en toiture	960 kWc	890 MWhe		-12 ¹³

Tableau 7 : Scénario n°2 – Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

¹³ Bilan théorique correspondant à la différence entre les émissions de la production photovoltaïque (facteurs d'émissions de la base Carbone ADEME détaillés en annexe) et le mix électrique moyen : émissions théoriques « évitées » par la consommation d'électricité d'origine 100% photovoltaïque par rapport à la même consommation issue du mix électrique moyen.

Les consommations énergétiques finales (électricité) s'élèveraient ainsi à 570 MWh chaque année. Les émissions de gaz à effet de serre liées aux consommations de chaleur et de froid s'élèveraient à 43 tCO₂eq.

Pour ce cas on estime un coût d'investissement de 2 980 000 €HT (Pompes à chaleur géothermiques et aérothermiques et installation photovoltaïque en toiture) et des coûts d'exploitation (consommations d'électricité, maintenance et réparations des pompes à chaleur et installations photovoltaïque, assurance photovoltaïque, hors coûts de raccordement, revente photovoltaïque) de 141 000 € HT/an. Le détail est disponible en partie 5.

Remarque : en cas de besoin de chaleur haute température, il sera nécessaire de prévoir des pompes à chaleur adaptées.

4.4 Scénario n°3 – production solaire photovoltaïque en toiture et sur parking (mai 2024)

Dans ce scénario, l'application de la nouvelle réglementation concernant le développement des énergies renouvelables sur les aires de stationnement est prise en compte, à savoir l'implantation d'ombrières photovoltaïques sur les parcs de stationnement extérieurs de plus de 1 500 m² sur au moins 50% de la superficie des parcs. Dans ce scénario on considère, une mise en place d'ombrière photovoltaïque de 11 200 m² (électricité injectée en totalité sur le réseau pour être vendue).

Toiture disponible :



Figure 5 Modélisation du bâtiment prévu pour le stade Froustven

La seule toiture considérée est celle du stade. La surface de toiture disponible estimée pour la mise en place de panneaux photovoltaïques est de 3 900 m² (mise à jour projet 2024).

En fonction de la surface disponible, il est possible d'estimer un potentiel photovoltaïque, détaillé dans le tableau ci-dessous. Il a été pris comme hypothèse la pose de panneaux photovoltaïques sans inclinaison.

Surface de toiture disponible	Puissance installée (kWc)	Production annuelle (MWh _e)
3 900 m ²	820 kWc	780 MWh _e

Tableau 8 : Estimation du potentiel photovoltaïque en toiture

Le potentiel photovoltaïque en toiture s'élève à **820 kWc installés**, soit une **production annuelle de 780 MWh_e**.

L'ensemble de l'électricité produite est injectée sur le réseau pour être vendue. Pour les installations de plus de 500 kWc (c'est le cas ici), les compléments de rémunération (tarifs de vente) sont fixés par un système d'appel d'offres. Le prix moyen proposé par les lauréats pour l'appel d'offre le plus récent (décembre 2023) était de 102,10 €/MWh.

Photovoltaïque en ombrière

Aires de stationnement – Surface disponible :

Il est nécessaire d'estimer la superficie des aires de stationnement construites dans le cadre du projet de stade. En effet, il est envisageable d'implanter des ombrières photovoltaïques de parking. Dans le but de connaître la production potentielle d'électricité de ces ombrières photovoltaïques, il faut pouvoir estimer la superficie sur laquelle elles peuvent être installées.

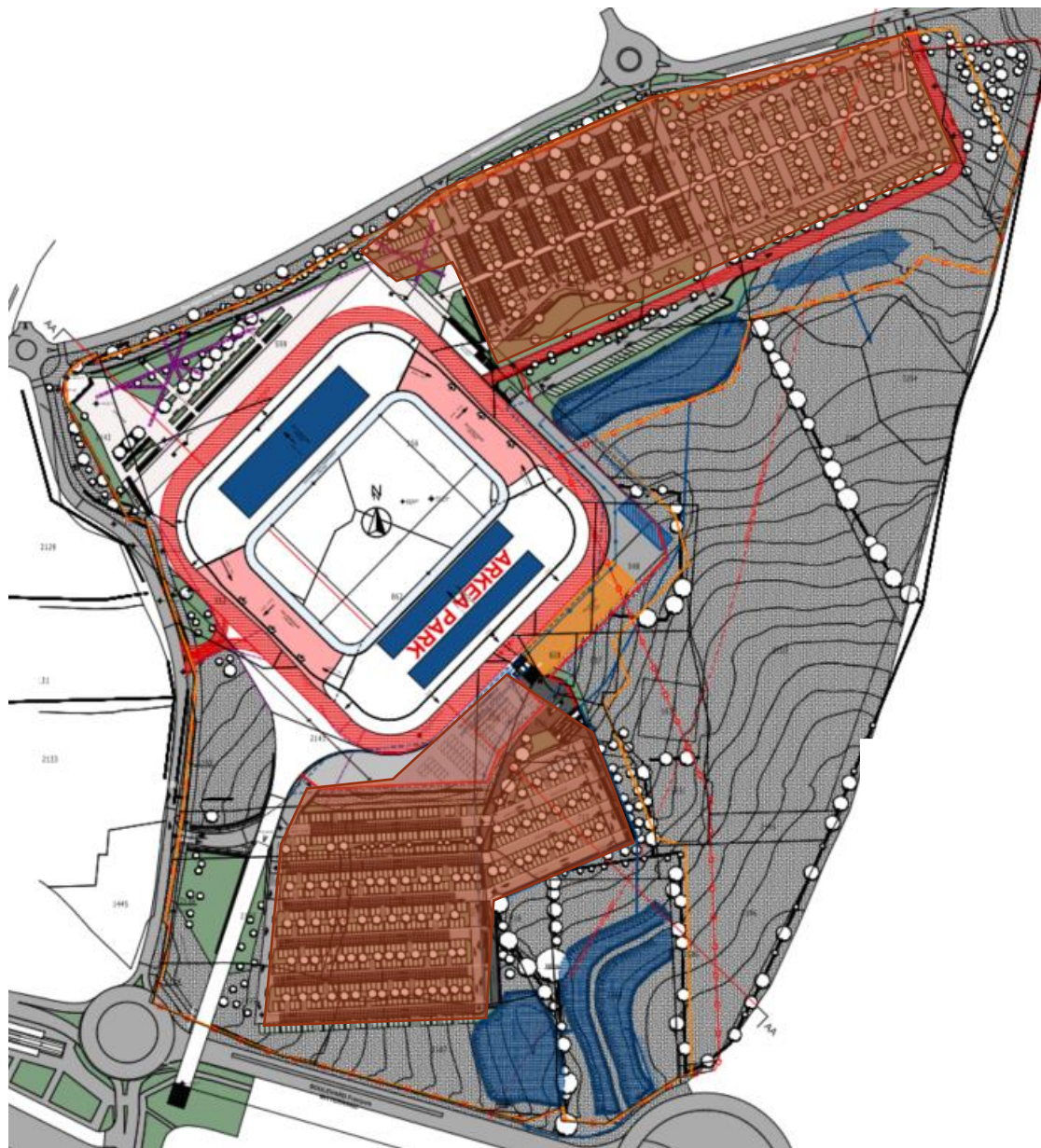


Figure 6 Aires de stationnement prévues dans la zone du projet – hors parking navettes

La surface d'aire de stationnement comprend les places de stationnement et les allées de circulation. Les surfaces considérées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Parkings	Superficie aire de stationnement
Parc de stationnement	22 325 m ²
TOTAL	22 325 m²

Tableau 9 : Superficie du parc de stationnement

En fonction des surfaces du parc de stationnement, il est possible d'estimer un potentiel photovoltaïque, détaillé dans le tableau ci-dessous.

Il a été pris comme hypothèse une orientation au sud des ombrières, sans ombrages. Cependant le parking Nord se trouve en orientation Sud-Ouest, ce qui peut impacter la production.

Par ailleurs, la mise en place d'ombrières de parkings n'est pas compatible avec l'intégration de végétation sur ceux-ci (ombrages).

Surfaces de parking	Surfaces de parking minimum à couvrir	Puissance installée (kWc)	Production annuelle (MWh _e)
22 325 m ²	11 163 m ²	2 340 kWc	2 625 MWh _e

Tableau 10 : Estimation du potentiel photovoltaïque en ombrière de parking

Le potentiel photovoltaïque en ombrière s'élève à **2 340 kWc installés pour 11 163 m²**, soit une production annuelle de l'ordre de **2 625 MWh** pour 11 163 m².

Potentiel photovoltaïque total

Le potentiel photovoltaïque total est donc de **3 160 kWc installés**, soit une production de **3 405 MWh_e** par an. Dans le cas d'un développement important de ce potentiel et d'un raccordement au réseau électrique.

Un premier chiffrage estimatif a été effectué pour une installation sur 11 163 m² de surface de stationnement et en toiture afin de respecter la loi EnR, et détaillé dans le tableau ci-dessous (installation photovoltaïque en vente totale).

	Toiture
Investissement toiture ¹⁴	655 000 €HT
Investissement ombrière	4 212 000 €HT
Maintenance, exploitation et assurance (P2/P3)	83 160 €HT/an
Gains liés à la vente de l'électricité photovoltaïque ¹⁵	348 000 €HT/an
Temps de Retour Brut	18 ans

Tableau 11 : Bilan économique – Scénario photovoltaïque en ombrières et toiture

¹⁴ Hors coûts de raccordement.

¹⁵ Hypothèse : Tarif de rachat de l'électricité de 102,10 €/MWh_e (Tarif moyen lauréats troisième appel d'offre 2023).

5 Bilan – Comparaison énergétique, financière et environnementale des scénarios

5.1 Bilan énergétique

	Référence : Gaz + PV	Scénario 1 : Aérothermie appoint gaz + PV ¹⁶	Scénario 2 : Géothermie appoint aérothermie + PV	Scénario 3 : Solaire PV (production électrique 2024)
Production chauffage	Besoins chauffage (MWhth)	1084	1084	1084
	Besoins chauffage (kW)	2220	2220	2220
	Puissance installée gaz (kW)	2250	1300	
	Production thermique gaz (MWhth)	1084	434	
	Rendement gaz	95%	95%	
	Consommations gaz (MWhPCS)	1 268	507	
	Puissance aérothermie (kW)		930	1600
	Production thermique aérothermie (MWhth)		650	565
	Consommations électriques aérothermie (MWhe)		260	225
	Puissance installée géothermie ¹⁷ (kW)			644
	Production thermique géothermie (MWhth)			519
	Consommations électriques géothermie (MWhe)			166
Production ECS	Besoins ECS (MWhth)	294	294	294
	Besoins ECS (kW)	480	480	480
	Puissance installée gaz (kW)	480	480	
	Production thermique gaz (MWhth)	294	294	
	Rendement gaz	95%	95%	
	Consommations gaz (MWhPCS)	344	344	
	Puissance aérothermie (kW)			480

¹⁶ Hypothèses : Couverture de 60% des besoins de chaleur par l'aérothermie (couverture de 42% des besoins en puissance) et ECS fournie par la chaufferie gaz. Il n'a pas été considéré d'investissement pour une chaudière de secours pour les scénarios 1 et 2.

¹⁷ Les puissances et rendements de la géothermie sont issues de l'étude géothermique Calligee/ECOME (juillet 2022).

		Référence : Gaz + PV	Scénario 1 : Aérothermie appoint gaz + PV ¹⁶	Scénario 2 : Géothermie appoint aérothermie + PV	Scénario 3 : Solaire PV (production électrique 2024)
	Production thermique aérothermie (MWhth)			294	
	Consommations électriques aérothermie (MWhe)			150	
Production froid	Besoins froid (MWhth)	175	175	175	
	Besoins froid (kW)	880	880	880	
	Puissance groupes froid (kW)	880			
	Production thermique groupes froid (MWh)	175			
	Consommations électriques groupes froid (MWhe)	79,5			
	Puissance aérothermie (kW)		880		
	Production thermique aérothermie (MWhth)		175		
	Consommations électriques aérothermie (MWhe)		87,5		
	Puissance installée géothermie (kW)			838	
	Production thermique géothermie (MWhth)			175	
	Consommations électriques géothermie (MWhe)			28	
Photovoltaïque	Surface de toiture (m ²)	8 000 m ²	8 000 m ²	8 000 m ²	3 900 m ²
	Surface Parking (m ²)				11 200 m ²
	Pinstallée (kWc)	960 kWc	960 kWc	960 kWc	3 160 kWc
	Production (MWhe)	890 MWhe	890 MWhe	890 MWhe	3 405 MWhe
Bilan des consommations réseau	Gaz	1 610 MWhPCS	850 MWhPCS		
	Electricité	80 MWhe	350 MWhe	570 MWhe	

Tableau 12 : Bilan énergétique par scénario

Le graphique ci-dessous présente la répartition de l’approvisionnement en chaleur et en froid par scénario. Il illustre (en vert) la part « renouvelable » de chaque scénario (énergie puisée dans l’air ou le sol), qui permet de limiter les consommations d’électricité ou de gaz. Sur le plan énergétique, le scénario 2 est donc le plus intéressant puisqu’une part plus importante des besoins est issue d’une source renouvelable.

Bilan des apports énergétiques couvrant les besoins de chaleur et de froid par scénario

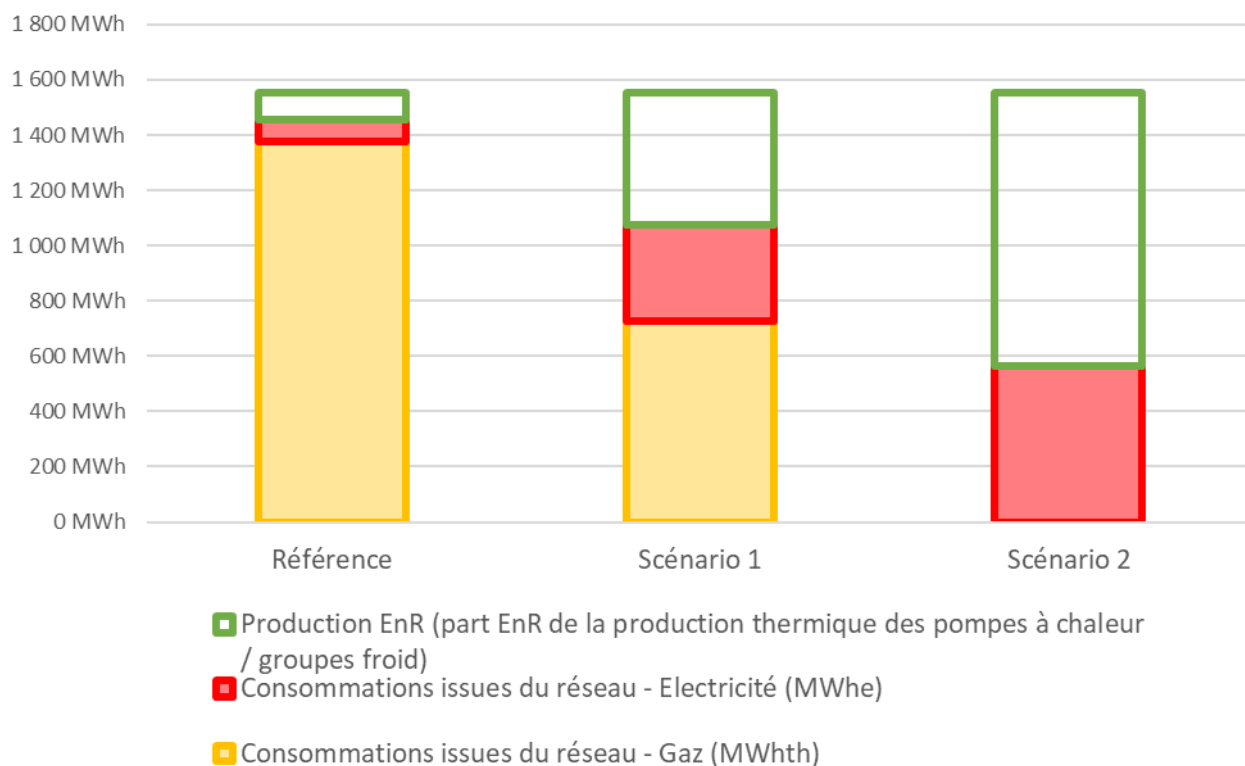


Figure 7 Comparaison des apports énergétiques – Besoins de chaleur et de froid

5.2 Bilan financier

5.2.1 Subventions

Le projet de stade Froustven est éligible à des subventions du Fonds Chaleur pour la mise en place d'une installation géothermique (Fonds chaleur 2022 : subvention à hauteur de 50 €/MWhEnR sur 20 ans). Le Fonds Chaleur concerne les projets de production EnR entre 25 et 2 000 MWh/an et permet le financement des projets de production de chaleur à partir d'énergies renouvelables et de récupération d'énergie (EnR&R) ainsi que les réseaux de chaleur liés à ces installations.

	Scénario 2 : Géothermie appoint aérothermie + PV
MWhEnR géothermie	356,5
Subventions Fonds Chaleur	357 000 €

Tableau 13 : Subventions considérées

Le projet n'est pas éligible aux certificats d'économie d'énergie qui sont réservés aux bâtiments existants.

5.2.2 Investissements et coûts d'exploitation à l'année 1

	Référence : Gaz + PV	Scénario 1 : Aérothermie appoint gaz + PV ¹⁸	Scénario 2 : Géothermie appoint aérothermie + PV	Scénario 3 : Solaire PV (production électrique 2024)	
Investissement	Puissance installée gaz	2 700 kW	1 770 kW	0 kW	
	Coût d'investissement gaz (€HT)	300 000 €	210 000 €	0 €	
	Puissance chaud installée aérothermie	0 kW	950 kW	2 100 kW	
	Puissance froid installée aérothermie	0 kW	880 kW	0 kW	
	Coût d'investissement aérothermie (€HT)		280 000 €	620 000 €	
	Puissance installée groupes froid	880 kW	-	0 kW	
	Coût d'investissement groupe froid (€HT)	220 000 €			
	Puissance chaud installée géothermie	0 kW	0 kW	644 kW	
	Puissance froid installée géothermie	0 kW	0 kW	838 kW	
	Coût d'investissement géothermie (€HT)			1 590 000 €	
	Puissance installée PV	960 kWc	960 kWc	960 kWc	
	Coût d'investissement PV (€HT)	770 000 €	770 000 €	770 000 €	4 867 000 €
Total investissement (€HT)	1 290 000 €	1 260 000 €	2 980 000 €	4 867 000 €	
Subventions	Subventions Fonds Chaleur		-	-	
			357 000 €		
Reste à financer	1 460 000 €	1 380 000 €	2 708 000 €	4 867 000 €	
Exploitation : Coûts de l'énergie	Consommation gaz (MWhPCS)	1 610 MWhPCS	850 MWhPCS		
	Coût gaz (€HT)	242 000 €	128 000 €		
	Consommation électricité (MWh)	80 MWh	350 MWh	570 MWh	
	Coût électricité (€HT)	24 000 €	104 000 €	170 000 €	
	Revente photovoltaïque (MWh)	890 MWh	890 MWh	890 MWh	3 405 MWh
	Gain revente électricité ¹⁹	80 000 €	80 000 €	80 000 €	348 000 €
	Total exploitation - Coûts de l'énergie (€HT)	186 000 €	152 000 €	90 000 €	
Exploitation : Coûts de maintenance et provisions pour réparations (P2 + P3)	Coût de maintenance gaz (€HT)	27 000 €	18 000 €		
	Coût de maintenance aérothermie (€HT)		8 000 €	19 000 €	
	Coût de maintenance groupe froid (€HT)	7 000 €			
	Coût de maintenance géothermie (€HT)			16 000 €	
	Coût de maintenance, provisions et assurances PV (€HT)	16 000 €	16 000 €	16 000 €	83 160 €
	Total exploitation - Maintenance et réparations (€HT)	50 000 €	42 000 €	51 000 €	83 160 €
Exploitation	Total exploitation	236 000 €	194 000 €	141 000 €	- 264 840²⁰ €

Tableau 8 Comparaison des coûts d'investissement et d'exploitation à l'année 1 par scénario

¹⁸ Hypothèses : Couverture de 60% des besoins de chaleur par l'aérothermie (couverture de 42% des besoins en puissance) et ECS fournie par la chaufferie gaz. Il n'a pas été considéré d'investissement pour une chaudière de secours pour les scénarios 1 et 2.

¹⁹ Hypothèse : Tarif de rachat de l'électricité de 91 €/MWh (Tarif moyen lauréats troisième appel d'offre 2022).

²⁰ Par rapport à une solution sans photovoltaïque en revente – Besoins thermiques non traités dans le scénario 3

Le tableau ci-dessus détaille les investissements et coûts d'exploitation des scénarios 1 et 2 (scénario 3 non comparable car n'incluant pas la couverture des besoins thermiques). Comme l'illustre la figure ci-dessous, les coûts d'exploitation du scénario 1 sont proches du scénario de référence, alors que ceux du scénario 2 sont estimés à environ le double des autres scénarios.

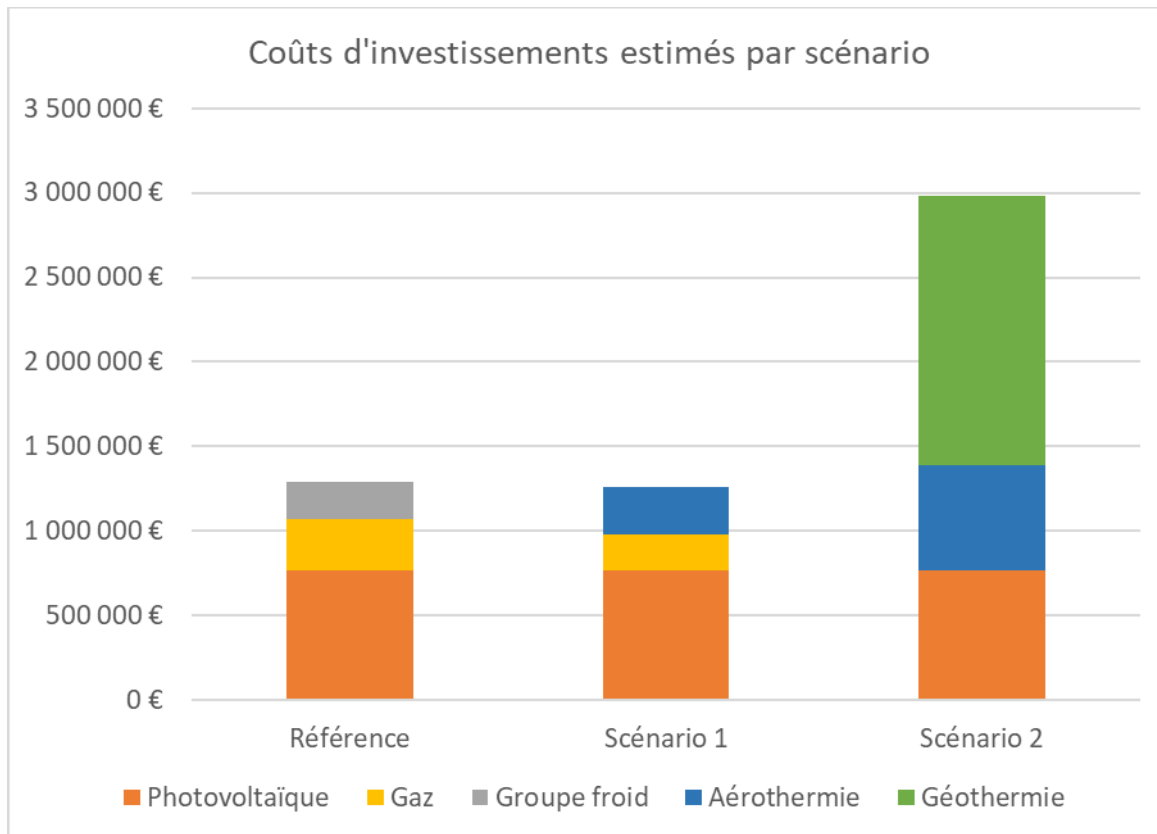


Figure 9 : Coûts d'investissement estimés par scénario – Hors subventions

5.2.1 Coût global sur 20 ans

5.2.1.1 Structure du prix de la chaleur

Dans le cas du projet de stade, l'intégration de systèmes EnR pour la production de chaleur et de froid permet une stabilité plus grande du coût de la chaleur du fait d'une structure des coûts différente.

En effet, le coût du **MWh utile dépend moins des variations des prix sur le réseau** : sans prendre en compte l'augmentation du coût des énergies ni les intérêts d'emprunt potentiels, plus de 50% du coût de revient de l'énergie du scénario 2 est issu de charges fixes ou quasi-fixes (exploitation et maintenance), contre environ 30% dans le scénario 1 et le scénario de référence. Ces scénarios sont donc plus sensibles aux variations de prix de l'énergie. Néanmoins ; on peut remarquer que le scénario 1, la sensibilité aux prix de l'énergie est équilibrée entre l'électricité et le gaz, contrairement au bilan du scénario de référence qui est très dépendant du coût du gaz.

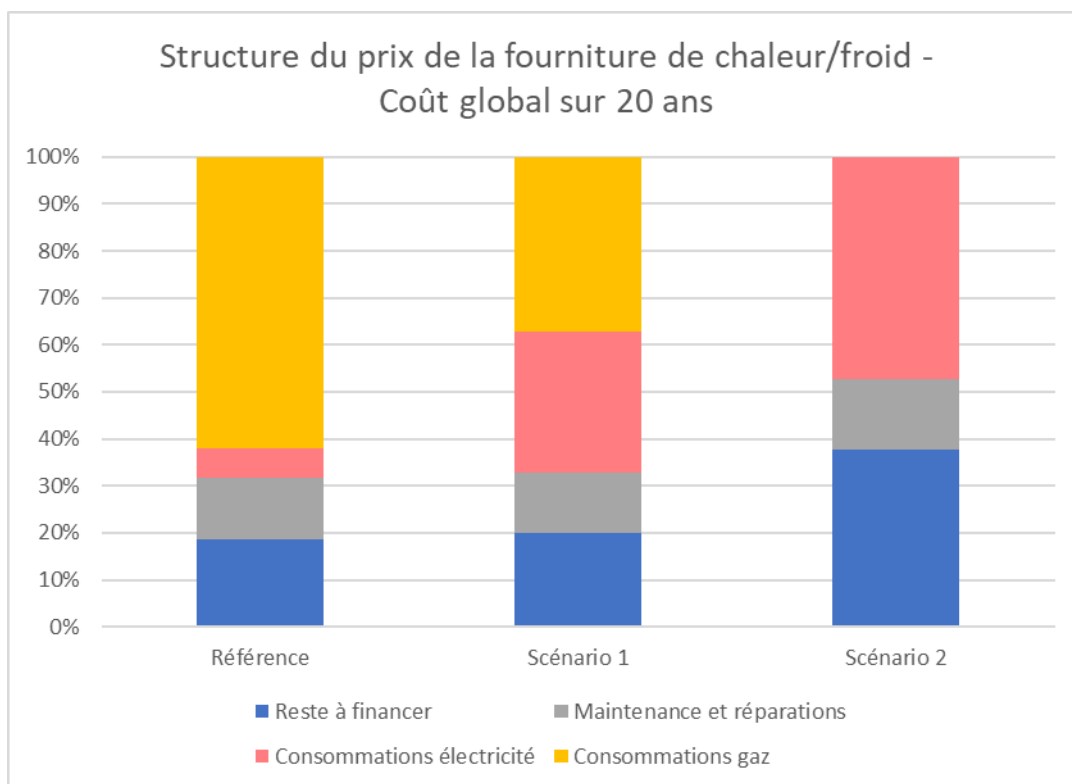


Figure 10 : Structure du prix de la chaleur sur 20 ans d'exploitation – Sans augmentation des coûts de l'énergie

5.2.1.2 Bilan d'exploitation sur 20 ans

Afin de comparer les variantes et la solution de référence, il peut également être étudié le coût global de la chaleur sur 20 ans. Sont pris en compte ici les coûts d'investissements, entretien et réparations et les consommations d'énergie. Pour faire cette simulation, une hypothèse basse et haute de l'évolution des coûts sera prise selon le tableau suivant :

	Hypothèse basse	Hypothèse haute
Electricité	3%	5%
Gaz	3%	5%
Entretien et réparations (P2/P3)	2%	3%

Tableau 14 : Hypothèses basses et hautes d'augmentation des coûts

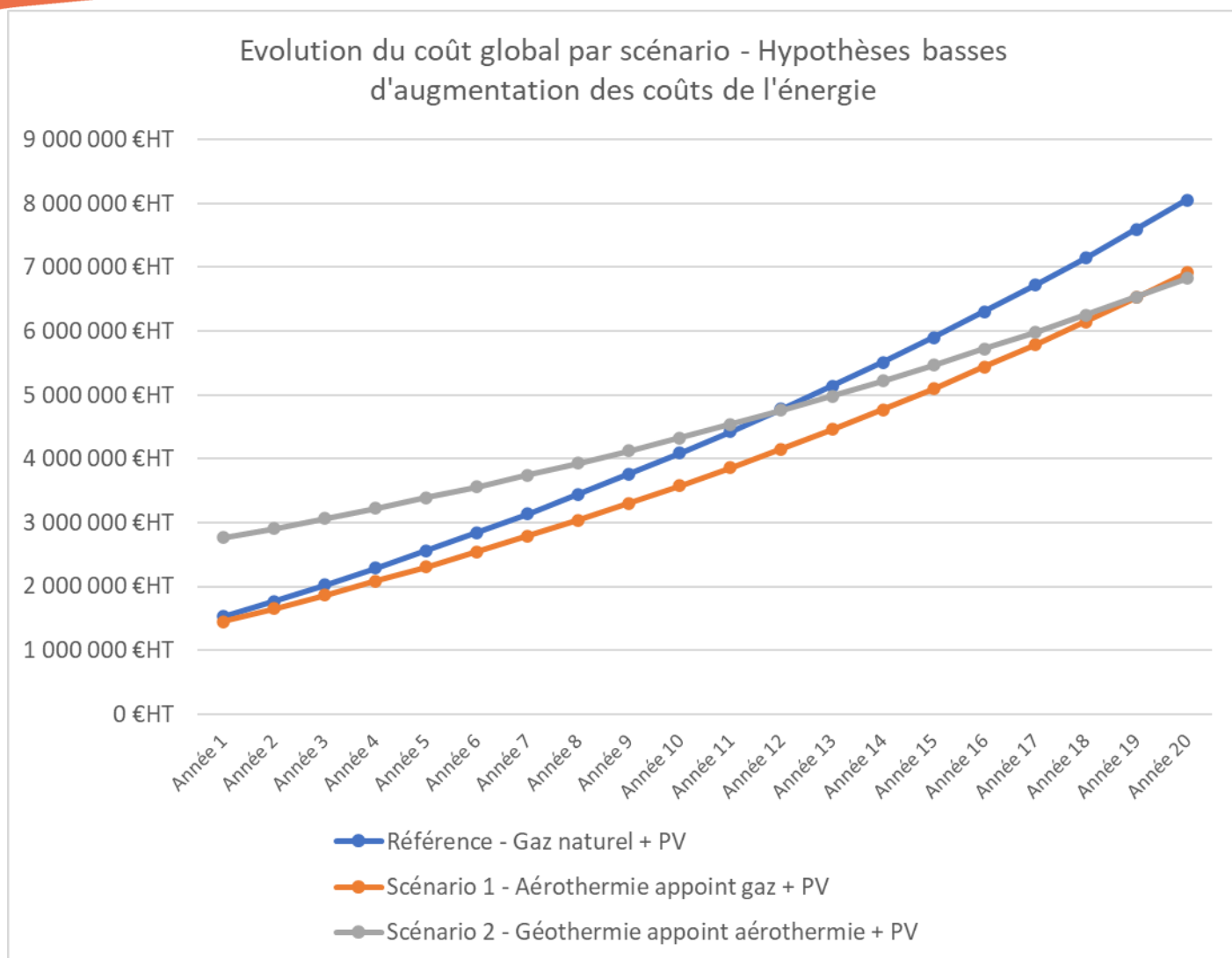


Figure 11 : Coût global de la chaleur sur 20 ans selon une hypothèse basse de l'augmentation des prix

Cette courbe illustre le temps de retour du projet suivant une hypothèse basse de l'augmentation des coûts.

Ainsi, le **scénario 1 reste toujours plus intéressant économiquement que la référence** (coûts d'investissement et exploitation plus faibles) et le temps de retour du scénario 2 par rapport au scénario 1 est de **20 ans** (temps de retour relativement élevé en raison du surcoût d'investissement important pour le scénario 2).

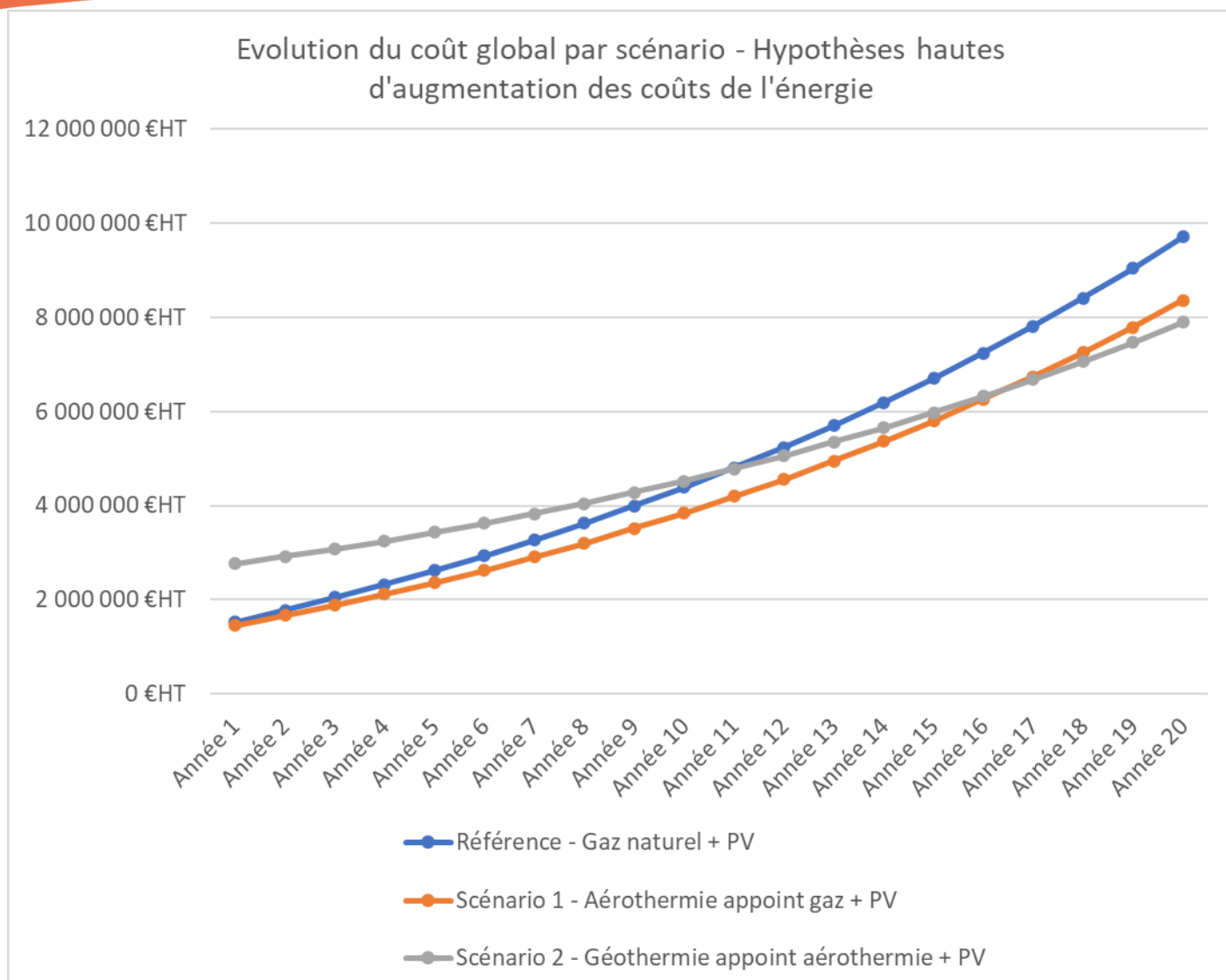


Figure 12 : Coût global de la chaleur sur 20 ans selon une hypothèse haute de l'augmentation des prix

Cette courbe illustre le temps de retour du projet suivant une hypothèse haute de l'augmentation des coûts des énergies.

Ainsi, le **scénario 1 reste toujours plus intéressant économiquement que la référence** (coûts d'investissement et exploitation plus faibles) et le temps de retour du scénario 2 par rapport au scénario 1 est de **17 ans** (temps de retour relativement élevé en raison du surcoût d'investissement important pour le scénario 2).

5.3 Bilan environnemental - Emissions de gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre sont plus importantes dans le scénario de référence (333 teqCO₂) en raison du recours uniquement au gaz pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. La variante 1 (195 teqCO₂) permet de baisser les émissions de gaz à effet de serre de 42% par rapport à la référence et la variante 2 (43 teqCO₂) permet de baisser les émissions de 87% par rapport à la référence.

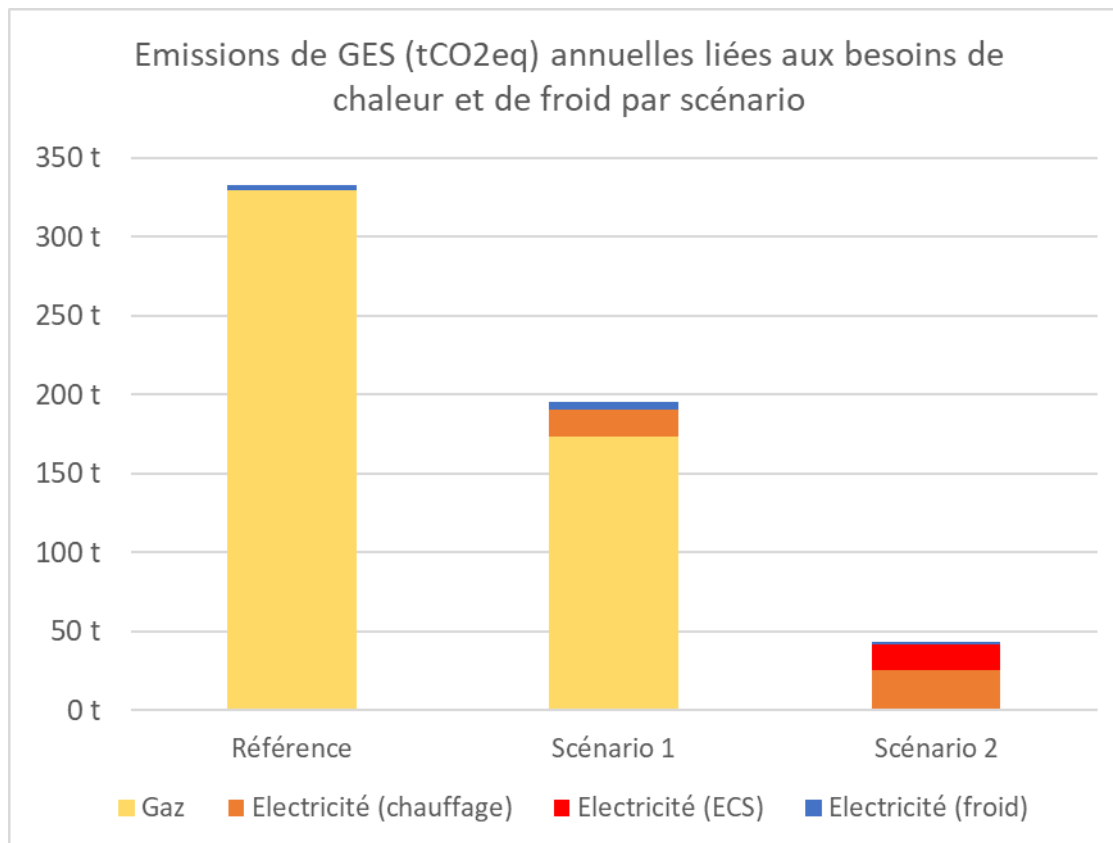


Figure 13 Comparaison des émissions de GES par scénario – Besoins de chaleur et en froid - (Hors photovoltaïque)

6 Solution solaire thermique pour la fourniture d'eau chaude sanitaire

En complément des scénarios précédents, la rentabilité du solaire thermique est étudiée séparément.

La production solaire thermique a été considérée pour répondre aux consommations liées à l'approvisionnement en eau chaude sanitaire du stade, hors besoins d'eau chaude sanitaire ponctuels (sanitaires, petit office de commerce, salle détente, bureaux...) considérés comme alimentés par des petits ballons électriques. Les panneaux solaires thermiques ne peuvent satisfaire que partiellement les besoins en ECS, la disponibilité de la ressource solaire étant plus faible en hiver. Il a été pris une hypothèse de 50% des besoins en ECS hors besoins ponctuels fournis par le solaire thermique. Cette valeur sera fortement dépendante de l'utilisation du bâtiment en période estivale. Le solaire thermique sera pertinent **si les consommations d'ECS des loges, commerces, vestiaires et offices des salons sont suffisantes en été.**



Conso. ECS (MWh _{th})	Production annuelle du solaire thermique (MWh _{th})	Surface installée (m ²)
294 MWh _{th}	147 MWh _{th}	327 m ²

Tableau 15 : Estimation du potentiel solaire thermique

Les surfaces installées nécessaires sont nettement inférieures aux surfaces de toiture disponibles. Le potentiel total de production s'élève donc à 147 MWh annuels, soit 327 m² de panneaux installés.

Attention : la mise en place d'une installation solaire thermique limitera légèrement la surface de toiture disponible pour le photovoltaïque.

Un premier chiffrage a été effectué pour une installation de 327 m² installés, et est détaillé dans le tableau ci-dessous (solaire thermique en comparaison à une production ECS gaz).

Investissement	327 000 €HT
Subventions Fonds Chaleur (63 €/MWh _{solaire utile})	185 000 €HT ²¹
Reste à financer	142 000 €HT
Maintenance P2	1500 €HT/an
Provisions pour réparations P3	4 000 HT/an
Economies sur la facture de gaz ²²	22 000 €HT/an
Temps de Retour Brut	9 ans

Tableau 16 : Bilan économique – Scénario solaire thermique

Afin d'obtenir les aides du Fonds Chaleur prises en compte dans le chiffrage, le projet devra avoir fait l'objet d'une étude de faisabilité conforme au cahier des charges de l'ADEME, qui pourra permettre de préciser la surface de panneaux optimale.

²¹ Dans la limite du taux d'aide maximal applicable pour le projet du stade Froustven.

²² Les économies considérées intègrent uniquement le coût du combustible, car le solaire thermique nécessite dans tous les cas un appoint (avec coûts d'investissement et maintenance de l'appoint associés).

7 Conclusion

L'estimation des besoins énergétiques liés au projet du stade Froutvén (EGIS) et l'étude géothermique (Calligee/ECOME) ont permis de comparer différents scénarios d'approvisionnement énergétique du site. Trois scénarios ont été étudiés afin d'alimenter en chaleur et en froid le projet d'aménagement.

Le tableau ci-dessous compare l'impact environnemental et la rentabilité économique du scénario de référence avec les deux autres variantes :

Scénario	Rentabilité	Emissions GES	Stabilité du coût de l'énergie
Référence : Chauffage au gaz, groupes froid pour le refroidissement installation PV en toiture (revente)	Non rentable par rapport au scénario n°1	333 teqCO₂/an	-
N°1 : Chauffage et refroidissement par aérothermie, appoint gaz pour le chauffage, installation PV en toiture (revente)	=	195 teqCO₂/an	=
N° 2 : Chauffage par géothermie (dans la limite du régime GM ²³), appoint aérothermie pour le chauffage et le refroidissement, installation PV en toiture (revente)	Hypothèses basses d'augmentation des coûts : Temps de retour de 20 ans par rapport au scénario n°1 Hypothèses hautes d'augmentation des coûts : Temps de retour de 17 ans par rapport au scénario n°1	43 teqCO₂/an	+
N° 3 (2024) : Mise en place de centrale solaire PV en toiture et sur 50% des zones de stationnement	Temps de retour de 18 ans (selon les prix de vente moyen du MWh en 2023 offre CRE)	- 27,6 teqCO₂/an (comparaison production PV par rapport au mix électrique français) – Non comparable avec les scénarios précédents	+

Tableau 17 : Comparaison globale des différents scénarios

Le scénario de référence ne paraît pas le plus pertinent car il est moins intéressant que le scénario n°1, d'un point de vue économique et environnemental. Le scénario n°3 demande un surinvestissement conséquent par rapport au scénario n°1 mais permet d'être moins dépendant des évolutions des coûts de l'énergie et présente l'impact environnemental le plus faible (émissions de gaz à effet de serre). D'autre part, au-delà de 20 ans, les sondes géothermiques pourront toujours être utilisées et n'auront pas besoin d'être renouvelées contrairement aux pompes à chaleur, ce qui augmentera la rentabilité de cette solution à long terme.

Un scénario solaire thermique a également été étudié pour la fourniture d'eau chaude sanitaire. Cette solution permet en première approche d'obtenir un temps de retour brut de 9 ans. Dans le cas où cette solution est envisagée, une étude de faisabilité se basant notamment sur le détail des besoins estivaux en eau chaude sanitaire permettra de préciser l'intérêt de ce système pour le futur stade.

Un scénario solaire photovoltaïque sur ombrières a été étudié sur la moitié des surfaces de stationnement prévues, en plus de la mise en place d'une installation en toiture. En première approche, cette solution affiche un temps de retour de 18 ans. La valorisation en autoconsommation individuelle ou collective pourrait améliorer cette rentabilité, en fonction du coût d'achat de l'électricité.

²³ Géothermie de Minime Importance

De manière globale, il est recommandé d'adopter une conception bioclimatique du bâtiment (maximisation des surfaces vitrées orientées au Sud, avec brise soleil pour l'été, compacité...) afin de limiter les consommations énergétiques.

8 Annexes

Annexe 1 : Emissions de GES

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) en tonnes de CO₂ équivalent sont estimées à partir des consommations en carburant, selon la relation suivante (Base Carbone de l'ADEME, juillet 2022) :

- Électricité – mix moyen : 0,0569 kg/kWh ;
- Électricité – usage chauffage : 0,0652 kg/kWh ;
- Électricité – usage Eau Chaude Sanitaire : 0,0553 kg/kWh ;
- Électricité – usage Climatisation : 0,0491 kg/kWh ;
- Électricité photovoltaïque (pour des panneaux fabriqués en Chine) : 0,0439 kg/kWh ;
- Gaz naturel : 0,227 kg/kWhPCI.

Annexe 2 : Définition des différentes notations d'énergie

- **L'énergie utile** correspond à l'énergie réellement disponible pour le consommateur. Elle est exprimée en kWh_{th} (thermique) pour le chauffage et l'ECS.
- **L'énergie finale** (kWh_{EF}), c'est l'énergie livrée au consommateur (énergie PCI – Pouvoir Calorifique Inférieur – pour les combustibles)

A Annexe 7, Etude ERC Agricole (Chambre d'agriculture, 2024)

Annexe 7, Etude ERC Agricole (Chambre d'agriculture, 2024)

TERRALTO

AU SERVICE DES COLLECTIVITÉS ET DES TERRITOIRES



ETUDE TECHNIQUE

ETUDE AGRICOLE

Éviter, Réduire, Compenser

Préalable à l'aménagement du projet du stade Arkea
Park pour le Stade Brestois
Commune de Guipavas
Territoire de Brest métropole

Par Holdisport

Version projet - Juin 2024



AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRES D'AGRICULTURE
BRETAGNE

TERRALTO

ENSEMBLE FAISONS VIVRE VOS PROJETS

SOMMAIRE

PREAMBULE _____ 5

A- LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE _____ 5

- 1/ LE CONSTAT DE L'AUGMENTATION DE LA SURFACE DES SOLS ARTIFICIALISES AU DETRIMENT DES SURFACES AGRICOLES _____ **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
- 2/ LES CONSEQUENCES DE LA REDUCTION DES ESPACES AGRICOLES SUR L'ACTIVITE AGRICOLE **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
- 3/ LE PRINCIPE D'EVITEMENT-REDUCTION-COMPENSATION COLLECTIVE AGRICOLE _____ **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
- 4/ LE PRINCIPE APPLIQUE AU PROJET D'AMENAGEMENT DU STADE BRESTOIS _____ **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**

B- METHODOLOGIE D'UNE ETUDE PARTAGEE ET VALIDEE PAR LES ACTEURS DU TERRITOIRE _____ **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**

- 1/ LA CELLULE FONCIERE DE BREST METROPOLE _____ 6
- 2/ L'APPUI D'UN GROUPE DE TRAVAIL AGRICOLE _____ 8

LA DESCRIPTION DU PROJET ET LA DELIMITATION DU TERRITOIRE CONCERNE

A-LA DESCRIPTION DU PROJET _____ 11

- 1/ LA LOCALISATION DU PROJET _____ 11
- 2/ ORIGINE DU PROJET _____ 13
- 3/ LA COHERENCE DU PROJET AVEC LES DOCUMENTS SUPRA-COMMUNAUX _____ 13

B- LES EXPLOITATIONS IMPACTEES PAR LE PROJET _____ 14

C- LA JUSTIFICATION DU PERIMETRE PERTURBÉ RETENU _____ 17

L'ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DE L'ECONOMIE AGRICOLE DU TERRITOIRE CONCERNE

A- LA MAIN D'ŒUVRE AGRICOLE _____ 20

- 1/ A L'ECHELLE DE BREST METROPOLE _____ 20
- 2/ A L'ECHELLE DU PERIMETRE PERTURBE _____ 21

B- LA DESCRIPTION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE _____ 22

- 1/ A L'ECHELLE DE BREST METROPOLE _____ 22
- 2/ A L'ECHELLE DU PERIMETRE PERTURBE _____ 23

C- COMMERCIALISATION PAR LES EXPLOITANTS _____ 25

- 2/ A L'ECHELLE DE BREST METROPOLE _____ 26
- 3/ A L'ECHELLE DU PERIMETRE PERTURBE _____ 26

L'ETUDE DES EFFETS POSITIFS ET NEGATIFS DU PROJET SUR L'ECONOMIE AGRICOLE DU TERRITOIRE

A- LES EFFETS DIRECTS, POSITIFS ET NEGATIFS, DU PROJET _____ 28

B- LES EFFETS DU PROJET SUR LES FILIERES AGRICOLES _____ 29

- 1/ L'EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR L'EMPLOI AGRICOLE _____ 29
- 2/ L'EVALUATION FINANCIERE GLOBALE DES IMPACTS DU PROJET _____ 30
- 3/ LA DUREE ET LES INVESTISSEMENTS PREVISIBLES POUR RESORBER LA PERTE ECONOMIQUE _____ 32
- 4/ LES EFFETS CUMULES DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS _____ 33

LES MESURES ENVISAGEES ET RETENUES POUR EVITER ET REDUIRE LES EFFETS NEGATIFS

A- LES MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION PAR LES DOCUMENTS SUPRA-COMMUNAUX _____ 36

- 1/ LES MESURES PRISES POUR EVITER LA CONSOMMATION D'ESPACES AGRICOLES _____ 36
- 2/ LES MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS SUR LA FILIERE AGRICOLE _____ 40

B- LES MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION PRISES A L'ECHELLE DU PROJET _____ 46

- 1/ UNE LOCALISATION COHERENTE DU PROJET _____ 46
- 2/ UN PROJET RETRAVAILLE DEPUIS 2018 _____ 50

MESURES DE COMPENSATION -EVALUATION DE LEUR COUT - MODALITES DE MISE EN ŒUVRE

A- UNE METHODE PARTAGEE ET PARTICIPATIVE _____ 51

- 1/ LES PRINCIPES VALIDES PAR LA CELLULE FONCIERE POUR L'IDENTIFICATION DES MESURES DE COMPENSATION _____ 51
- 2/ LA METHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE POUR IDENTIFIER LES MESURES COMPENSATOIRES _____ 51

B- LES MESURES ENVISAGEES ET RETENUES _____ 52

- 1/ LES PROPOSITIONS ISSUES DU GROUPE DE TRAVAIL _____ 52

C- CONCLUSION _____ 58

Annexes



PREAMBULE



A- LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET METHODOLOGIQUE

1/ Contexte réglementaire

L'objet de la mission consiste à réaliser les études prévues par le décret n°2016-1190 du 31 août 2016 relatif à l'étude préalable et aux mesures de compensation prévues à l'article L.112-1-3 du code rural et de la pêche maritime¹. Le décret précise notamment les critères auxquels doivent répondre les opérations d'aménagement pour faire l'objet d'une telle étude (critères cumulatifs) :

- ▶ le projet est soumis à une étude d'impact de façon systématique ;
- ▶ l'emprise du projet est située tout ou partie :
 - soit en zone agricole, forestière ou naturelle, délimitée par un document d'urbanisme opposable et qui est ou a été affectée à une activité agricole dans les 5 années précédant la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation, d'approbation ou d'adoption du projet ;
 - soit sur une zone à urbaniser délimitée par un document d'urbanisme opposable qui est ou a été affectée à une activité agricole dans les 3 années précédant la date de dépôt du dossier de

- demande d'autorisation, d'approbation ou d'adoption du projet ;
- soit, en l'absence de document d'urbanisme délimitant ces zones, sur toute surface qui est ou a été affectée à une activité agricole dans les 5 années précédant la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation, d'approbation ou d'adoption du projet ;
- ▶ la surface prélevée de manière définitive est supérieure ou égale à 5 hectares.

Ce qu'il faut retenir : les priorités sont l'évitement et la réduction des impacts sur :

- **la disparition de terres agricoles et naturelles,**
- **l'environnement,**
- **l'économie agricole d'un territoire.**

- En premier lieu **EVITER** : revoir la localisation du projet quand cela est possible.
- Ensuite **REDUIRE** : diminuer l'emprise du projet et le redimensionner pour optimiser le foncier impacté.
- Enfin **COMPENSER** : les impacts résiduels sur l'économie agricole (après aménagement

de l'état initial de l'économie agricole du territoire concerné, l'étude des effets du projet sur celle-ci, les mesures envisagées pour éviter et réduire les effets négatifs notables du projet ainsi que des mesures de compensation collective visant à consolider l'économie agricole du territoire.

¹ Article 28 de la loi d'avenir agricole du 13 octobre 2014 (L.112-1-3) : Les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation, sont susceptibles d'avoir des conséquences négatives importantes sur l'économie agricole font l'objet d'une étude préalable comprenant au minimum une description du projet, une analyse



2/ Méthodologie mise en place

Tout au long de la réalisation de l'étude, des échanges réguliers avec le porteur de projet, la profession agricole et les instances de concertation locales ont permis un partage et une validation locale de la méthodologie et des résultats obtenus.

→ Cette concertation nous permet d'aboutir à une étude et des résultats partagés et validés au niveau local.

- La cellule foncière de Brest métropole

La cellule foncière est un lieu d'échanges, d'informations entre Brest métropole et le monde agricole, sans caractère réglementaire.

Elle se réunit, depuis 2012, autour de la Chambre d'agriculture et de la métropole (coprésidence), en lien avec l'ensemble des acteurs institutionnels concernés par les questions foncières agricoles, à savoir la Société d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural (SAFER), mais aussi le Conseil départemental, la DDTM, le pôle métropolitain, Brest métropole aménagement et le Syndicat Mixte Brest Iroise. Cette instance de concertation avec le monde agricole se réunit trois à quatre fois par an.

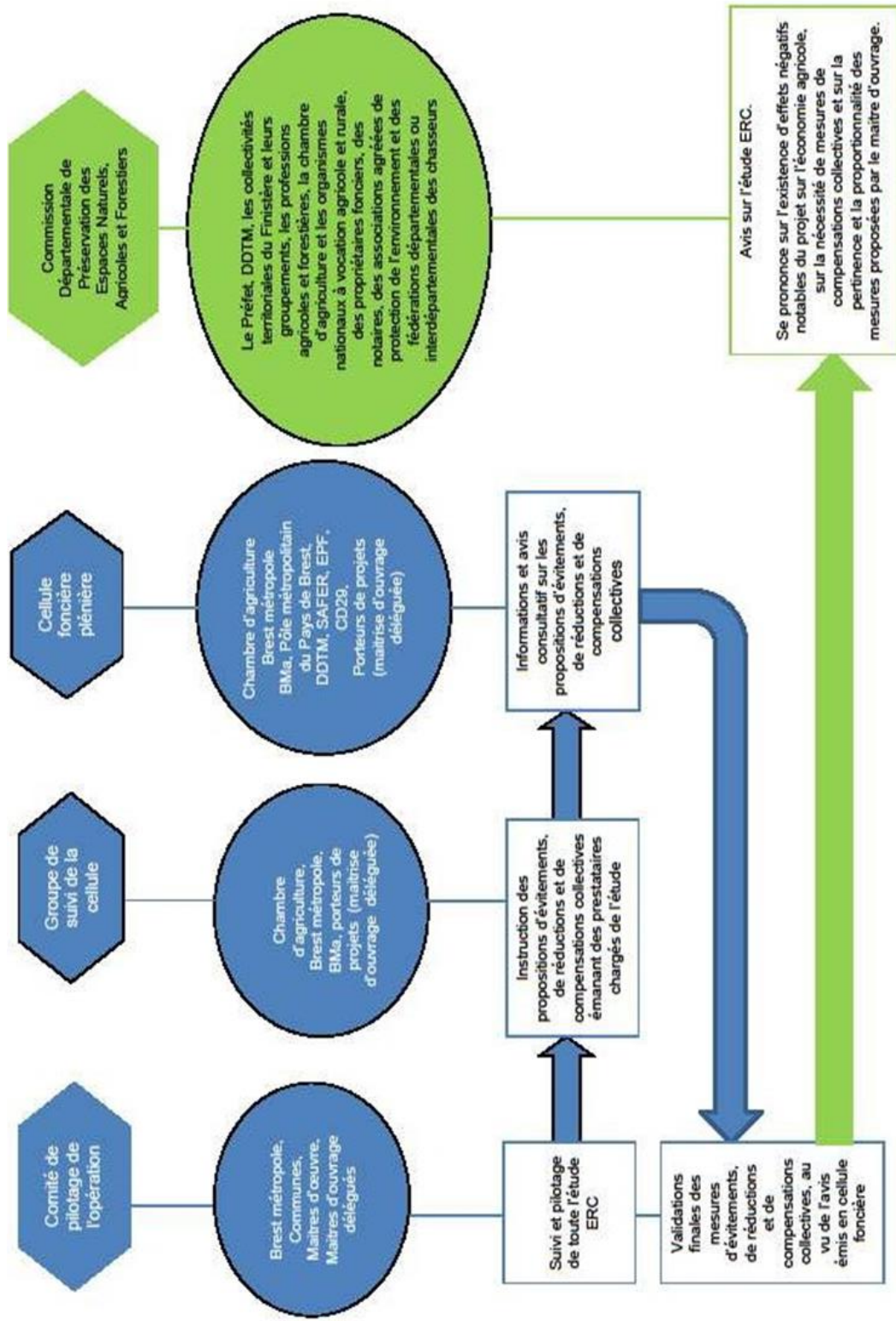
Sa finalité première est de donner de la lisibilité au monde agricole, sur les ouvertures à l'urbanisation des différentes opérations d'aménagement et donc du phasage des pertes de foncier, en permettant ainsi d'enclencher un travail lié aux compensations, et, ceci s'entendant dans un contexte de gestion économe du foncier.

Les études « Eviter, Réduire, Compenser » en matière agricole constituent un des axes de travail de la cellule foncière. En effet, elle est le lieu de partage et de mise en cohérence de ces différentes études sur le territoire métropolitain.

Ainsi, elle prend connaissance des éléments des études préalables agricoles, est le lieu de présentation des études « Eviter, Réduire, Compenser » et donne son avis sur les propositions d'évitement, de réduction ainsi que sur les mesures éventuelles de compensations collectives.

Les propositions qui lui sont soumises sont préalablement instruites par un groupe de suivi composé de représentants de la Chambre d'agriculture et de Brest métropole.

Toutes les études « Eviter, Réduire, Compenser » du territoire devront suivre le schéma de gouvernance, validé par la cellule foncière (schéma ci-après).





Dans le cadre du suivi de la présente étude ERC, la cellule foncière s'est réunie le 6 juillet 2021. Des éléments de l'étude ERC ont pu être partagés et validés :

- La délimitation du périmètre perturbé.
- Les effets négatifs et positifs du projet sur l'économie et l'activité agricole.
- Les mesures de compensations collectives en portant attention aux propositions du groupe de travail agricole. L'instance de concertation locale est force de proposition. Le porteur de projet est décisionnaire.

Par ailleurs, dans le cadre du travail mené par la cellule foncière, un groupe de travail technique a été mis en place afin de s'accorder sur une méthode partagée.

En effet, le décret ne précise pas la méthode d'application des études ERC, pour l'identification du périmètre perturbé, l'évaluation de l'impact économique du projet, la typologie de mesures de compensation, de candidats éligibles, de critères, de modalités de financement, de gouvernance...

Aussi, ce groupe a travaillé à la définition d'une méthodologie pour la réalisation des études ERC agricoles sur son territoire pour :

- La délimitation du périmètre perturbé
- Le calcul de l'impact du projet sur l'économie agricole du périmètre perturbé
- Le calcul du montant de compensation à réinvestir dans l'économie agricole
- L'identification des mesures de compensation

Ce groupe permet également le suivi technique des études ERC et la mise en cohérence des différentes études. Ce groupe soumet des propositions à la cellule foncière, notamment dans le choix de la méthodologie à appliquer (définition du périmètre perturbé, méthode de calcul...) et dans le choix des mesures de compensations collectives, en s'appuyant sur les propositions issues du groupe de travail agricole.

La méthodologie appliquée à la présente étude ERC, a été validée par la cellule foncière de Brest métropole. Considérant que la mise à jour de 2024 entraîne des modifications moindres et pour des contraintes calendaires l'étude actualisée sera représentée qu'en groupe de suivi de la cellule foncière au mois d'octobre 2024.

2/ L'appui d'un groupe de travail agricole

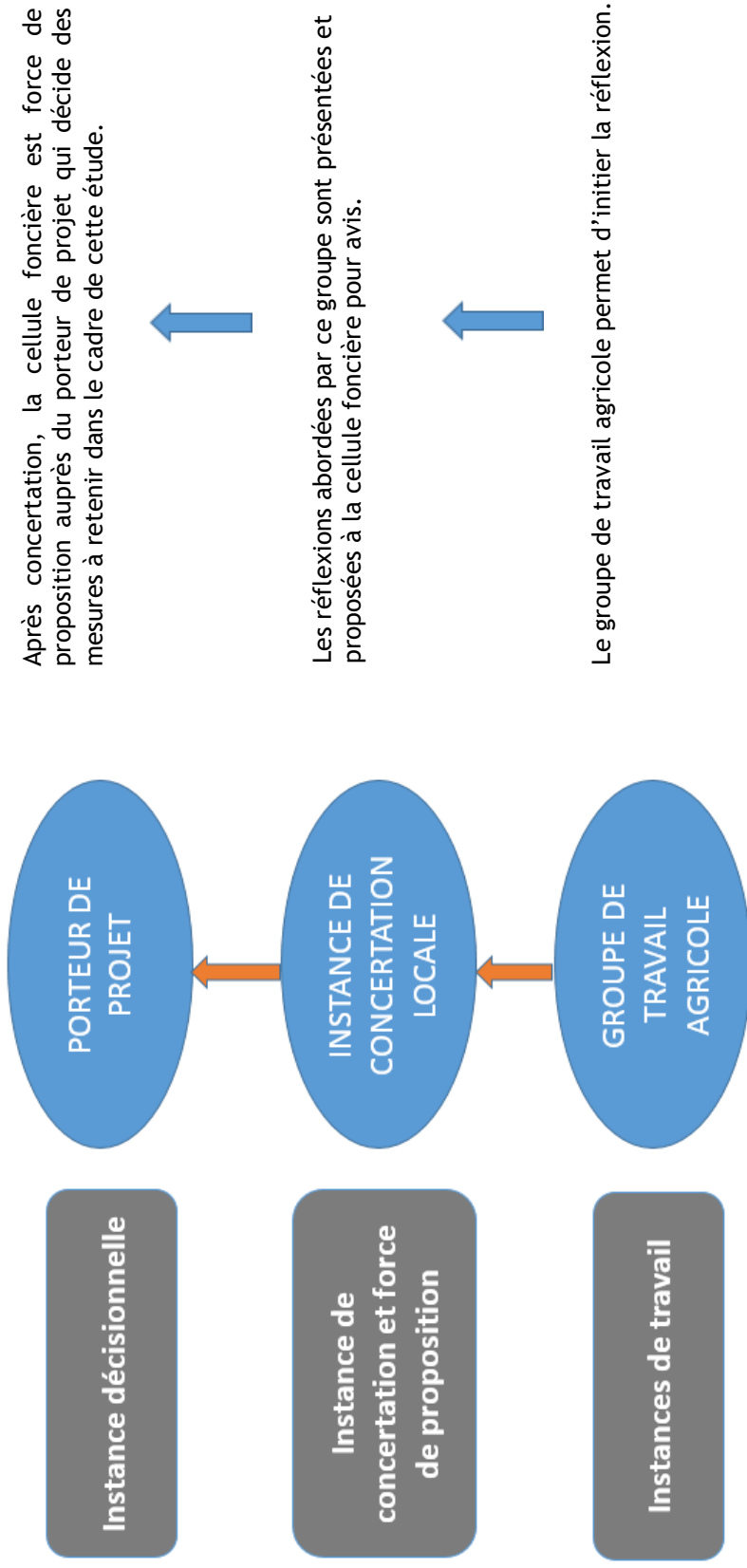
Pour appuyer et amender la réflexion, un groupe de travail constitué de représentants de la profession agricole, au niveau local (représentants de CUMA, des différentes productions exercées sur le territoire...) a été constitué.

Ce groupe référent est intervenu afin d'identifier les dynamiques et projets agricoles du territoire qu'il pourrait être pertinent d'initier dans le cadre des mesures de compensations collectives.

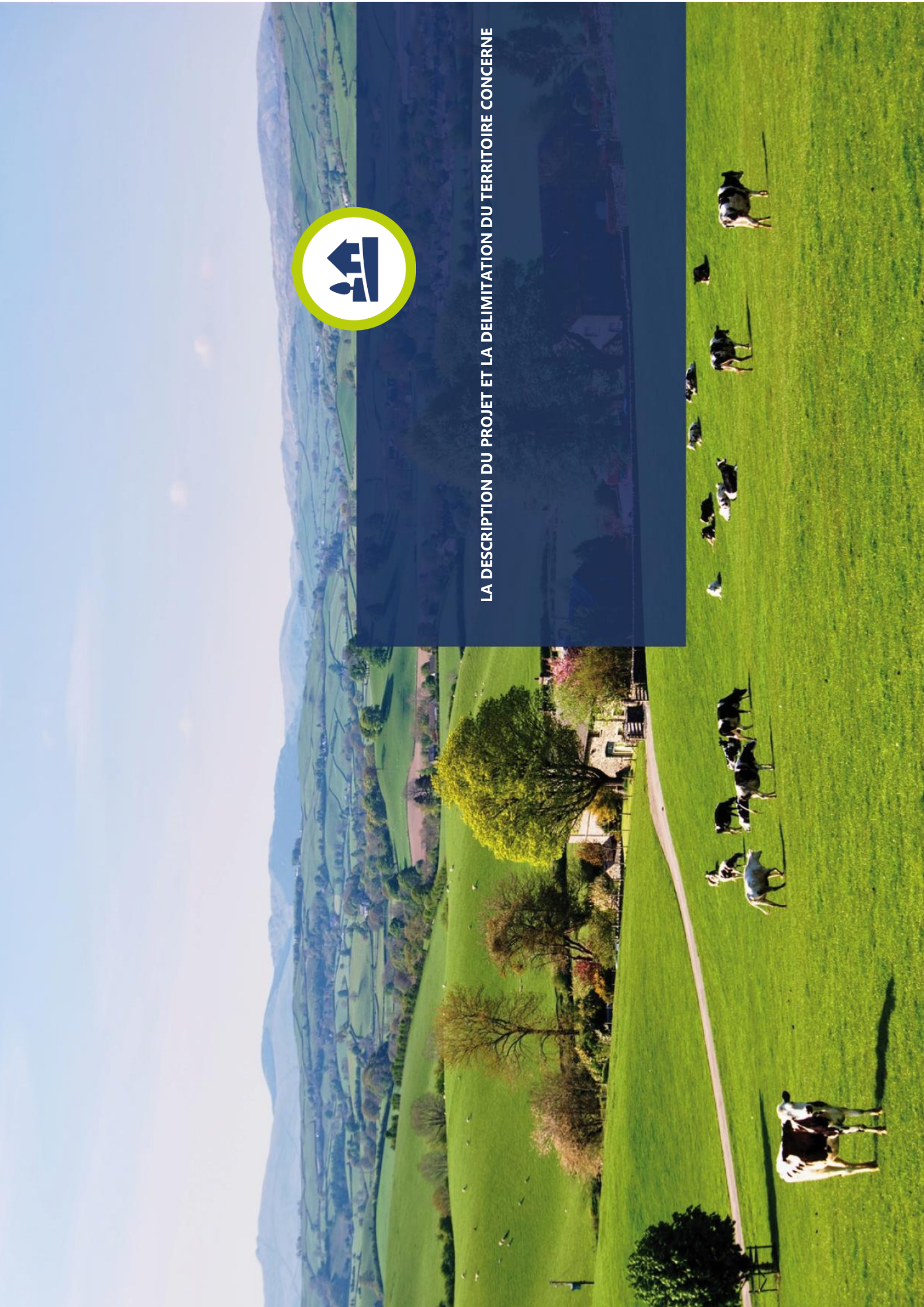
La Chambre d'agriculture de Bretagne a réuni ce groupe de travail le mardi 06 juillet 2021.



Méthodologie mise en place dans le cadre de la réalisation des études ERC en cours sur Brest



L'appui de cette cellule foncière et de ce groupe de travail agricole permet d'aboutir à une étude partagée et validée au niveau local.



LA DESCRIPTION DU PROJET ET LA DELIMITATION DU TERRITOIRE CONCERNE





A-LA DESCRIPTION DU PROJET

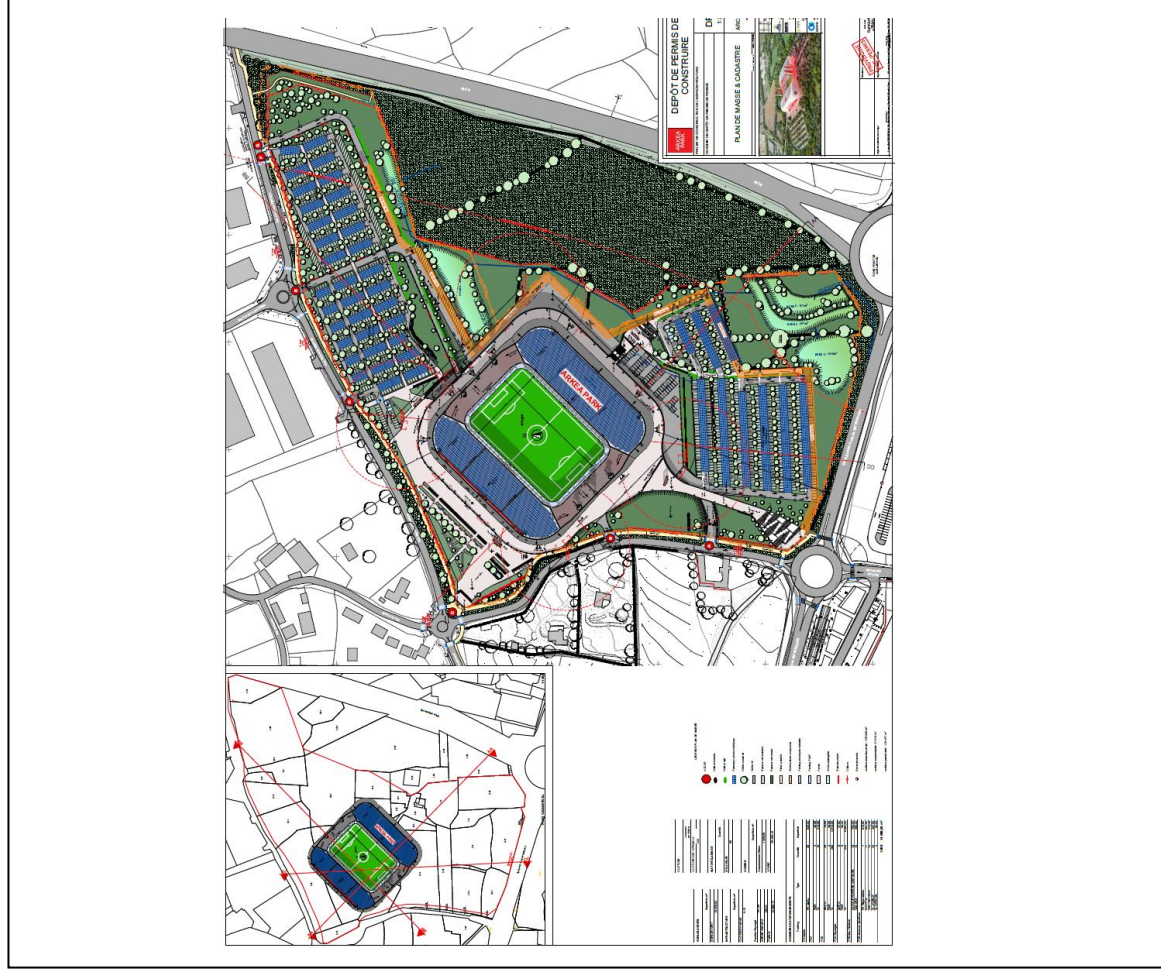
1/ La localisation du projet

1.1 La localisation du projet sur le territoire





1.2 L'emprise et la délimitation précise du projet





2/ Origine du projet

Au début des années 80, l'entraîneur du Stade Brestois souhaitait une rénovation de l'actuelle enceinte du stade Francis Le Blé. L'incendie du Palais des Arts et de la Culture en 1981 a changé la priorité. Les années 90 ont vu le Brest Armorique déposer le bilan et l'équipe chuter de plusieurs divisions, rendant caduque le projet jusqu'à l'accession du Stade Brestois en Ligue 2 en 2004. Les dirigeants du club relancent donc en 2017 l'idée d'un nouveau stade.

Un premier projet est esquissé en 2018 sur cette parcelle de 17 ha situé au Frountven. Plusieurs éléments relevant de l'écologie et de l'urbanisme ont abouti à une modification du projet dévoilé à la presse en mars 2022 puis en 2024, avec notamment la part des surfaces imperméabilisées qui sont tombées de 65 à 18% entre les deux projets et la prise en compte d'une partie du terrain où il existe de fort enjeu écologique.



Premier projet de 2018



Projet Actuel

3/ La cohérence du projet avec les documents supra-communaux

Le SCoT approuvé en 2018 rappelle que « Le territoire propose une offre relativement complète en termes d'équipements métropolitains. Certains d'entre eux ont un large périmètre de rayonnement, notamment les pôles reconnus du Pays, dans le domaine de la recherche scientifique maritime ou de la santé. Des équipements touristiques de qualité, identifiés sur la scène nationale (Océanopolis par exemple), participent également à la renommée de la métropole.

Néanmoins, certains de ces équipements souffrent parfois d'un déficit d'image et de difficultés d'accessibilité par les réseaux de transport en commun.

Le maintien de ce niveau d'équipements métropolitains, l'amélioration de leur desserte et leur mise en valeur sur la scène nationale constituent ainsi **un enjeu**, afin d'améliorer la visibilité de la métropole au niveau national et d'accroître son attractivité.

De plus, le territoire apparaît bien fourni en termes d'équipements structurants, qui irriguent l'ensemble du Pays, au niveau local. Le maintien de ce bon niveau d'équipements constitue un autre objectif du SCoT, bien que le diagnostic illustre un certain manque d'intégration de ces éléments dans le tissu urbain. La recherche d'une **meilleure implantation ou d'une accessibilité renforcée** de ces installations permettrait cependant de faciliter l'émergence d'une gestion mutualisée et d'un réseau d'équipements structurants réfléchis et dimensionnés à l'échelle des bassins de vie. »



B- LES EXPLOITATIONS IMPACTEES PAR LE PROJET

Le périmètre du projet d'aménagement du stade brestoïsis fait 21.4 ha. Pour autant toute cette emprise ne fera pas l'objet d'une urbanisation, une partie d'environ 6,6 hectares étant conservée sera mobilisée afin de répondre aux enjeux écologiques du secteur et y réaliser les mesures compensatoires du projet.

Sur la surface concernée par le projet 16.38 ha sont déclarés au Registre Parcellaire Graphique de 2022 par deux exploitations différentes. Après interprétation de la vue aérienne, 0.6 ha sont cultivés mais non déclarés à la PAC. Considérant ces éléments, la surface potentielle agricole impactée par le projet est de **16.38 ha**. Cette surface perdra toute vocation agricole une fois le projet du stade Brestoïsis réalisé.

Le projet de création du nouveau Stade brestoïsis sur la commune de Guipavas s'inscrit aussi dans le cadre de la politique d'aménagement et de développement portée par Brest Métropole.

À ce titre, le PLU de Brest Métropole, approuvé le 20 janvier 2014 précise les orientations de la métropole en terme d'équipement sportifs de haut niveau :

« En matière de sport de haut niveau, un constat partagé a été effectué sur l'adaptation de deux équipements importants situés sur la ville de Brest, le stade Francis Le Blé et la salle Marcel Cerdan, qui ne répondaient plus aux critères nécessaires à leur utilisation par des équipes professionnelles et à une fréquentation par un public croissant, tant en termes qualitatifs, que de capacité d'accueil.

Au-delà des possibilités de rénovation et de développement sur place, notamment du stade Francis Le Blé, le projet de ligne 1 du tramway a été l'occasion de mener une réflexion de fond sur la localisation à terme de ce type d'équipements, et de positionner notamment : le projet de Brest Arena (en cours), au cœur de la rive droite le long de la ligne de tramway ; un emplacement pour la localisation d'un grand équipement dans le secteur du Froulven au nord de la station Porte de Guipavas, bénéficiant d'une accessibilité exceptionnelle par une diversité de modes de déplacements à l'échelle du Pays de Brest. »

Dans le PLU actuel (dernière procédure approuvée le 22 mars 2024, le secteur est classé au sud en zone 2AUS où sont admises les constructions et installations liées au fonctionnement ou rayonnement métropolitain et au nord du projet en zone 1AUL où sont admis les équipements sportifs ou de loisirs.



Le tableau ci-dessous présente les principales données concernant les deux exploitations impactées par le projet ayant fait une déclaration PAC en 2022.

L'exploitation n°1 a son siège localisé sur la commune de Guipavas. Elle exploite une surface de 105 ha déclarée au RPG2022, localisée sur les communes de Gouesnou et de Guipavas. Cette exploitation est spécialisée en production laitière. 2 associés travaillent sur l'exploitation. A moyen terme, un jeune pourrait être susceptible de s'installer sur l'outil existant. Au RPG 2022, elle déclarait une surface de 10.79 ha dans le périmètre du projet du stade Brestois.

L'exploitation n°2 a son siège localisé sur la commune de Guipavas. Elle exploite une surface d'environ 150 ha orientée en production laitière. L'essentiel de son parcellaire est localisé sur la commune de Guipavas. L'exploitant est installé à titre individuel. Le chef d'exploitation est âgé de 48 ans. Au RPG 2022, elle déclarait une surface de 5.87 ha dans le périmètre du projet du stade Brestois.



Section	Numéro	Contenance (en m ²)
G	420	9130
G	423	8170
G	430	7220
G	544	5990
G	548	3291
G	549	1904
G	553	3030
G	556	7257
G	557	7370
G	559	10510
G	561	3518
G	714	370
G	715	4902
G	716	1760
G	828	594
G	829	1016
G	857	819
G	858	146
G	859	2327
G	860	1288
G	862	6072
G	863	78
G	864	619
G	865	661
G	1514	5000
G	1515	4715
G	1630	900
G	1631	3185
G	2134	27
G	2135	3004
G	2136	156

G	2137	4552
G	2138	90
G	2139	3876
G	2140	170
G	2141	10826
G	2143	1525
G	2173	12004
G	2174	1585
G	2176	3080
G	2180	16400
G	2186	60
G	2187	5759
G	2188	6836
G	2191	111
G	2196	5714
G	2199	967
G	2203	27438
G	2204	2775
G	2208	5337
Superficie totale de l'emprise du projet et du foncier pour la compensation (ha)		21.4
Superficie totale déclarée au RPG 2022 (ha)		15.78
Superficie travaillée mais non déclarée RPG 2022 (ha)		0.6
Superficie totale soustraite à l'agriculture dans le cadre du projet (ha)		16.38





C- LA JUSTIFICATION DU PERIMETRE PERTURBÉ RETENU

Les textes réglementaires ne précisent pas les critères permettant d'identifier les caractéristiques d'un périmètre à retenir.

Cette délimitation se fait donc sous la responsabilité du maître d'ouvrage, au cas par cas, selon le projet et ses caractéristiques, les types de production, les filières ou les circuits de commercialisation existants, les signes de qualité ...

Principe validé par la cellule foncière de Brest Métropole :

- Commune(s) assise(s) du parcellaire des exploitations impactées par le projet

Les exploitations, qui subissent un impact (direct ou indirect) sur leur foncier disponible, pourraient être amenées à rechercher du foncier à proximité des parcelles qu'elles exploitent aujourd'hui, impliquant une pression foncière plus forte sur ces secteurs et un premier niveau de perturbation sur le territoire.

Ainsi, la dispersion du parcellaire des exploitations impactées par le projet est retenue comme critère pour délimiter le périmètre perturbé.

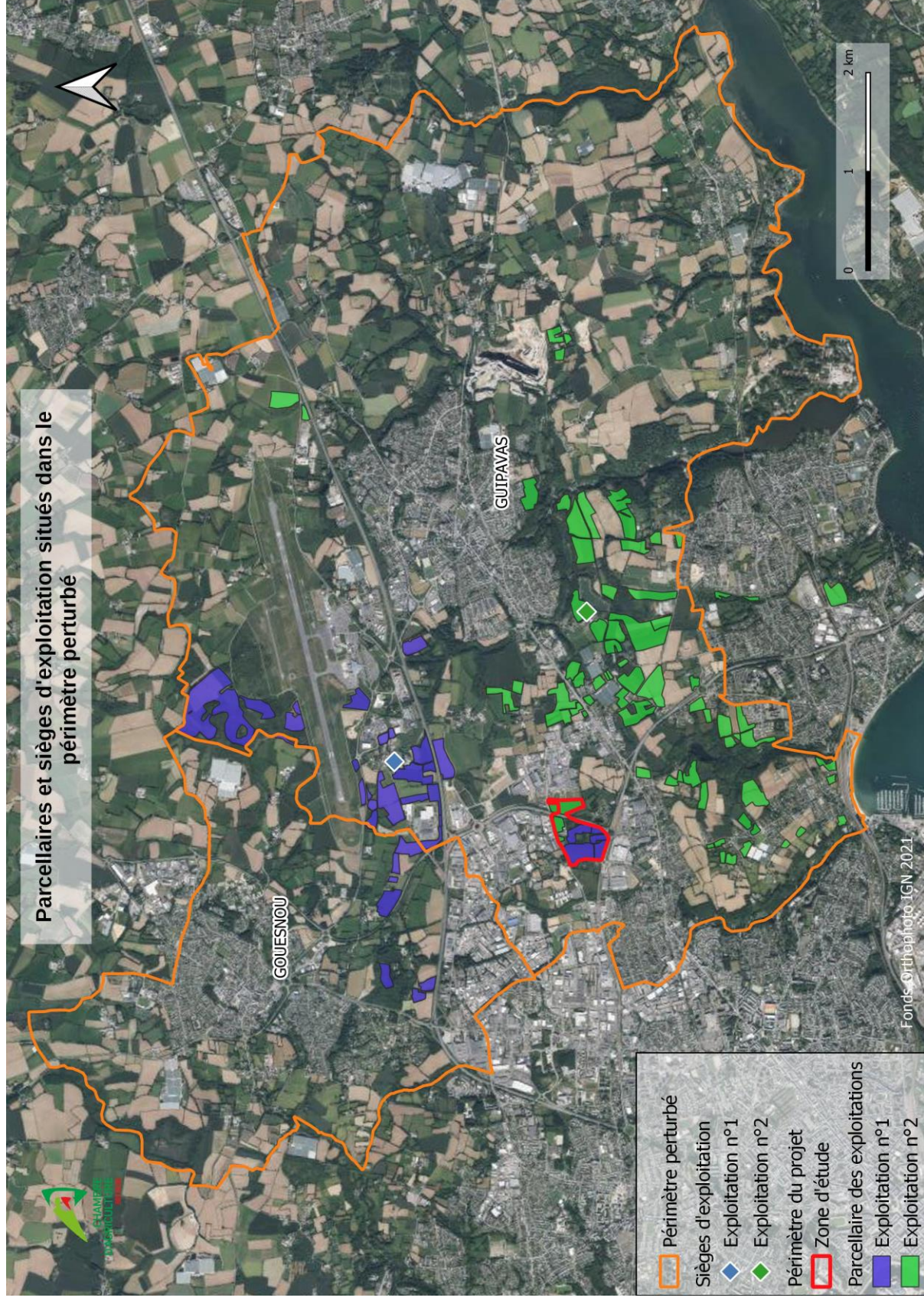
A partir de ce critère, l'objectif est de définir un territoire agricole cohérent dans le fonctionnement des exploitations et dans la caractérisation de l'activité agricole.

Comme précisé précédemment, le projet implique une emprise foncière de 21,4 ha de terres dont 18.2 ha sont exploités par ces exploitations.

Ces exploitations totalisent une SAU (Surface Agricole Utile) de 253.47 ha dont les surfaces sont réparties sur les différentes communes du territoire comme suivant :

Commune	Surface (ha)	Pourcentage
GOUESNOU	14.62	5.77
GUIPAVAS	237.09	93.54
LE RELECQ-KERHUON	1.76	0.69
Total général	253.47	100

L'étude de la répartition du parcellaire des 2 exploitations impactées par le projet, met en évidence les 2 principales communes sur lesquelles 99.31 % du parcellaire des exploitations impactées est localisé : GOUESNOU et GUIPAVAS. Après analyse de ces éléments, compte tenu de la dispersion du parcellaire des exploitations impactées et également dans l'objectif de définir un territoire agricole perturbé cohérent, sont retenues comme formant le périmètre du territoire perturbé, les communes de **GUIPAVAS et GOUESNOU**. Ces communes concentrent la majorité du parcellaire des exploitations impactées et permettent de définir un périmètre cohérent dans le fonctionnement des exploitations agricoles.



Ce périmètre perturbé a une surface d'environ **5 621 ha**, dont environ **2 329 ha** de Surface Agricole Utile soit **41.4 %** de la surface du périmètre occupé par l'agriculture.



L'ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DE L'ECONOMIE AGRICOLE DU TERRITOIRE
CONCERNE





A- LA MAIN D'ŒUVRE AGRICOLE

1/ A l'échelle de Brest métropole

L'agriculture sur Brest métropole peut être précisée à partir des profils de territoire et la mise à jour du diagnostic agricole réalisés en 2023, par la Chambre d'agriculture de Bretagne.

Ainsi, 194 exploitations agricoles sont en activité représentant 244 chefs d'exploitations dont 55 femmes. Brest métropole compte 807 chefs d'entreprise et salariés agricoles permanents.

 244 chefs d'exploitation agricole

	EPCI		Bretagne	
	Eff.	ETP	Eff.	ETP
Chefs d'exploitation	244	249	36 424	31 377
dont femmes	57	nd	9 693	nd
Salariés agricoles permanents	563	531	12 648	10 944
Saisonniers et salariés occasionnels	1 521	434	39 275	4 750

ETP : équivalent temps plein
nd : non disponible

Source : RA 2020

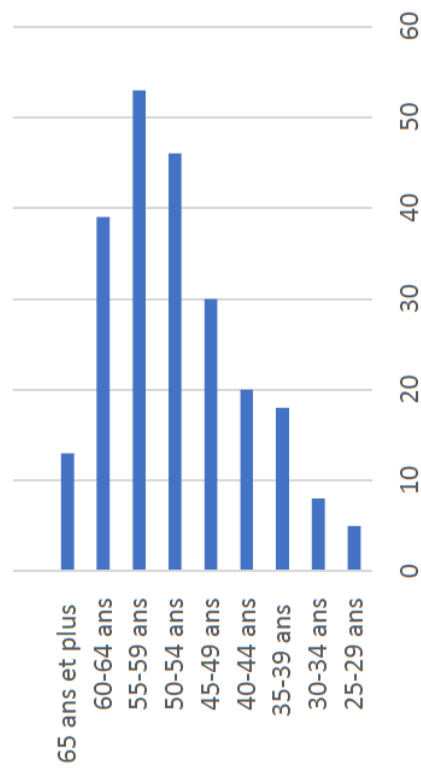
Le nombre d'exploitation agricole et de chef.fe.s d'exploitations reste stable au fil des années. Mais les exploitations ont de plus en plus recours à de la main d'œuvre salarié.

A l'échelle du territoire métropolitain, le nombre de salariés agricoles est plus important que le nombre de chef.fe.s d'exploitations et associés. Ce chiffre peut s'expliquer par la présence de serres, entreprises agricoles à forte main d'œuvre salariée.

Par ailleurs, sont recensés sur la métropole, 6 établissements dans le secteur des industries agroalimentaires (IAA) comptant 20 salariés ou plus. Ces 4 établissements totalisent 270 salariés.

La mise à jour du diagnostic agricole nous précise également la répartition des chefs d'entreprise par tranches d'âge. Ainsi, d'après ces données, 64 chefs d'exploitation partiraient en retraite dans les 5 prochaines années (âgé(e)s d'au moins 57 ans), soit 25 % de l'ensemble des chef.fe.s d'exploitation du territoire métropolitain.

Répartition des exploitants par classes d'âges
Brest métropole 2023





2/ A l'échelle du périmètre perturbé

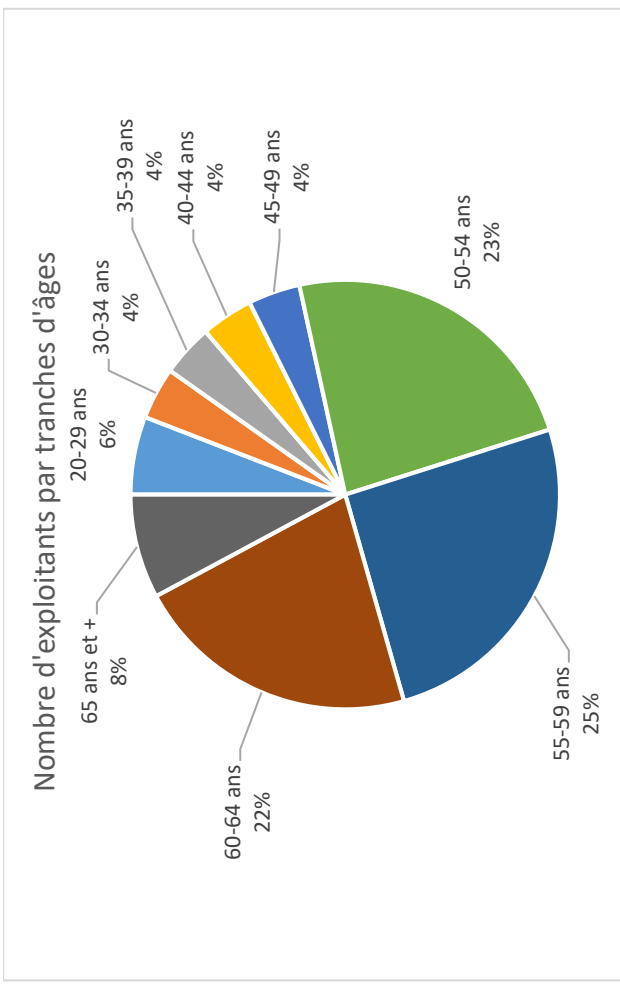
	Périmètre perturbé	Brest Métropole	Rapport Périmètre perturbé/ BM
Ches d'exploitation	65	244	29
Salariés agricoles	194	419	46
Salariés en IAA	207	804	26
TOTAL	467	1451	32

Source : *Chambre d'agriculture de Bretagne (2023)*

D'après les données Chambre d'agriculture Bretagne suite à la mise à jour du diagnostic agricole, il nous est également possible, sur le périmètre perturbé, de préciser la répartition des exploitants en fonction de la classe d'âge.

53 % des exploitants (35) sont âgés de plus de 55 ans et seront concernés par un départ en retraite dans les 5 à 7 prochaines années.

Le graphique ci-dessous précise la répartition des âges des exploitants en pourcentage.



La classe d'âge la plus représentée est celle des 55-59 ans et plus. 55 % des exploitants ont plus de 55 ans.

L'enjeu du renouvellement des générations et de la transmission est fort sur ce territoire, soumis par ailleurs à une forte pression urbaine, susceptible de compliquer les projets d'installation.

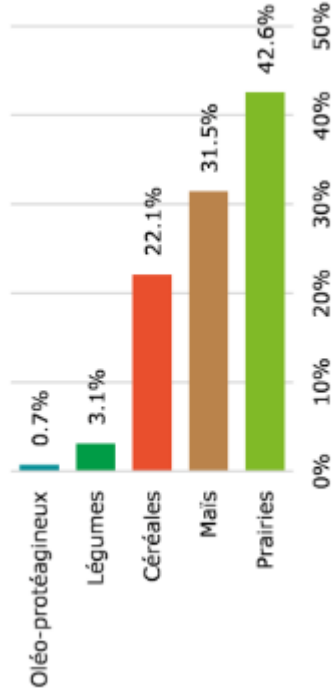


B- LA DESCRIPTION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE

1/ A l'échelle de Brest métropole

Brest métropole a une superficie totale de 218 km². Avec une SAU de 7464 ha^{2*}, l'activité agricole met en valeur 34 % de ce territoire.

Utilisation des surfaces agricoles



Source : RPG 2021

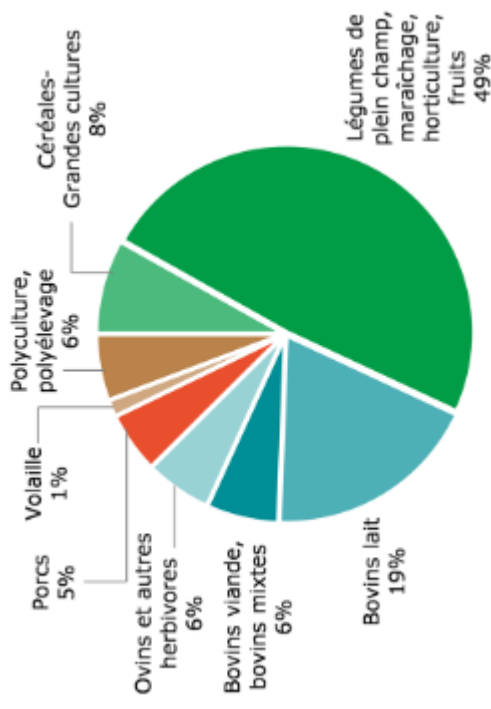
Par ailleurs, le territoire compte 134 ha de surface de serres-verte (source BDTopo IGN2021), les serres sont majoritairement présentes sur les communes de Plougastel-Daoulas, Guipavas et Le Relecq-Kerhuon.

Ainsi 49 % des exploitations du territoire métropolitain exercent une activité maraîchère. 51 % des exploitations sont des élevages, en majorité des élevages laitiers.

L'analyse de l'assolement confirme cette tendance : 42.6 % de la SAU est destinée aux prairies, permanentes ou temporaires, permettant le pâturage des élevages bovins.

Par ailleurs, 53.6 % de l'assolement du territoire métropolitain est destiné à la production de céréales ou maïs, également destinés à l'alimentation des élevages.

Exploitations selon la production principale



Source : RA 2020

Nombre d'élevages	EPCI	Bretagne
Ayant des bovins	64	14 105
dont ayant des vaches laitières	47	9 898
Ayant des porcs	19	4 168
Ayant des volailles	8	3 522

Source : RA 2020

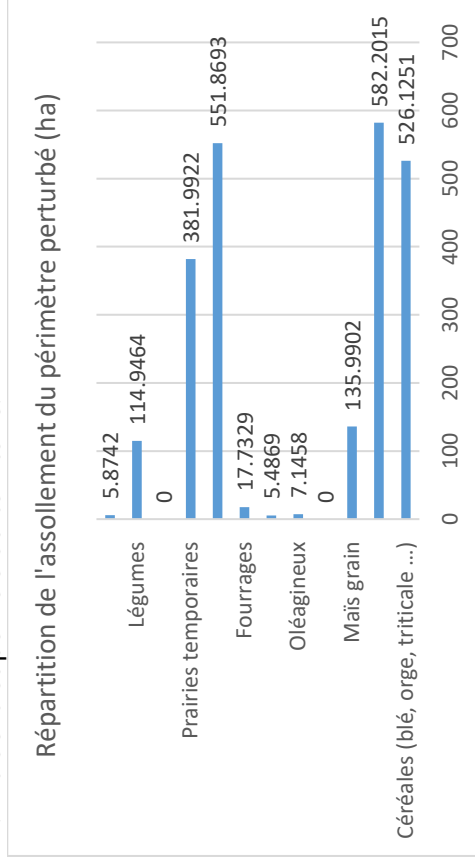
² D'après le RPG 2022 et la mise à jour du diagnostic agricole de 2023



Par ailleurs, nous identifions 40 exploitations recensées en agriculture biologique sur Brest métropole (Agence bio 2021 (y compris les exploitations en conversion)).

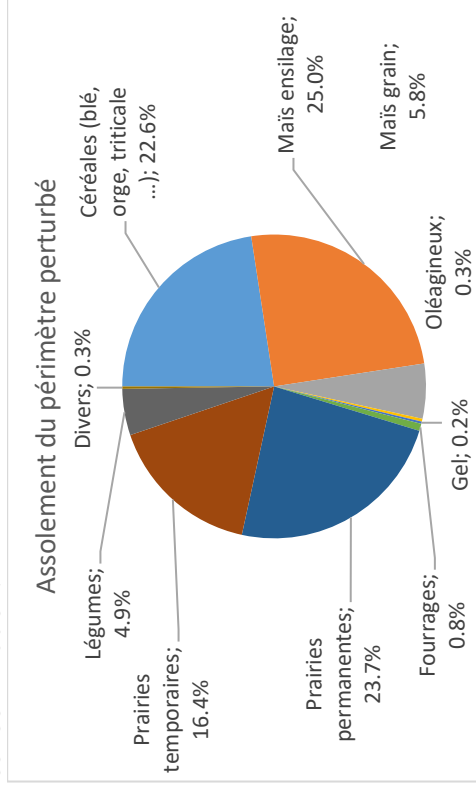
2/ A l'échelle du périmètre perturbé

La superficie du périmètre perturbé est de 5 621 ha. La SAU déclarée sur le périmètre perturbé (d'après les données du Registre Parcellaire Graphique de 2018) est de 2329 ha, soit 41.4 % de la superficie du territoire.



D'après la répartition de l'assolement sur le périmètre perturbé, 40 % de la Surface Agricole Utile déclarée sur le territoire perturbé est occupé par des prairies permanentes ou temporaires et 53% pour la production de céréales et maïs. Ces productions sont principalement destinées à l'alimentation des élevages.

Notons que par ailleurs 4 % de l'assolement, soit 97 ha, est destiné à la production de pommes de terre de consommation.



25.71 ha sont déclarés en agriculture bio sur le périmètre perturbé, soit 1.09 % de la SAU du périmètre perturbé. 90% de ces surfaces en agriculture biologique sont en prairie permanente ou rotation longue ou temporaire. Ce sont ainsi 6 exploitations identifiées en agriculture biologique sur ce périmètre, essentiellement en maraichage (d'après les données recensées par la Chambre d'agriculture).



Concernant les productions, le diagnostic agricole mis à jour en 2023 sur le territoire de Brest métropole permet d'identifier 46 sièges d'exploitation (principaux ou secondaires) sur le périmètre perturbé dont principalement :

- 18 ateliers tomates ou légumes ou maraîchage
- 17 ateliers laitiers
- 11 exploitations en viande bovine
- 2 ateliers porc
- 6 ateliers « autres » (culture uniquement, chiens et chats, équidés, apiculture...)

Par ailleurs, 17 exploitations sous serres-verres sont identifiées en 2023 sur les communes de Gouesnou et Guipavas, pour plus de 45 ha de surfaces de production, principalement en tomates, surfaces ne faisant pas l'objet de déclaration PAC.

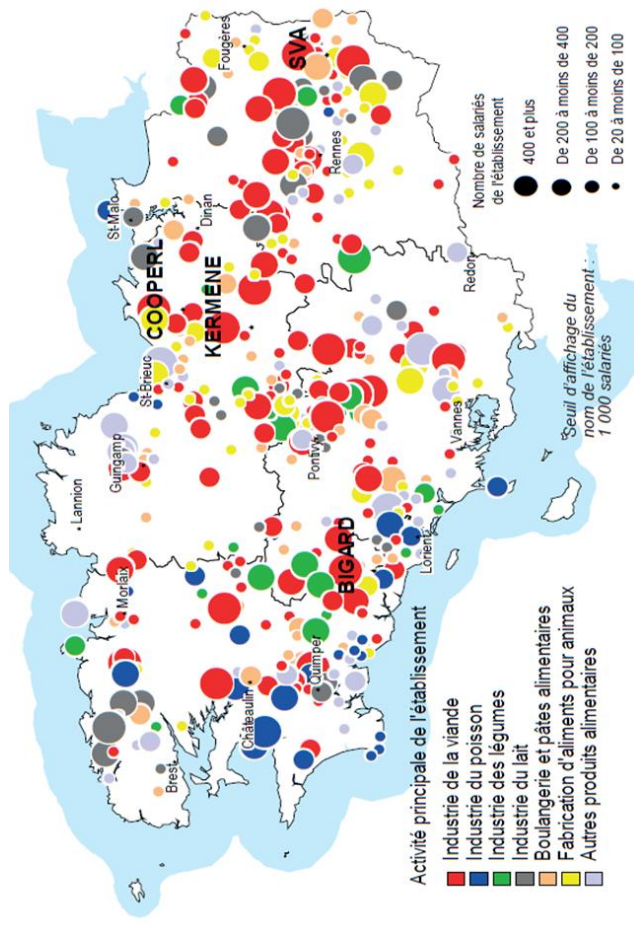
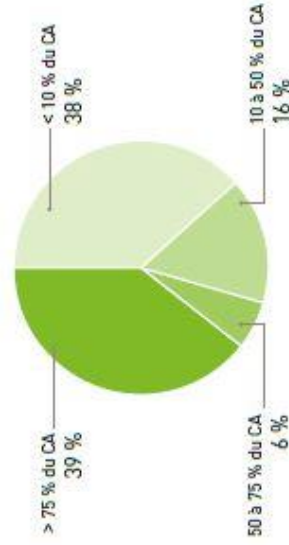


C-COMMERCIALISATION PAR LES EXPLOITANTS

1/ A l'échelle de la Bretagne

Première région agricole de France, notamment pour les productions animales (lait, viande bovine, porcs...), la Bretagne est également la première région agroalimentaire d'Europe avec 6 700 établissements agroalimentaires, qui représentent 7 % de l'emploi régional. La carte ci-contre présente la répartition des principaux acteurs des filières agricoles à l'échelle de la Bretagne.

Le graphique ci-dessous présente, à l'échelle de la Bretagne, la répartition du chiffre d'affaires des exploitations agricoles issu des circuits courts (données RGA 2010). Ainsi, pour 39 % des exploitations de Bretagne commercialisant tout ou partie de leur production en circuit court, plus de 75 % du chiffre d'affaires est issu de ce mode de commercialisation.



Par ailleurs, les entreprises Agro-Alimentaire en Bretonnes représentent 19 319 millions d'euros de chiffre d'affaires. Source : DRAAF Bretagne – Chiffres clés – Insee, SSp, Clap 2016





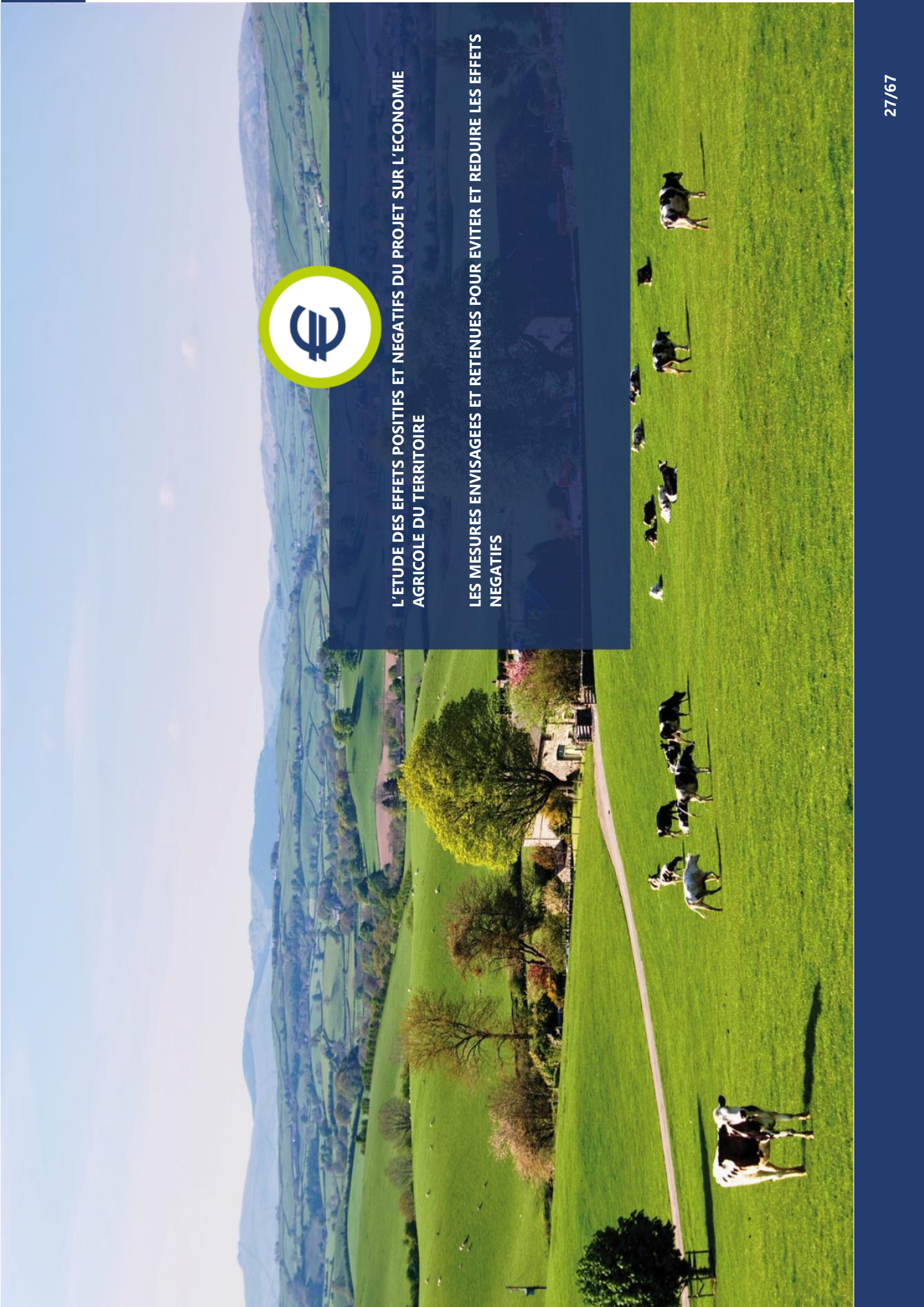
2/ A l'échelle de Brest métropole

D'après les données Chambre d'agriculture de Bretagne, 53 exploitations agricoles localisées sur Brest métropole, commercialisent régulièrement, tout ou partie de leur production, en circuits courts, soit 22 % des exploitations du territoire. Plus de la moitié de ces exploitations est localisée sur la commune de Plougastel-Daoulas.

3/ A l'échelle du périmètre perturbé

A l'échelle des communes de Gouesnou et Guipavas, nous identifions 8 exploitations qui vendent tout ou partie de leurs productions en circuit-court. Un site de réception de commandes en ligne de produits fermiers est également localisé sur la commune de Gouesnou. Le mode principal de commercialisation se fait via les coopératives ou entreprises agro-alimentaires du territoire (EVEN, TRISKALIA, PRESTOR, SAVEOL, ...).

Les données de l'observatoire économique et social des filières agricoles et agroalimentaires en Bretagne (Chambre d'agriculture de Bretagne) permettent d'identifier les entreprises agro-alimentaires localisées sur les communes du périmètre perturbé. Ainsi 4 principales entreprises sont identifiées sur le territoire et emploient environ 207 salariés.



L'ETUDE DES EFFETS POSITIFS ET NEGATIFS DU PROJET SUR L'ECONOMIE
AGRICOLE DU TERRITOIRE

LES MESURES ENVISAGEES ET RETENUES POUR EVITER ET REDUIRE LES EFFETS
NEGATIFS



A- LES EFFETS DIRECTS, POSITIFS ET NEGATIFS, DU PROJET

Des retombées positives possibles liées aux emplois générés par la zone :

Le développement de l'emploi est estimé à une centaine d'emplois directs. La création de la zone permettra le maintien et le développement de l'emploi pour les populations locales qui peuvent « rester au pays », ce qui contribue au maintien des commerces et activités du territoire et des services administratifs existants.

Ce développement économique peut avoir quelques retombées sur l'activité aux exploitations agricoles qui pratiquent l'accueil à la ferme et/ou la vente directe. Mais cet effet sera limité.

La construction du nouveau Stade Brestois va aussi entraîner la requalification de l'ancien stade, surement en opération immobilière génératrice de nouveaux logements. Ainsi, en étoffant une clientèle locale, la croissance de la population sur ce territoire, dont une partie peut faire le choix de relocaliser sa consommation d'alimentaire, peut être une opportunité pour les exploitations engagées ou souhaitant s'engager dans la transformation et la vente directe de leur production. Cette croissance de population peut également permettre de valoriser les filières longues de proximité.

Des retombées négatives liées à la perte de surface de production :

Par l'urbanisation de surfaces à vocation agricole, le projet de création du Stade Brestois impactera directement le fonctionnement des exploitations concernées/ Le projet implique une emprise de 17ha de terres aujourd'hui exploitées en cultures ou prairies par 2 exploitations. Pour maintenir leur niveau de production, ces exploitations pourront être amenées à rechercher du foncier sur le territoire, impliquant une pression foncière plus forte.

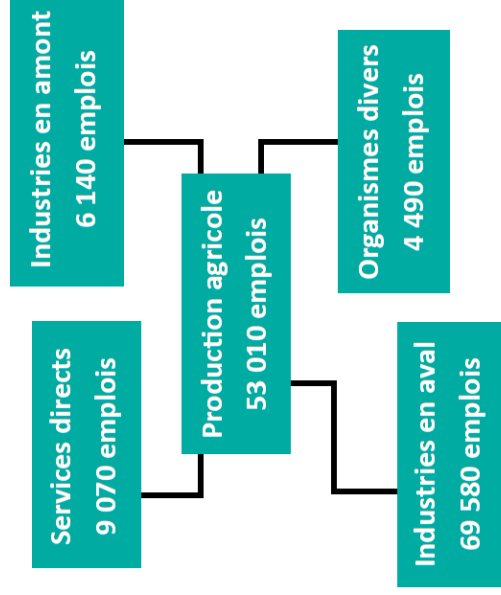
Parallèlement, il a été identifié dans le cadre de l'étude d'impact environnementale que des mesures de compensation écologique seront mise en place sur le foncier non utilisé pour le projet, à savoir six hectares environ. Sur ces six hectares seront aménagés des surfaces en fiches et fourrés, en herbes ainsi qu'en petits bois bosquets. Il y sera planté aussi environ 1.5 km de haies en plus de celles existantes.



B- LES EFFETS DU PROJET SUR LES FILIERES AGRICOLES

L'impact « filière » du projet sur l'activité agricole, peut être évalué, notamment, en fonction de l'impact sur l'emploi et de l'impact financier sur l'économie agricole.

1/ L'évaluation de l'impact du projet sur l'emploi agricole



Les filières agricoles et agroalimentaires bretonnes totalisent 142 290 emplois directs répartis entre la production agricoles (37 %), les industries en amont et en aval de la production (53 %) ainsi que les services directs à la production agricole et agroalimentaire et les organismes divers au service de l'activité agricole (10 %).

Ces 142 290 emplois représentent 10 % de l'emploi total breton.

L'emploi de 23690 exploitations agricoles bretonnes a été examiné : 1 exploitation agricole en Bretagne générale près de 6 emplois directs dans les filières agricoles et agroalimentaires².

Emplois générés par 1 exploitation agricole

En production agricole _____	2.2
Dans les services et organismes divers _____	0.6
Dans les industries en amont et en aval _____	3.2
Total des emplois _____	6

La superficie moyenne d'une exploitation bretonne est de 62 ha (source : RGA 2020).

L'exploitation bretonne moyenne représente 62 ha et emploie 6 personnes.

La disparition d'environ 16.4 ha de terres agricoles peut être schématiquement traduite par la disparition de :

6 emplois x 16.4 ha / 62 ha = 1.6 emplois dans la filière, à productivité et valeur ajoutée constante.



2/ L'évaluation financière globale des impacts du projet

Dans le cadre des différentes études ERC en cours et à venir sur le territoire de la métropole Brestoise, une méthode a été proposée par le groupe de travail constitué à cet effet, composé de Brest métropole, Brest métropole Aménagement et de la Chambre d'agriculture. Cette méthode, concernant notamment le calcul de l'impact agricole et du montant à réinvestir dans l'économie agricole, a été présentée et validée par la cellule foncière de Brest métropole, en charge du suivi et force de proposition dans la réalisation des études ERC.

La méthode de calcul retenue par la cellule foncière de Brest métropole et validée par la DDTM du Finistère fait intervenir le PBS dans le calcul de l'impact sur l'économie agricole. Cette méthode permet de mesurer l'impact que représente une perte de foncier, sur l'économie agricole d'un territoire.

« Les coefficients de PBS représentent la valeur de la production potentielle par hectare ou par tête d'animal présent hors toute aide. Ils sont exprimés en euros. »³

Principes validés par la cellule foncière de Brest métropole :

- Prise en compte des productions principales exercées sur le territoire perturbé à partir de la PBS calculée par l'Agreste à l'échelle de chaque commune : calcul de la perte de production agricole annuelle sur la base du Produit Brut Standard (PBS) moyen à l'hectare. Prise en compte dans le calcul des productions exercées par les exploitations dont le siège est situé sur les communes concernées.

³ <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/methodon/N.3/lsearchurl/listeTypeMethodon/>

- Prise en compte des filières aval par application d'un coefficient : **CA agroalimentaire = 1.54 * CA agriculture**
- Prise en compte de la durée théorique de perturbation (**10 ans**)
- Calcul du montant de compensation à réinvestir dans l'économie agricole par la prise en compte du lien entre l'investissement et la valeur ajoutée à reconquérir :
1 euro investit génère 8.4 euros de valeur ajoutée agricole.

L'évaluation de l'impact financier que le projet d'aménagement du stade Brestoises est susceptible de provoquer sur l'économie agricole du périmètre perturbé, est réalisée à partir du calcul de l'impact direct, basé sur le Produit Brut Standard, que représente la perte de 16.38 ha de terres agricoles.

Le calcul de l'impact financier global prend également en compte l'impact indirect du projet sur l'économie agricole.

Ce calcul passe par différentes étapes précisées ci-dessous.

2.1 Identification de l'assolement type existant sur le périmètre perturbé

L'évaluation financière globale des impacts générés par la disparition de 16.38 ha de terres agricoles est réalisée à partir des productions exercées sur les communes du périmètre perturbé.

En effet, les données du PBS par commune fournies par l'Agreste sont définies à partir des productions exercées par les exploitations dont le siège est situé sur la commune.



Cette méthode permet de prendre du recul par rapport aux cultures en place sur les parcelles directement impactées par le projet, qui résultent des choix individuels des exploitants en matière d'itinéraires techniques.

Dans le cas présent, il s'agit bien de regarder ce que pourraient produire les 16.38 ha en proportion de l'économie générale de l'agriculture du territoire.

2.2 Évaluation de la perte annuelle de potentiel agricole territorial

L'évaluation de la perte annuelle de potentiel agricole additionne l'impact annuel direct et l'impact annuel indirect.

Calcul de l'impact annuel direct

Il s'agit de calculer la perte de production agricole annuelle impliquée à terme par l'urbanisation de la zone, sur la base du Produit Brut Standard (PBS) moyen à l'hectare.

Issu du règlement communautaire N°1242 /2008 du 8 décembre 2008, le PBS est un coefficient standard à caractère volontairement structurel, calculé en moyenne sur plusieurs années. Les coefficients utilisés pour la première fois en 2010 ont été calculés en moyenne sur 5 ans pour les années 2005 à 2009 (coefficients « 2007 » pour qualifier l'année centrale de cette moyenne). Ces coefficients sont fixes pour une certaine période afin de conserver la classification des exploitations qui en découle et ne pas la rendre trop sensible aux variations conjoncturelles de la valeur des productions⁴.

Ce PBS moyen à l'hectare pour le périmètre perturbé résulte des données transmises par l'Agreste des PBS par commune.

Les données PBS des communes du périmètre perturbé, présentées ci-dessous, sont issues des données du recensement agricole 2020, consultable sur le site de l'Agreste⁵.

Tel que précisé précédemment, l'utilisation de cette source Agreste permet de prendre en considération l'ensemble des productions exercées par les exploitations dont le siège est situé sur le périmètre d'étude, productions hors sol comprises.

Recensement agricole 2020			
Communes	PBS 2020 (milliers d'euros)	SAU 2020 (ha)	PBS/SAU (€/ha)
GOUESNOU	7 512 000.00 €	416	18065
GUIPAVAS	25 536 000.00 €	2117	12062
			Moyenne €/ha 15063.5

L'impact annuel direct de l'opération est estimé à :
15 063.5 € x 16.38 ha = **246 740 €**

⁴ Source : Ministère de l'agriculture, service de la statistique et de la prospective
⁵https://stats.agriculture.gouv.fr/cartostat/#=indicateur&stru_2020_1_pbs20&t=A02&view=map/15



Calcul de l'impact annuel indirect :

Il s'agit de calculer les impacts directs sur les filières (aval). Selon les données issues de l'INSEE et d'Agreste, le chiffre d'affaire en agro-alimentaire est celui de l'agriculture multiplié par un coefficient de 1,54.

Par conséquent, pour les 16.38 ha concernés :

L'impact annuel indirect de l'opération est estimé à :
 $246\ 740\ € \times 1,54 = 379\ 980\ €$

Total de l'impact annuel, direct et indirect :
 $246\ 740\ € + 379\ 980\ € = 626\ 720\ €$

3/ La durée et les investissements prévisibles pour résorber la perte économique

3.1 *Durée théorique de perturbation et perte de valeur ajoutée associée*

En France, selon les régions et la nature des productions, la durée de reconstitution du potentiel économique agricole est estimée entre 7 et 15 ans. C'est la durée nécessaire pour que le surplus de production généré par un investissement couvre la valeur initiale de cet investissement.

En Bretagne, au vu de la réduction des terres agricoles et des natures de production dominantes (élevage), particulièrement tributaires des règles de préservation environnementales (notamment liées à l'épandage), la Chambre régionale d'agriculture propose de retenir **une durée de 10 ans**.

Par conséquent la perte de valeur ajoutée agricole liée à la disparition des 16.38 ha sera de :

Perte de potentiel agricole territorial :
 $626\ 720\ € \times 10\ \text{ans} = 6\ 267\ 200\ €$

3.2 *Investissements théoriques pour compenser la perte de valeur ajoutée*

Il est proposé d'établir un lien entre l'investissement et la valeur ajoutée à reconquérir.

A partir des données du RICA (Agreste), pour 1 € investi, l'activité agricole génère 8.4 € de valeur ajoutée en moyenne sur les années 2016 – 2020⁶.

Il en résulte donc que le montant théorique à investir sur le territoire perturbé sera de :

Montant théorique à réinvestir
Pour 16.38 ha de terres agricoles consommées
 $6\ 267\ 200\ € / 8,4\ € = 746\ 095\ €$

⁶ Calcul Service Économie – Emploi de la Chambre d'Agriculture de Bretagne



Ces calculs et ces montants sont théoriques. Toutefois, ils permettent d'apprécier la proportionnalité des mesures compensatoires retenues.

4/ Les effets cumulés du projet avec d'autres projets connus

Le territoire de la métropole brestoise est un territoire dynamique. Afin d'en assurer le développement économique mais également répondre aux dynamiques démographiques, le territoire s'est doté d'une stratégie de développement. Cette stratégie se décline, entre autres, au sein du territoire métropolitain, par l'aménagement de secteurs dédiés aux activités économiques et/ou à l'habitat, à plus ou moins long terme. Le territoire est ainsi en constante évolution.

A travers, un groupe de travail partenarial, Brest métropole a mené des réflexions quant à la prise en compte des impacts cumulés, afin d'harmoniser les pratiques et les différentes politiques du territoire.

Il a été fait le choix d'appliquer les mêmes préconisations qu'imposées pour les études ERC sur l'ensemble du département. Ainsi les impacts cumulés du projet, objet de la présente étude et des autres aménagements sur le périmètre d'étude sont estimés en tenant compte des projets impactant plus de 5 ha de terres agricoles.

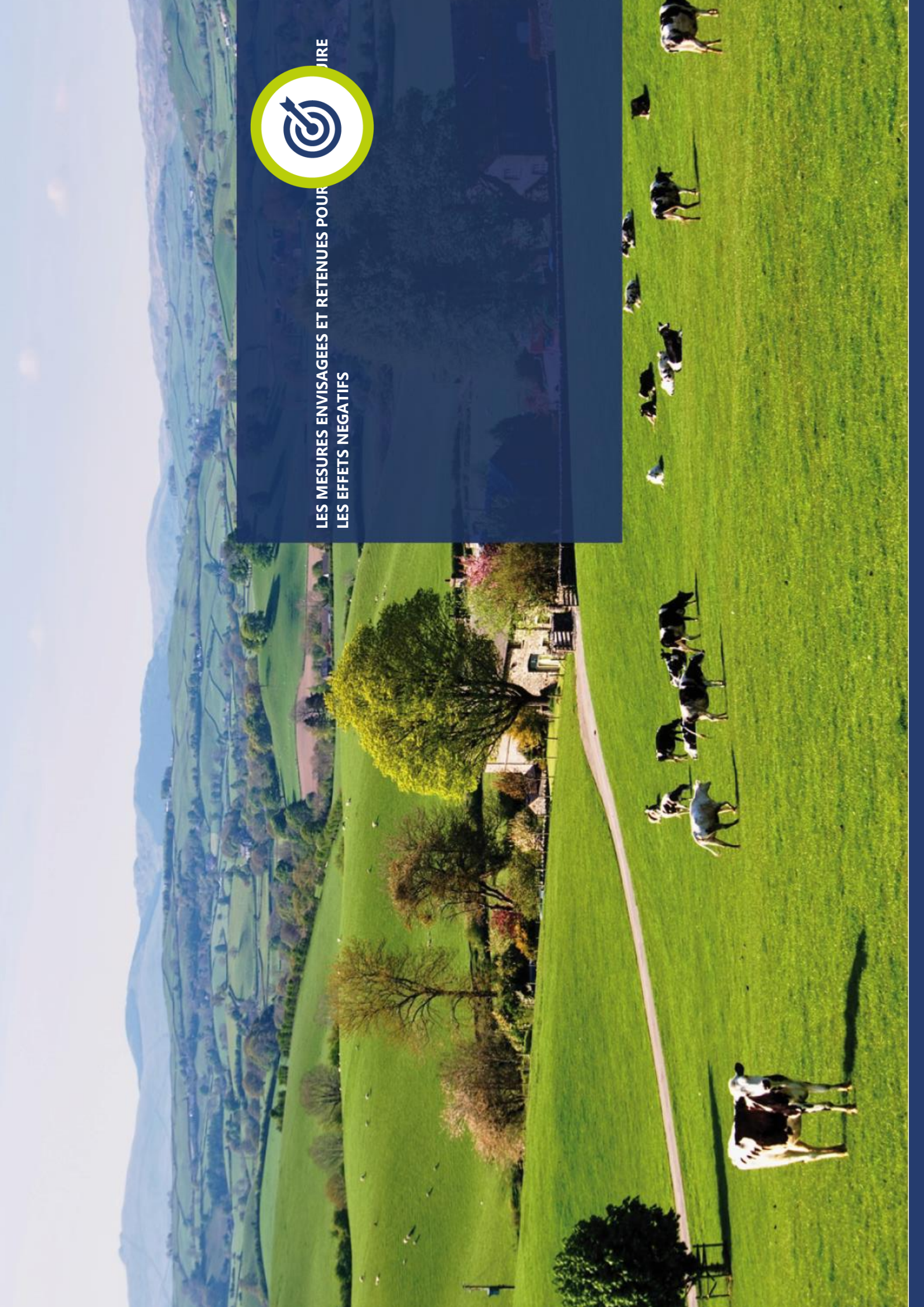
De plus, dans un souci de cohérence avec les mesures appliquées en cas de compensations individuelles, régi via le « protocole d'indemnisation des exploitants agricoles évincés à l'occasion d'acquisitions immobilières poursuivies dans le cadre d'une procédure d'expropriation » du Finistère, dont l'objet vise l'indemnisation du préjudice direct subi par l'exploitant, les impacts cumulés seront recensés sur les 5 dernières années précédant le projet.

Le recensement de ces projets se fait à partir des avis délivrés par l'autorité environnementale, depuis l'apparition du décret d'application de la loi LAAF, en août 2016. (<https://www.mrae.developpement-durable.gouv.fr/avis-rendus-sur-projets-r306.html>)

Ainsi, sur le périmètre perturbé préalablement défini, deux projets de plus de 5 hectares de terres agricoles ont été recensés depuis 2019.



Intitulé du projet	Type de projet	Commune concernée	Date de l'avis de l'AE	Détails du projet	Superficie de terrain agricole impactée
Aménagement d'un quartier d'habitations dans le secteur de Kerampir	Construction de logements	Bohars	MRAE/Août 2019 (absence d'avis)	Création de 311 nouveaux logements	15 ha
Aménagement d'un ensemble mixte tertiaire-habitat dans le secteur de Keradrien	Construction de bureaux et de logements	Guipavas	Pas d'avis disponible de la MRAE mais soumis à étude d'impact agricole	3 lots tertiaires et 5 lots habitat	6.15 ha



LES MESURES ENVISAGEES ET RETENUES POUR
LES EFFETS NEGATIFS





A- LES MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION PAR LES DOCUMENTS SUPRA-COMMUNAUX

1/ Les mesures prises pour éviter la consommation d'espaces agricoles

1.1 *La maîtrise de la consommation d'espace via le SCoT*

La préservation des espaces agricoles, naturels et forestiers constitue un enjeu majeur de la planification et de l'aménagement du territoire au bénéfice d'un développement territorial équilibré et respectueux des différentes composantes des territoires.

Sur le Pays de Brest, le suivi de la consommation d'espace revêt un intérêt particulier, du fait de l'importance physique des espaces agricoles (couvrant plus de la moitié de l'espace) et de la présence d'un environnement de qualité, profondément marqué par la proximité constante avec le littoral. La préservation de l'espace agricole, socle du paysage économique local, représente ainsi un enjeu majeur du projet porté par le Schéma de Cohérence Territoriale du Pays de Brest (SCoT).

Ce document stratégique d'organisation du territoire, prévoit ainsi un objectif global de réduction de 25 % de la consommation d'espaces naturels et agricoles. Tirant le bilan de l'observation de l'évolution réelle de l'occupation des sols sur les dix dernières années, le SCoT a été approuvé par le pôle métropolitain du Pays de Brest, le 19 décembre 2018. Il précise et renforce les modalités de cette modération de la consommation d'espace.

Le SCoT entend ainsi pérenniser l'activité agricole, notamment par le maintien de grands espaces agricoles cohérents et la limitation de la présence de tiers dans l'espace agricole.

Un objectif de réduction de la consommation d'espace de 20 %, au regard du rythme de consommation d'espace des 10 dernières années, est ainsi fixé à l'échelle du Pays de Brest. Les documents d'urbanisme locaux doivent contribuer au respect de cet objectif global, dans le respect des enveloppes foncières définies pour chaque EPCI.

Afin de garantir cet objectif fixé à l'échelle du Pays de Brest, chaque EPCI disposera d'une enveloppe foncière dédiée à son développement (habitat, économie, équipements, infrastructures ...), prévue pour 20 ans, appelée « compte foncier ».

Le SCoT permettra ainsi de traduire l'objectif de ne pas dépasser, à l'échelle de l'ensemble du Pays de Brest, 2 323 hectares de consommation foncière sur 20 ans, soit une moyenne de 116 hectares par an. Ainsi, le SCoT prévoit qu'au minimum 581 ha d'espaces agricoles et naturels seront préservés en 20 ans au regard de la dynamique de consommation d'espace 2005-2015.



1.2 La maîtrise de la consommation de foncier via le PLUi de Brest métropole

La politique de renouvellement urbain, pour éviter la consommation de foncier

La première façon de lutter contre l'étalement urbain est de mobiliser le tissu urbain existant en favorisant son renouvellement. La réalisation de l'objectif majeur du PLU facteur 4 de privilégier le renouvellement de la ville sur la ville pour limiter l'étalement urbain s'observe annuellement par l'analyse de la localisation des logements autorisés.

L'agglomération brestoise doit ainsi réaliser au moins un tiers de sa production neuve en renouvellement urbain, d'après les objectifs fixés par le SCoT. Brest métropole s'engage à réaliser un minimum de 40 % de sa production neuve en renouvellement urbain et ambitionne d'atteindre les 50%. Depuis 2014, année de mise en oeuvre du PLU, les objectifs annuels de production de logement sont atteints (1299 logements autorisés par an entre 2014 et 2022) et réalisés essentiellement en renouvellement urbain. En moyenne, 78 % de la production de la production de logement est réalisé en renouvellement urbain.

L'objectif du PLU est donc largement dépassé, avec un ratio renouvellement/extension urbaine nettement inversé, avoisinant jusqu'à 90 % de la production de logement en 2019.

	2018	2019	2020	2021	2022
Pourcentage de logements autorisés en zone urbaine (U) par rapport aux zones à urbaniser (AU)	75%	87%	81%	85%	86%

L'enveloppe globale des zones à urbaniser définie par le PLUi (zones AU) a été déterminée au regard des besoins de production de logements, de locaux d'activité, d'équipements et d'infrastructure de transport pour les 20 prochaines années, déduction faite des capacités de production dans le tissu urbain existant, sous forme de renouvellement urbain.

Pour l'Habitat, cet objectif est exprimé dans l'Orientation d'Aménagement et de Programmation « Habitat » du PLU de Brest métropole approuvé le 24 janvier 2020, de mobiliser en priorité les opportunités dans la zone centrale (UC) et dans la zone d'habitat résidentielle (UH) par du renouvellement urbain. Ensuite seulement, le complément de la production de logements pourra se réaliser en extension urbaine (zones AU). Par ailleurs, l'OAP « Habitat » précise que « afin de limiter au maximum la dispersion et l'étalement urbain, ces espaces d'extension seront localisés en continuité des espaces déjà urbanisés [...] et devront faire l'objet d'une conception d'ensemble. »



En cohérence avec l'orientation d'aménagement et de programmation habitat, le zonage proposé en zones AUH et AUC doit permettre de produire 650 logements neufs par an (objectif fixé par le schéma de cohérence territoriale), avec une densité minimale de 25 logements par hectare (également fixée par le schéma de cohérence territoriale), en considérant que la moitié de la production est réalisée en extension urbaine, l'autre moitié étant produite en renouvellement urbain (ce qui correspond au niveau de réalisation constaté au début des années 2010, significativement supérieur à l'objectif de 33 % de renouvellement urbain fixé par le schéma de cohérence territoriale).

Le zonage proposé en zones AUE, AUS et AUC doit permettre de répondre aux enjeux de développement économique, tant pour les besoins des activités tertiaires, commerciales, que pour ceux des activités de production artisanale, industrielle, de stockage et de logistique.

Ces besoins ont été appréciés de façon fine par le biais d'une étude prospective (présentée dans le rapport de présentation du PLU_Titre 1 : Choix retenus pour établir le PADD) ayant fait apparaître, sur la base du PLU en vigueur en 2012) :

- d'une part, des capacités foncières suffisantes pour permettre le développement des activités tertiaires, par le biais des opérations d'aménagement déjà engagées ou par le renouvellement urbain ;

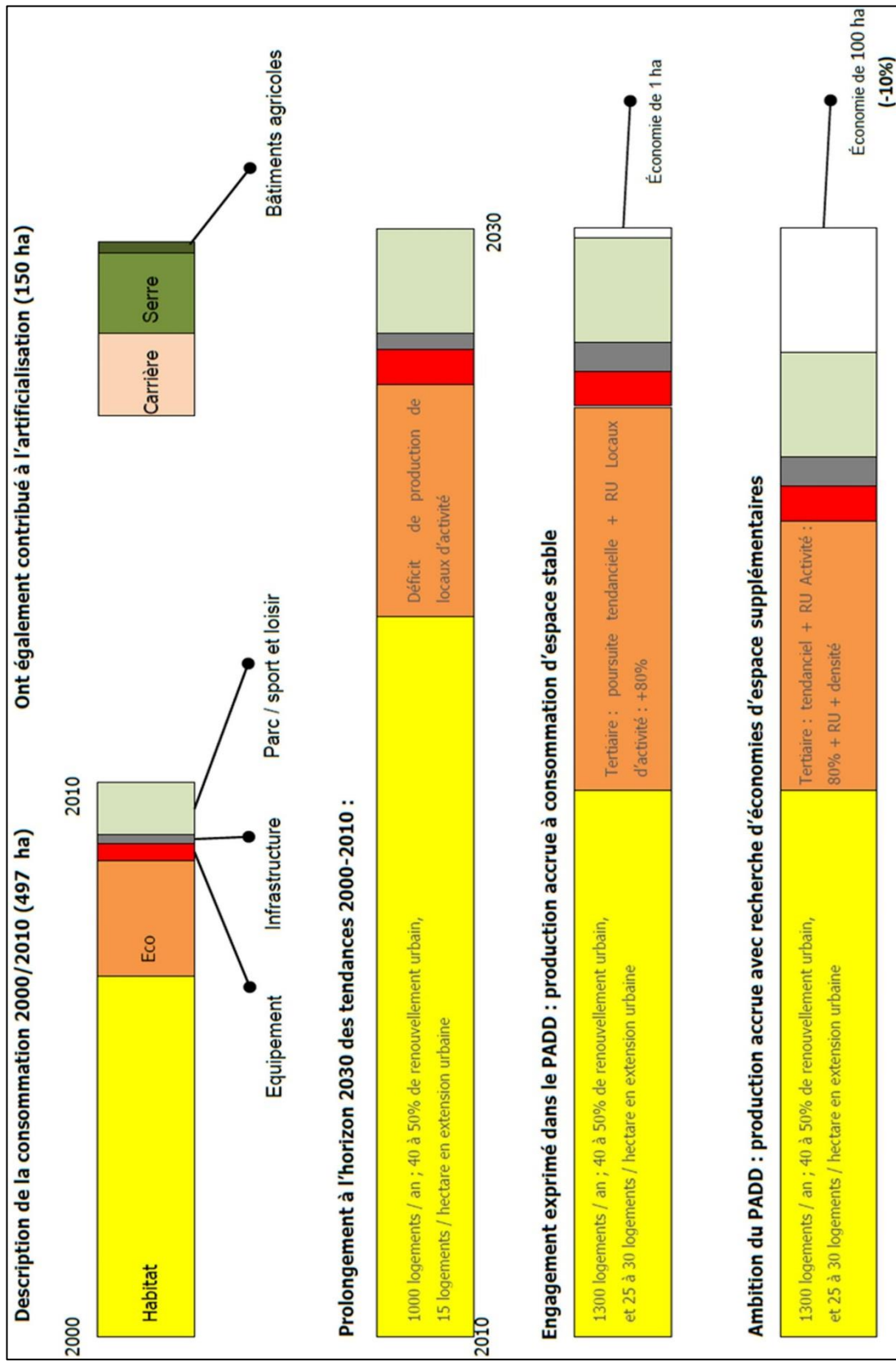
- d'autre part, une insuffisance des disponibilités foncières opérationnelles pour permettre le développement des activités de production, stockage et logistique.

Au regard des objectifs de modération de la consommation d'espace, Brest métropole a donc fait le choix de redéployer les surfaces économisées par les efforts de renouvellement urbain et de densification en matière d'habitat afin d'augmenter les capacités d'accueil d'entreprises de production, stockage, logistique, comme illustré sur le schéma ci-dessous.

Conformément à l'ambition exprimée dans le projet d'aménagement et de développement durables (PADD) du PLU, Brest métropole s'est efforcée d'initier une dynamique de renouvellement urbain et de densification dans les zones d'activité afin de réduire cette perspective de consommation de terres agricoles, naturelles et boisées, de l'ordre de 10%.

L'enveloppe totale, au moment de la révision du PLU, des zones à urbaniser au plan local d'urbanisme représente 1 229 hectares, ce qui correspond à la projection de consommation de terres agricoles et naturelles majorée pour tenir compte des constructions et infrastructures déjà existantes dans les zones à urbaniser et qui, étant déjà artificialisées, n'entrent donc pas dans les projections de consommation (258 ha).

A titre de comparaison, le document d'urbanisme antérieur identifiait 1 700 ha en zone d'urbanisation future (NA).





2/ Les mesures prises pour réduire les impacts sur la filière agricole

2.1 A l'échelle de Brest métropole : Une politique foncière agricole mise en œuvre via la cellule foncière

La politique foncière sur Brest Métropole est mise en œuvre via la cellule foncière, instance partenariale, mise en place en 2012, lieu d'échanges et d'informations entre Brest métropole et le monde agricole, sans caractère réglementaire.

Cette instance permet le partage et la gestion des problématiques foncières existantes sur le territoire de la métropole, en lien, notamment avec les projets d'urbanisation. Elle permet d'assurer entre autres, une veille foncière, dans le but de repérer du foncier de compensation (individuelle) à destination des agriculteurs perdant des terres, dans le cadre d'opérations d'aménagement public.

Elle donne également de la lisibilité au monde agricole :

- ▶ sur les ouvertures à l'urbanisation des différentes opérations d'aménagement (cf. focus suivant)
- ▶ sur le phasage des pertes de foncier,

en permettant ainsi d'enclencher un travail sur la gestion économe du foncier agricole (séquence « éviter, réduire ») ainsi qu'en mobilisant les acteurs du territoire pour une meilleure cohérence et utilité des mesures de compensation en vue de conforter l'économie agricole locale.

Focus sur le maintien sur site des exploitants jusqu'à urbanisation

Ainsi, dans le cadre d'opérations d'aménagement public, Brest métropole se rend propriétaire du foncier nécessaire aux projets. Dans l'attente de la mise en œuvre effective, les agriculteurs qui exploitaient jusqu'alors les parcelles sont maintenus sur site et deviennent locataires de la métropole, via une convention de mise à disposition précaire, jusqu'à l'urbanisation des dites parcelles. La gestion est assurée par Brest métropole et toute problématique y afférant est traitée par la cellule foncière.

Focus sur le tableau de bord des ouvertures à l'urbanisation, outil prévisionnel du phasage de l'ouverture à l'urbanisation des zones AU

L'objet du travail sur ce sujet en cellule foncière est de pouvoir présenter un phasage de l'ouverture à l'urbanisation des zones 2 AU (en extension urbaine), actualisé chaque année. Ce travail a été initié à la demande de la Chambre d'agriculture et est mené chaque année depuis 2016. Ce travail partenarial permet de répondre à plusieurs enjeux :

- En matière de politique foncière et agricole : il vise à donner de la visibilité aux agriculteurs qui exploitent les terrains le cas échéant, ou aux propriétaires de terres cultivées.
- En matière de politique locale de l'habitat : il vise à prendre en compte les objectifs métropolitains et communaux de production de logements fixés par l'OAP Habitat du PLU Facteur 4, et donne de la visibilité aux porteurs de projets privés de construction.



- En matière d'aménagement : il permet de prendre en compte les politiques de développement communales, pour programmer les ouvertures à l'urbanisation dans l'espace et dans le temps.
- En matière juridique et réglementaire : il permet de sécuriser la procédure annuelle de modification du PLU

Le tableau de bord sera présenté au monde agricole, de manière régulière, afin de permettre aux agriculteurs, exploitant du foncier public ou privé d'être informés au fur et à mesure de l'avancée des projets d'aménagement. Des échanges réguliers avec Brest métropole, en lien avec la Chambre d'agriculture et la cellule foncière, permettent aux exploitants d'anticiper leurs mises en culture en fonction de la programmation des travaux d'aménagement. L'objectif de Brest métropole est double : d'une part d'éviter autant que faire se peut, sur son territoire, le développement de friches sur des terres à potentiel agricole, y compris pour des parcelles localisées en zone AU, et d'autre part de limiter aussi longtemps que possible, l'impact des projets d'urbanisation sur le fonctionnement des exploitations.

Le tableau de bord des ouvertures à l'urbanisation permet ainsi d'évaluer la part de production prévisionnelle de logements en nouveaux quartiers de manière pluriannuelle, et de partager avec l'ensemble des acteurs concernés la programmation, et notamment avec les exploitants agricoles (propriétaires ou locataires des terres).

En parallèle, via le tableau de bord annuel des ouvertures à l'urbanisation, Brest métropole donne chaque année de la visibilité quant à la date prévisionnelle d'ouverture à l'urbanisation, sur du foncier privé ou sur des réserves foncières publiques, lesquelles sont systématiquement louées à titre précaire

Cette démarche se fait ainsi en lien étroit avec le modèle d'urbanisation négocié avec les opérateurs privés développé par Brest métropole depuis de longue date, et qui constitue le complément indispensable de l'urbanisation sous maîtrise d'ouvrage publique (ZAC ou concession notamment).

Ce travail s'organise en plusieurs temps :

- Temps 1 : élaboration / mise à jour par les services de la métropole
- Temps 2 : présentation aux Maires / Maires adjoints des communes de Brest métropole
- Temps 3 : présentation aux aménageurs, lotisseurs et constructeurs
- Temps 4 : présentation à la cellule foncière

Ce tableau de bord se traduit concrètement par la réalisation d'une carte actualisée à l'occasion de la modification annuelle du PLU.



2.2 La politique de compensation individuelle foncière : principes et mise en œuvre

Au-delà des objectifs de réduction de la consommation des terres agricoles qu'elle a affichés dans son PLU et traduits dans son zonage comme dans ses actions et opérations d'aménagement, Brest métropole s'est lancée en 2012 dans une démarche innovante visant à compenser, pour tout ou partie, les pertes de foncier des agriculteurs en zones à urbaniser (2 AU).

Le mécanisme est le suivant : Brest métropole se rend propriétaire, par achat amiable ou par préemption via la SAFER, de foncier agricole pérenne (zonage A et N), lequel est ensuite mis à disposition par bail rural aux agriculteurs impactés par les opérations d'urbanisation publiques prévues dans les zones à urbaniser. Les modes d'acquisition de foncier agricole par Brest métropole sont diversifiés et privilégient de plus en plus les démarches amiables et globales (acquisitions globales d'exploitations sans successeur par exemple). Ils s'appuient sur un diagnostic agricole régulièrement actualisé et sur un partenariat étroit et solide avec la Chambre d'agriculture et la SAFER.

L'attribution du foncier, une fois acquis, aux agriculteurs impactés est effectuée de manière concertée en cellule foncière et selon une grille de critères. Les quelques situations les plus complexes (fort taux de surface agricole utile impacté, inquiétudes quant à l'avenir même de l'exploitation...) sont priorisées, notamment dans les parties du territoire métropolitain où l'acquisition du foncier agricole de compensation est la plus contrainte (marché du foncier agricole plus tendu).

2.3 Une politique économique pour développer et accompagner la filière agricole et agro-alimentaire

La direction du développement économique et international de Brest métropole contribue au déploiement et au développement de la filière agroalimentaire au travers d'une série de mesures, ci-après détaillées. Ainsi, au-delà des actions menées en matière d'évitement et de réduction des impacts, la métropole brestoise développe une politique active de soutien.

Soutien à l'installation de nouvelles exploitations agricoles

Afin de favoriser la reprise et le maintien de l'activité agricole sur la métropole, la collectivité s'engage à soutenir l'installation des jeunes agriculteurs par l'octroi d'un dispositif de soutien financier depuis 2018.

Accompagnement aux pratiques durables de la filière

La métropole initie ou accueille des événements grand public et professionnels sur le territoire, permettant de sensibiliser et de renforcer les dynamiques de filières comme l'accueil des rencontres interprofessionnelles d'Initiative Bio Bretagne en 2017 ou le forum circuits courts de proximité en 2012.



Impulser de nouvelles initiatives créatrices d'emploi

Elle accompagne également l'innovation sociale au travers de son appel à projets « Pour une économie sociale et solidaire au Pays de Brest » en finançant de nouvelles initiatives en matière de consommation responsable et de circuits courts depuis 2012. Cette démarche a ainsi pu permettre de soutenir la création d'AMAP, le développement d'une agriculture urbaine (jardins partagés), et un lieu de conserverie alimentaire.

Développer l'attractivité des métiers

Les actions de soutien à la filière agroalimentaire concourent également à renforcer l'attractivité des métiers agricoles en permettant aux différents partenaires (Chambre d'agriculture, association emploi formation, pôle emploi) et entreprises (Savéol) l'organisation d'événements grand public gratuits et ouvert à tous, par une mise à disposition gratuite de l'espace Emploi Orientation Métiers créé au sein des Capucins. Elle s'engage, en parallèle, à relayer l'ensemble de ces manifestations dans le cadre de l'agenda semestriel emploi métiers publié sur le site brest.fr, mais également relayé par la diffusion d'affiches (500) et flyers (8 000) au sein de lieux public du Pays de Brest et auprès des acteurs emploi formation du territoire.

La métropole s'engage au travers de sa stratégie de développement économique à soutenir le maintien de l'activité agricole sur son territoire. Cette politique se concrétise par une implication dans la concertation sur la maîtrise du foncier agricole avec ses partenaires locaux, le soutien au développement des circuits courts et de proximité, la promotion des métiers du secteur agricole et la possibilité de soutenir financièrement l'implantation de nouveaux agriculteurs.

Veiller à l'adaptation de l'enseignement et de la formation supérieure aux enjeux de transition technologiques du secteur

Les exploitations agricoles et les entreprises agroalimentaires du territoire sont modernes et les exploitants aguerris aux évolutions numériques, comme en témoignent les rencontres programmées en septembre 2016 dans la cadre de la French Tech entre le Technopôle Brest Iroise, la Chambre d'Agriculture et Brest métropole.

Il convient toutefois de maintenir l'innovation dans le secteur. La mission « enseignement supérieur et recherche » de Brest métropole veille au maintien et à l'émergence de formations performantes dans l'enseignement supérieur pour les métiers de la filière agroalimentaire proposées par les écoles d'enseignement supérieur, telles l'ISEN et l'ESIAB. Cette veille se traduit par une implication dans une analyse prospective de la filière et de ses besoins, avec les partenaires institutionnels et techniques, dans le cadre d'un territoire géographique élargi (entente entre territoires, de Quimper à Lannion). Un nouveau cursus agri-numérique porté par ISEN est en attente d'une décision ministérielle sur une ouverture prochaine.



Un Programme Alimentaire Métropolitain : un accès pour toutes et tous à une alimentation locale, saine et durable

Le Projet Alimentaire Métropolitain de Brest s'est construit depuis 2018, avec les acteurs de l'alimentation durable : professionnels, associations, habitants... autour d'un objectif commun : permettre à tous les acteurs de l'alimentation de travailler ensemble, pour permettre à toutes et tous d'avoir accès à une alimentation saine et durable, en lien avec les enjeux de souveraineté alimentaire et de préservation de l'environnement. Le PAM soutient des actions en faveur du mieux manger, il a pour ambition de mettre à profit les ressources locales du territoire brestois, riche en production agricoles diversifiées.

Les actions relatives à la réduction des gaspillages environnementaux (mise à jour du diagnostic agricole et recensement des friches agricoles bâties et non bâties), aux initiatives économiques et de gestion du foncier agricole pour l'alimentation durable (renforcement de la cellule foncière, à l'animation de groupes de travail avec les référents agricoles locaux, travail sur les échanges fonciers, l'aide à l'installation de nouveaux modèles économiques/nouveaux projets... : espace test agricole) s'intègre dans l'approche opérationnelle transversale du projet. Un groupe de travail relatif à la « Ville, agriculture et alimentation » a d'ailleurs été créé en avril 2022.

Autres initiatives

Enfin d'autres initiatives permettent également de consolider l'activité économique de la filière (intégration de clauses relatives à l'approvisionnement en produits locaux dans la restauration collective) ou à résorber les besoins de foncier agricole (reconversion des anciennes serres agricoles). Ces mesures font l'objet d'une attention spécifique par les directions de la commande publique et direction de l'écologie urbaine dans le cadre de son PCAET (plan climat air énergie territorial). L'ensemble de ces orientations s'inscrit dans le cadre de la stratégie de développement économique, initiée en 2016, autour des axes suivants :

- Freiner le rythme d'artificialisation du foncier agricole dans le cadre du SCoT du Pays de Brest.
- Favoriser le renouvellement des chefs d'exploitation, et des actifs plus généralement, en agissant sur l'attractivité des métiers agricoles.
- Encourager les investissements allant dans le sens d'un engagement environnemental et sociétal.
- Soutenir les études et initiatives dans le champ de la logistique, visant à accroître les flux d'exportation.
- Favoriser les pratiques agronomiques soutenables, l'agro-écologie et l'agriculture biologique.
- Accompagner les démarches collectives, d'organisation de circuits et d'équipements de proximité, de pratiques innovantes, d'insertion et de reconversion professionnelles
- La possibilité de compenser directement sur certains sites de projet : secteur de compensation dédié, aménagements des accès, agriculture urbaine...



B- LES MESURES D'ÉVITEMENT ET DE REDUCTION PRISES A L'ECHELLE DU PROJET

1/ D'autres secteurs envisagés mais sans desserte immédiate et structurant par les transports en commun

La solution de la modernisation du stade Francis Le Blé a été écartée en raison des contraintes fortes et du bénéfice jugé insuffisant. En effet, les capacités d'accueil du stade actuel et de ce nouveau projet sont similaires (environ 15 000 places). Mais récemment, la sécurité d'accueil est jugée insuffisante par l'UEFA (Union européenne des associations de football)⁷.

D'autres sites en zone urbanisée ou urbanisable ont été envisagés et étudiés (Quelamou, Lavallot, Rody-Coataudon...) mais ils ne présentent pas de desserte immédiate des transports en commun ou de desserte routière structurante.

Au contraire, le site du Froutven est identifié depuis longtemps comme un secteur stratégique susceptible d'accueillir un équipement sportif majeur dans les documents d'urbanisme locaux. Le tout au sein d'un quartier mixte à vocation métropolitaine en combinant activités économiques, un campus de formation, des grands équipements et de l'habitat.

2/ Une localisation cohérente du projet

Le terrain du Froutven sur lequel se situe le projet du stade est aujourd'hui une zone agricole et naturelle enclavée entre le projet de Keradrien à l'ouest, la départementale 205 au Sud avec les centres commerciaux IKEA et LEROY MERLIN, la voie express nationale n°265 à l'est ainsi que la zone industrielle de Kergaradec au Nord.

Ce secteur agricole est donc isolé et présente aujourd'hui des difficultés d'accès à cause de sa situation.

Il avait été évoqué il y a quelques années d'inscrire le projet du Stade dans un programme de stade à l'anglaise c'est-à-dire situé au milieu de nulle part et construire ensuite autour. Ce scénario aurait été largement plus dommageable pour l'activité agricole puisque il aurait généré une urbanisation désordonnée et qui aurait conduit à des extensions dans les années futures.

Ce projet au Froutven évite ce type de scénario et contient l'urbanisation dans ce secteur déjà encadré par d'autres structures artificialisées. Une réflexion a également été menée afin de compacter l'implantation du bâti et de limiter la création de zones artificialisées sur l'ensemble de l'opération.

De plus, la création de cette nouvelle infrastructure regroupe en un seul espace avec du stationnement mutualisé un pôle bénéficiant aux Brestoises toute l'année et des infrastructures publiques permettant l'intégration urbaine du projet.

⁷ « Football : "Une autre enceinte ou se contenter de 5000 places..." Pourquoi le stade de Brest est un sérieux problème pour la Coupe d'Europe » La Dépêche, 22 avril 2024.



Une nette amélioration des transports et des infrastructures sera constatée :

- Encourager le télétravail et communication aux entreprises à proximité
- Informer sur les itinéraires alternatifs et utilisation des Panneaux à Message Variables quelques jours avant le match (x1 PMV sur Mitterrand au niveau d'IKEA et x1 Pont de l'Iroise)
- Bornes information voyageurs Bibus réseau Tram
- Stockage de rames : alerte sur la fréquence nécessaire pour répondre aux hypothèses. Fourche de la ligne donc attention à la surcharge de rames sur le tronc commun...
- Piétonisation du boulevard pour sécurisation des traversées piétonnes et gestion du trafic
- Encourager le covoiturage (avec incitation par porteur de projet)
- Etalement des arrivées et des départs grâce aux activités du pôle de loisir
- Conventonnement avec commerçants pour flécher places de stationnement au sud du stade
- Conventonnement avec entreprises à l'Ouest du stade
- Signalétique stationnement et accès Modes actif
- Gestion des contrôles d'accès (lieux choisis pour demi-tour possibles, gestion des files d'attente, cadence de passage à minimiser pour éviter toute remontée de file et signalétique associée en amont et à l'entrée du site)
- Gestion du stationnement sauvage

3/ Un projet retravaillé depuis 2018

Des mesures de réduction du projet ont été travaillées depuis la première esquisse de 2018.

En effet, entre le premier projet et l'actuel, sur l'emprise de 13ha utilisée pour le projet (les 8 ha restant pour les mesures compensatoires), la part des surfaces imperméabilisées est tombée de 65% à 18%. L'emprise au sol du stade a donc été réduite.

Le porteur de projet cherche aussi à adopter une démarche raisonnée en matière environnementale avec pas moins de 800 m² de panneaux photovoltaïques qui alimenteront directement le stade, complétés par six éoliennes fixées sur le toit.

En outre, le dimensionnement de l'emprise du stade a aussi été réadapté par rapport aux versions de 2018 et 2021. En effet, en France, de nombreux stades sont surdimensionnés. Une erreur souvent stratégique qui a pour conséquence de nuire à l'image des clubs et leur rentabilité. Ce nouveau projet actualisé en 2022 permet d'accueillir une jauge raisonnée à 14 999 places, la programmation annexe d'événements a également été revue à la baisse. L'historique des affluences du SB29 en ligue 1 montre qu'une jauge à 15 000 places est suffisante. Lors de la saison 2019/2020, seule la rencontre avec le PSG a dépassé les 14 000 places vendues.

De plus, le projet a été décalé, sur le terrain d'emprise, vers la limite nord-ouest afin d'éviter au maximum les zones de biodiversité à forts enjeux, en particulier la zone humide, et de limiter l'impact du projet sur les haies existantes.



Le projet tient compte aussi d'un hêtre remarquable, classé au titre d'espace boisé classé (EBC) qui sera préservé en s'intégrant dans le paysage du secteur sans en nécessiter l'abattage.

Le projet a donc été réduit pour s'adapter aux enjeux actuels de lutte contre l'artificialisation des sols. Sur les 21 hectares de l'emprise totale, 8 ha n'ont pas vocation à être urbanisés et serviront de foncier pour l'application des mesures compensatoires. Certes cela ne réduit pas l'impact du projet sur la superficie enlevée à l'agriculture mais cela limite l'artificialisation des sols sur le secteur.

4/ Le maintien d'un entretien des parcelles

Dans le périmètre du projet, des parcelles sont cultivées. Afin de restaurer des habitats favorables aux espèces les cultures seront converties en prairies semées, en prairies mésophiles de fauche et ou pâturées.

En l'état actuel, au sein du périmètre de compensation, un ensemble de 3,30 hectares de cultures est présent et est identifié pour bénéficier de cette mesure de restauration.

La mise en œuvre de pratiques extensives sera impérative, notamment la mise en œuvre de fauche tardive (juillet) avec export de la matière organique, l'absence de traitements phytosanitaires, l'absence d'apport de fertilisants, et mise en œuvre de fauche sympathique (fauche depuis le centre de la parcelle vers les marges).

Le demandeur signera une convention de gestion avec Brest métropole pour faire assurer la gestion par cette dernière, en régie ou par conventionnement avec un agriculteur, ou par intervention d'un prestataire spécialisé. En cas de conventionnement de gestion avec un agriculteur, la période de

fauche sera négociée, au moment de l'élaboration de la convention. Celle-ci devra exclure les mois de mai et juin.

La gestion des prairies par pâturage extensif (ovin) pourra également être mise en œuvre. La charge en bétail devra être compatible avec des objectifs de restauration écologique. Les refus de pâturage ne seront pas fauchés ni broyés afin de reconstituer des petits fourrés favorables aux reptiles et oiseaux. Le contrôle des refus pourra être géré avec des chèvres (caprins), qui consomment des végétaux ligneux et arbustifs.

5/ La conservation de l'activité agricole et jusqu'au lancement des travaux

L'aménageur s'est engagé à conserver l'activité agricole jusqu'au lancement des travaux, et à informer les exploitants des échéances de façon suffisamment anticipée pour éviter les pertes de culture. Les principes d'aménagement retenus permettent ainsi d'inscrire la zone d'activités dans le fonctionnement agricole du site et de conserver, le plus longtemps possible, une activité économiquement viable pour les exploitants concernés en offrant la possibilité aux exploitants de poursuivre leur activité dans le périmètre du projet tant que les parcelles agricoles n'auront pas été aménagées et viabilisées.



5/ La préservation des enjeux agronomiques et naturels du site

La plupart des zones présentant un enjeu fort a été évitée afin notamment de préserver au mieux les zones d'habitats prioritaires pour plusieurs cortèges (zone humide à l'est). Cela passe également par le maintien d'un maximum de haies et des gîtes associés ainsi que la conservation d'un arbre remarquable.

Le confortement de la continuité écologique a aussi été réfléchi dans le projet d'aménagement. Plusieurs zones à enjeux écologiques modéré/fort se situent sur et en bordure de la zone de chantier. Cette délimitation est donc nécessaire pour éviter les impacts sur les milieux sensibles de l'aire d'étude. Il s'agit donc de prévoir des dispositifs de balisage pour matérialiser correctement la zone chantier afin d'éviter tout débordement et tout impacts sur des espèces d'intérêt et des milieux sensibles.



MESURES DE COMPENSATION
EVALUATION DE LEUR COUT
MODALITES DE MISE EN ŒUVRE

MESURES DE COMPENSATION
EVALUATION DES COUTS
MODALITES DE MISE EN ŒUVRE





A- UNE METHODE PARTAGEE ET PARTICIPATIVE

1/ Les principes validés par la cellule foncière pour l'identification des mesures de compensation

Principe : Le maître d'ouvrage se doit d'identifier les mesures à mettre en place pour compenser l'impact du projet sur l'économie agricole du périmètre perturbé

2 typologies d'actions à mener, décidées par la cellule foncière, relatives aux dimensions économiques, environnementales et sociales, sont proposées et assorties d'exemples d'actions possibles (liste non exhaustive).

ACTIONS FONCIERES :

- ✓ **Actions ponctuelles :** Création de chemin d'accès dans les zones aménagées, ou autres travaux permettant de faciliter l'exploitation agricole...
- ✓ **Actions structurantes :** Favoriser les réorganisations foncières au travers de création de réserves foncières et/ou d'échanges fonciers...

ACTIONS ECONOMIQUES :

- ✓ **Actions ponctuelles :**
Travail sur le devenir d'un bâtiment (dont la mise en place d'une filière de récupération et de stockage de plaques amiantées d'anciens bâtiments agricoles)...
Revalorisation de terres non cultivées à ce jour (remise en culture) ...

✓ **Actions structurantes :**

- Accompagnement de projets collectifs (en lien avec les CUMA ou des coopératives agricoles, circuits courts, magasin de vente)...
- Mise en place d'un outil de valorisation des énergies renouvelables...

La liste d'actions reste à préciser en lien avec les professionnels du monde agricole et les partenaires institutionnels.

Un tableau de bord de suivi des actions sera réalisé et un bilan partagé, des mesures mises en œuvre, sera présenté en cellule foncière, tous les ans, en présence des porteurs de projets concernés.

2/ La méthodologie mise en œuvre pour identifier les mesures compensatoires

Afin d'identifier les mesures de compensation collectives pertinentes pour l'activité et l'économie agricole du territoire perturbé, un groupe de travail a été constitué. Ce groupe est composé de représentants de la profession agricole locale à savoir : représentants des filières locales (élevage et cultures), représentants des CUMA, des jeunes agriculteurs...

La réunion de travail s'est tenue le 06 juillet 2021. 10 représentants de la profession agricole ont été conviés lors de cette réunion (représentant de la filière lait, porc, légumes, serres).



Cette réunion a permis d'identifier les besoins des exploitants sur leur territoire et les enjeux auxquels doit et devra répondre la profession agricole dans les années à venir.

Cette rencontre a également été l'occasion de faire le point sur les différentes propositions émises précédemment par le groupe de travail dans le cadre d'études ERC réalisées précédemment sur ce même territoire.

B- LES MESURES ENVISAGEES ET RETENUES

1/ Les propositions issues du groupe de travail

Deux orientations principales ont été travaillées par le groupe
La structure du foncier

- Accompagner le regroupement des parcelles des exploitations pour améliorer l'outil de production (réduction des charges de carburants, optimisation de l'alimentation des cheptels avec une augmentation de l'accès au pâturage, etc.) ;
- Réduire les coûts et les nuisances (moins de déplacements, pratiques agricoles plus ajustées privilégiant le pâturage) ;

Les actions sont ici de long terme : échanges fonciers sur la base de mises en réserves ;

Améliorer l'accessibilité de certaines parcelles et les dessertes agricoles (existantes et futures, notamment en lien avec le projet d'aménagement) ;

Les actions sont plus ponctuelles : travail sur l'accessibilité des parcelles agricoles sur le territoire perturbé et leur sécurisation. Cette démarche à l'échelle du périmètre perturbé pourra être complétée par un travail plus spécifique en lien avec l'aménageur pour une vision plus adaptée et globale des circulations agricoles locales et/ou la réalisation travaux spécifiques, en lien avec le projet d'aménagement : chemins, déplacement de talus...

Le matériel en lien avec les contraintes et les exigences liées à la proximité de l'urbanisation (désherbage mécanique, enfouissement des épandages...) : acquisition et stockage de matériels collectifs (au titre d'une CUMA par exemple).

En page suivante, les principales mesures de compensation proposées par le groupe de travail et la priorisation des actions au regard des besoins pour l'économie agricole combinées aux enjeux environnementaux et sociétaux.

Par la suite, il est précisé les propositions d'actions retenues et les modalités de mise en œuvre.



2/ L'investissement dans du matériel agricole répondant aux critères environnementaux

L'activité agricole et les pratiques agricoles doivent s'adapter au contexte local (péri-urbain), environnemental et aux évolutions réglementaires (zones de non traitement...).

Du matériel et des pratiques agricoles spécifiques sont nécessaires pour répondre à ces besoins. L'accès à du matériel et des pratiques performants pour une agriculture économiquement et écologiquement viable est important. Le matériel agricole représente des investissements conséquents pour les exploitations agricoles.

A ce titre, les CUMA sont des acteurs incontournables sur le territoire pour permettre l'accès à du matériel performant. Afin de répondre au besoin d'équipement, un investissement pour la CUMA de GUIPAVAS dans du matériel répondant aux critères environnementaux est nécessaire. La CUMA de GUIPAVAS n'emploie pas de chauffeurs mais les adhérents utilisent en commun le matériel. Elle regroupe 20 exploitations adhérentes.

Cet accompagnement financier à l'acquisition du matériel répond aux besoins et aux enjeux environnementaux locaux : désherbage mécanique, techniques agricoles performantes, coupe de tronçon, positionnement RTK, matériel pour enfouissement immédiat.

L'accès à du matériel techniquement performant favorisera la qualité environnementale du travail fourni par les agriculteurs et la rentabilité économique des outils de production.

Indirectement, l'attractivité des métiers pour l'agriculture sera renforcée en permettant l'accès aux adhérents à des outils complets. Cet investissement permet aussi de favoriser le maintien de l'activité agricole en proposant un territoire attractif et favorable aux pratiques agricoles innovantes et environnementales.

En proposant, un équipement suffisamment performant, le travail des agriculteurs est facilité en minimisant le temps de travail et en assurant la réalisation de travaux qui correspondent aux critères environnementaux.

Coût estimé du projet	Entre 5 000 et 30 000 euros le matériel
Synergie possible avec d'autres financeurs	PCAE, plan de relance...

De manière plus spécifique, l'investissement dans une bineuse s'inscrit dans la réponse aux critères environnementaux. En effet, l'application de la réglementation concernant les distances de recul pour l'épandage des produits phytosanitaires vis-à-vis des habitations (bande des 3/5m) apporte des contraintes et des surcoûts pour les exploitants :

- En termes d'équipement
- De temps à passer
- La capacité de production des terres peut être remise en question.



Dès lors les pratiques doivent être adaptées notamment en développant le binage mécanique. Ce dernier correspond à l'action de passer à côté des plantes avec une bineuse afin d'ameublir la première couche du sol.

Cette action permet à la fois de couper les mauvaises herbes avant qu'elles ne prolifèrent, sans herbicides. Le binage permet également d'améliorer l'infiltration de l'eau. Cette technique peut être à la fois utilisée en agriculture conventionnelle mais aussi en agriculture biologique.

Au-delà des besoins en matériel, les surcoûts liés au temps passé supplémentaire pour le travail de ces zones (qui nécessite notamment des interventions supplémentaires mais également de changer de matériel entre les zones pouvant être traitées et les zones de non traitement) seraient à prendre en compte.

L'objectif est de participer financièrement à l'achat d'une bineuse afin d'améliorer l'équipement et le travail des agriculteurs pour entretenir les zones de non traitement et réduire le temps passer sur ces tâches.

L'acquisition de matériels performants et adaptés aux conditions d'exploitation du foncier en zones urbaines, péri-urbaines, réduira l'impact financier sur les exploitations existantes.

Par ailleurs, la prise en compte et l'adaptation des modalités de production aux contraintes liées à l'urbanisation peut permettre de pérenniser l'agriculture existante sur le territoire et rendre les outils existants plus attractifs dans le cadre de projets de reprise et d'installation. Le coût moyen d'une bineuse correspond à 20 000 – 25 000 €.

3/ Projet d'un hangar neuf ou d'agrandissement de l'existant pour la CUMA

Actuellement, le hangar de la CUMA de GUIPAVAS est un hangar loué à Brest Métropole se trouvant dans la zone de Lanvian.

Le hangar, en capacité de stockage de matériel, semble en partie insuffisant. La possibilité d'avoir un hangar appartenant à la CUMA est une proposition ressortie lors des groupes de travail. En effet, agrandir ou avoir un nouvel hangar permettrait de répondre au besoin de stockage du matériel par la CUMA.

L'objectif est d'accompagner financièrement la CUMA pour la construction ou l'agrandissement d'un hangar répondant aux besoins pratiques agricoles. L'accès à des infrastructures agricoles suffisamment grandes favorise le bon usage et l'entretien du matériel et des outils de production.

Le coût d'un hangar est variable suivant le système constructif, la largeur (section suivant portée), la part de bardage (3 ou 4 côtés), la présence de dallage béton, l'importance des travaux de terrassement, de voirie (stabilisée, enrobée, ...) et le niveau de finition globale. Depuis 2020, nous avons vécu une hausse des coûts d'environ 25 %.



Un prix moyen de 180 € au m² (pour un hangar fermé 4 côtés) avec un minima à 150 € et plus de 200 € sont considérés pour des situations complexes, des niveaux de finition importants. La taille moyenne d'un hangar de stockage de matériel agricole est de 500m². A ce stade de l'étude, un projet détaillé en collaboration avec la CUMA de GUIPAVAS sera à établir si cette mesure est retenue.



Propositions d'actions rang de priorité 1 :

THEME	Action économique/ foncière	Action ponctuelle/ structurante?	Finalité Action	Coût estimé du projet
AMENAGEMENT_ACCES	Foncière	Structurante	Accompagnement aux échanges parcelaires Mettre en place une opération d'envergure et collective pour regrouper le parcellaire des exploitations du territoire	15 000 - 20 000 euros par an Sur 3 ans: dès 60 000 euros
ADAPTATION DES PRATIQUES AU CONTEXTE_EVOLUTION DU MATERIEL AGRICOLE	Economique	Ponctuelle	Investissement dans du matériel agricole adapté au contexte urbain et permettant d'améliorer les pratiques culturales Exemple: Bineuse Enfouisseur	Dès 30 000 euros le matériel
ADAPTATION DES PRATIQUES AU CONTEXTE_EVOLUTION DU MATERIEL AGRICOLE	Economique	Ponctuelle	Prise en charge du temps nécessaire au désherbage mécanique des Zones de Non- Traitement.	Prise en charge de la prestation réalisée par la CUMA ou une ETA pour le binage des ZNT (bande de 3 mètres). Chauffeur- Tracteur = 40€/heure Bineuse = 20€/heure = 60 €/heure Pour la prestation : prévoir un contrat sur 5-7 ans correspondant à la durée d'amortissement de la machine. Identifier le nombre d'hectares.
INFRASTRUCTURE AGRICOLE	Economique	Structurante	Démontage / désamiantage de bâtiments agricoles Mise en place de filières de récupération des déchets amiantés depuis le bâtiment agricole jusqu'au site de stockage adapté	Prise en charge du coût du transport et de la gestion des déchets amiantés en site adapté. Enveloppe de base : 50 000 euros



Propositions d'actions de rang priorité : 2 et 3

THEME	Action économique/ foncière	Action ponctuelle/ structurante?	Finalité Action	Coût estimé du projet
AMENAGEMENT_ACCES	Foncière	Structurante	Aménagement et entretien des chemins pour faciliter l'accès aux parcelles.	Prise en charge des coûts pour : <ul style="list-style-type: none"> • L'entretien • L'élargage • L'empierrement Cheminement avec empierrement (8€/m ² ou 200€/ml)
INFRASTRUCTURE AGRICOLE	Economique	Ponctuelle	Construction / Rénovation/ location d'un hangar pour le matériel de la CUMA.	Dès 75 000 euros
SERVICES RENDUS PAR L'AGRICULTURE	Foncière	Structurante	Paiement pour services environnementaux dans des zones urbaines denses : <ul style="list-style-type: none"> • Garder une valeur économique aux parcelles aujourd'hui cultivées. • Rémunérer pour entretien des corridors écologiques. 	



C- CONCLUSION

Le projet d'aménagement du Stade Brestois, impactant 16.38 ha de terres agricoles, est soumis à l'application du décret relatif au principe ERC Agricole.

Le projet d'aménagement du secteur du Frouvren s'inscrit dans le cadre de réflexion globale d'aménagement et d'équipement du territoire de Brest Métropole, définit par le SCoT du Pays de Brest et le PLUi de Brest Métropole

A l'échelle du SCoT du Pays de Brest et dans le cadre du PLUi de la métropole, une attention particulière est portée à la préservation du foncier agricole par une politique d'aménagement de l'espace visant à éviter et réduire la consommation de fonction et l'extension de l'urbanisation.

Le projet d'aménagement du Stade Brestois, de par sa localisation en extension et à proximité de l'enveloppe urbaine existante, limitera l'impact sur le mitage et la consommation du foncier agricole. Pour autant, l'impact de ce projet sur l'économie du périmètre perturbé est estimé à 746 095 €.

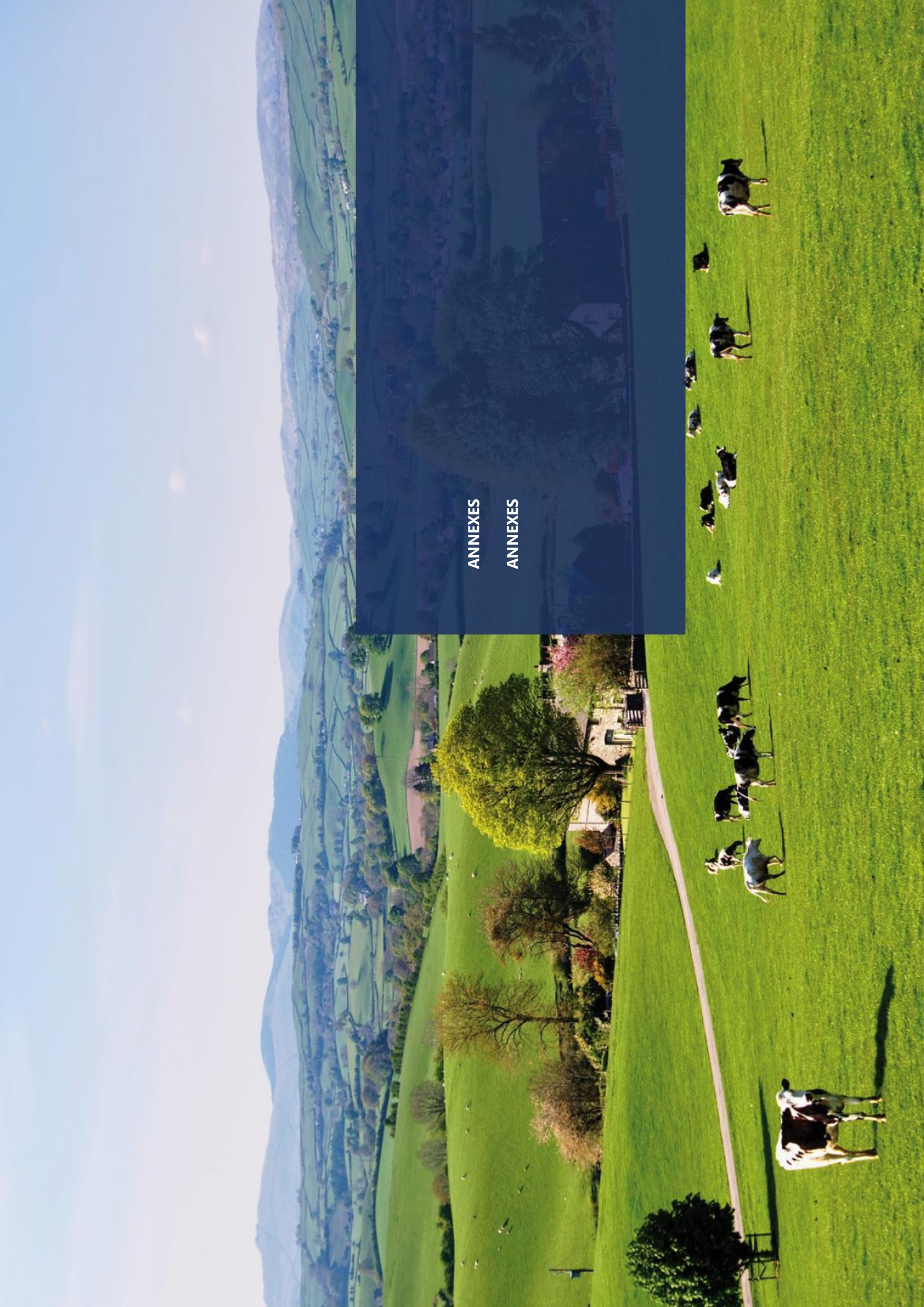
La mise en place d'un groupe de travail constitué de référents agricoles a permis d'identifier des mesures et actions pertinentes pour l'activité agricole du territoire.

Considérant que la mobilisation de ce groupe de travail a été réalisée il y a 4 ans, une actualisation sera nécessaire en les remobilisant après validation de cette étude en CDPENAF et consignation de la compensation agricole sur un compte de dépôt. De plus, le montant théorique à investir sur le territoire a augmenté de manière considérable. Il apparaît donc nécessaire d'élargir ces présentes mesures de compensation pour qu'elles correspondent à l'enveloppe financière qui sera disponible.

Enfin, la mise en place de ces actions permettra de répondre à un besoin réel pour l'agriculture du territoire, exprimé par les représentants agricoles du territoire.

Le suivi de la mise en œuvre de ces actions sera assuré par la cellule foncière de Brest métropole, en lien avec les groupes référents agricoles établis sur Brest métropole. Les mesures de compensation exposées ci-dessus ont été retenues en 2021 lors des échanges avec le groupe de travail agricole.

Cependant, le souhait de l'instance de concertation foncière de Brest Métropole n'était pas remobiliser le collectif d'agriculteurs avant la mise en cohérence minimum des différentes études d'évaluation d'impacts en cours. Cette étude ERC pourra permettre à la collectivité de poursuivre la réflexion avec les agriculteurs et de pousser la mutualisation du travail mené avec les nombreuses études ERC déjà en cours sur Brest Métropole.



ANNEXES

ANNEXES

- **Article L112-3 du code rural et de la pêche maritime**
- **Article D112-1-18 à 22 du code rural et de la pêche maritime**
- **Les emplois directs dans les filières agricoles et agroalimentaires bretonnes**
- **Valeur ajoutée générée par l'activité agricole- Source RICA (Agreste)**

Article L112-3 du code rural et de la pêche maritime



Chemin :

Code rural et de la pêche maritime

Partie législative

Livre Ier : Aménagement et équipement de l'espace rural

Titre Ier : Développement et aménagement de l'espace rural

Chapitre II : Aménagement rural

Section 1 : L'affectation de l'espace agricole et forestier

Article L112-1-3

Créé par LOI n° 2014-1170 du 13 octobre 2014 - art. 28 (V)

Les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation, sont susceptibles d'avoir des conséquences négatives importantes sur l'économie agricole font l'objet d'une étude préalable comprenant au minimum une description du projet, une analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire concerné, l'étude des effets du projet sur celle-ci, les mesures envisagées pour éviter et réduire les effets négatifs notables du projet ainsi que des mesures de compensation collective visant à consolider l'économie agricole du territoire.

L'étude préalable et les mesures de compensation sont prises en charge par le maître d'ouvrage.

Un décret détermine les modalités d'application du présent article, en précisant, notamment, les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui doivent faire l'objet d'une étude préalable.

Liens relatifs à cet article

Cité par:

Code rural - art. D112-1-18 (V)

Créé par: LOI n° 2014-1170 du 13 octobre 2014 - art. 28 (V)

Article D112-1-18 à 22 du code rural et de la pêche maritime



Chemin :

Code rural et de la pêche maritime

Partie réglementaire

Livre Ier : Aménagement et équipement de l'espace rural

Titre Ier : Développement et aménagement de l'espace rural

Chapitre II : Aménagement rural

Section 1 : Affectation de l'espace agricole et forestier

Sous-section 5 : Compensation collective visant à consolider l'économie agricole du territoire

Article D112-1-18

Créé par Décret n°2016-1190 du 31 août 2016 - art. 1

I.-Font l'objet de l'étude préalable prévue au premier alinéa de l'article L. 112-1-3 les projets de travaux, ouvrages ou aménagements publics et privés soumis, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation, à une étude d'impact de façon systématique dans les conditions prévues à l'article R. 122-2 du code de l'environnement et répondant aux conditions suivantes :

-leur emprise est située en tout ou partie soit sur une zone agricole, forestière ou naturelle, délimitée par un document d'urbanisme opposable et qui est ou a été affectée à une activité agricole au sens de l'article L. 311-1 dans les cinq années précédant la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation, d'approbation ou d'adoption du projet, soit sur une zone à urbaniser délimitée par un document d'urbanisme opposable qui est ou a été affectée à une activité agricole au sens de l'article L. 311-1 dans les trois années précédant la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation, d'approbation ou d'adoption du projet, soit, en l'absence de document d'urbanisme délimitant ces zones, sur toute surface qui est ou a été affectée à une activité agricole dans les cinq années précédant la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation, d'approbation ou d'adoption du projet ;

-la surface prélevée de manière définitive sur les zones mentionnées à l'alinéa précédent est supérieure ou égale à un seuil fixé par défaut à cinq hectares. Par arrêté pris après avis de la commission prévue aux articles L. 112-1-1, L. 112-1-2 et L. 181-10, le préfet peut déroger à ce seuil en fixant un ou plusieurs seuils départementaux compris entre un et dix hectares, tenant notamment compte des types de production et de leur valeur ajoutée. Lorsque la surface prélevée s'étend sur plusieurs départements, le seuil retenu est le seuil le plus bas des seuils applicables dans les différents départements concernés.

II.-Lorsqu'un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions au sens du dernier alinéa du III de l'article L. 122-1 du code de l'environnement, la surface mentionnée à l'alinéa précédent correspond à celle prélevée pour la réalisation de l'ensemble du projet.

NOTA : Conformément à l'article 2 du décret n° 2016-1190 du 31 août 2016, ces dispositions sont applicables aux projets de travaux, ouvrages ou aménagements publics et privés pour lesquels l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1 du code de l'environnement a été transmise à l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement définie à l'article R. 122-6 du code de l'environnement à compter du premier jour du troisième mois suivant celui de sa publication au Journal officiel de la République française.

Article D112-1-19

Créé par Décret n°2016-1190 du 31 août 2016 - art. 1

L'étude préalable comprend :

- 1° Une description du projet et la délimitation du territoire concerné ;
- 2° Une analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire concerné. Elle porte sur la production agricole primaire, la première transformation et la commercialisation par les exploitants agricoles et justifie le périmètre retenu par l'étude ;
- 3° L'étude des effets positifs et négatifs du projet sur l'économie agricole de ce territoire. Elle intègre une évaluation de l'impact sur l'emploi ainsi qu'une évaluation financière globale des impacts, y compris les effets cumulés avec d'autres projets connus ;
- 4° Les mesures envisagées et retenues pour éviter et réduire les effets négatifs notables du projet. L'étude établit que ces mesures ont été correctement étudiées. Elle indique, le cas échéant, les raisons pour lesquelles elles n'ont pas été retenues ou sont jugées insuffisantes. L'étude tient compte des bénéfices, pour l'économie agricole du territoire concerné, qui pourront résulter des procédures d'aménagement foncier mentionnées aux articles L. 121-1 et suivants ;

5° Le cas échéant, les mesures de compensation collective envisagées pour consolider l'économie agricole du territoire concerné, l'évaluation de leur coût et les modalités de leur mise en œuvre.

Dans le cas mentionné au II de l'article D. 112-1-18, l'étude préalable porte sur l'ensemble du projet. A cet effet, lorsque sa réalisation est fractionnée dans le temps, l'étude préalable de chacun des projets comporte une appréciation des impacts de l'ensemble des projets. Lorsque les travaux sont réalisés par des maîtres d'ouvrage différents, ceux-ci peuvent demander au préfet de leur préciser les autres projets pour qu'ils en tiennent compte.

NOTA : Le présent décret est applicable aux projets de travaux, ouvrages ou aménagements publics et privés pour lesquels l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1 du code de l'environnement a été transmise à l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement définie à l'article R. 122-6 du code de l'environnement à compter du premier jour du troisième mois suivant celui de sa publication au Journal officiel de la République française.

Article D112-1-20

Créé par Décret n°2016-1190 du 31 août 2016 - art. 1

Les documents évaluant les impacts des projets sur l'environnement prescrits par le code de l'environnement tiennent lieu de l'étude préalable prévue à l'article D. 112-1-19 s'ils satisfont à ses prescriptions.

NOTA : Le présent décret est applicable aux projets de travaux, ouvrages ou aménagements publics et privés pour lesquels l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1 du code de l'environnement a été transmise à l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement définie à l'article R. 122-6 du code de l'environnement à compter du premier jour du troisième mois suivant celui de sa publication au Journal officiel de la République française.

Article D112-1-21

Créé par Décret n°2016-1190 du 31 août 2016 - art. 1

I.-L'étude préalable est adressée par le maître d'ouvrage au préfet par tout moyen permettant de rapporter la preuve de sa date de réception.

Le préfet transmet l'étude préalable, y compris lorsqu'elle est établie sous la forme mentionnée à l'article D. 112-1-20, à la commission prévue aux articles L. 112-1-1, L. 112-1-2 et L. 181-10 qui émet un avis motivé sur l'existence d'effets négatifs notables du projet sur l'économie agricole, sur la nécessité de mesures de compensation collective et sur la pertinence et la proportionnalité des mesures proposées par le maître d'ouvrage. Le cas échéant, la commission propose des adaptations ou des compléments à ces mesures et émet des recommandations sur les modalités de leur mise en œuvre. A l'expiration d'un délai de deux mois à compter de sa saisine, l'absence d'avis sur les mesures de compensation proposées vaut absence d'observation.

II.-Lorsque les conséquences négatives des projets de travaux, ouvrages ou aménagements publics et privés sont susceptibles d'affecter l'économie agricole de plusieurs départements, le maître d'ouvrage adresse l'étude préalable au préfet du département dans lequel se situent la majorité des surfaces prélevées, qui procède à la consultation des préfets des autres départements concernés par le projet et recueille leurs avis, rendus après consultation dans chaque département de la commission prévue aux articles L. 112-1-1, L. 112-1-2 et L. 181-10. Il peut prolonger le délai prévu à l'alinéa précédent d'un mois en cas de besoin.

III.-Le préfet notifie au maître d'ouvrage son avis motivé sur l'étude préalable dans un délai de quatre mois à compter de la réception du dossier ainsi que, le cas échéant, à l'autorité décisionnaire du projet. Lorsque l'avis de plusieurs préfets est requis en application du II du présent article, le préfet du département dans lequel se situe la majorité des surfaces prélevées est chargé de la notification de ces avis dans les mêmes conditions.

A défaut d'avis formulé dans ce délai, le préfet est réputé n'avoir aucune observation à formuler sur l'étude préalable.

Lorsque le préfet estime que l'importance des conséquences négatives du projet sur l'économie agricole impose la réalisation de mesures de compensation collective, son avis et l'étude préalable sont publiés sur le site internet de la préfecture. Lorsque l'avis de plusieurs préfets est requis en application du II du présent article, les avis des préfets des départements et l'étude préalable sont publiés sur le site internet de chacune des préfectures des départements concernés par le projet dès lors que l'un des préfets consultés estime que l'importance des conséquences négatives du projet sur l'économie agricole impose la réalisation de mesures de compensation collective.

NOTA : Le présent décret est applicable aux projets de travaux, ouvrages ou aménagements publics et privés pour lesquels l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1 du code de l'environnement a été transmise à l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement définie à l'article R. 122-6 du code de l'environnement à compter du premier jour du troisième mois suivant celui de sa publication au Journal officiel de la République française.

Article D112-1-22

Créé par Décret n°2016-1190 du 31 août 2016 - art. 1

Le maître d'ouvrage informe le préfet de la mise en œuvre des mesures de compensation collective selon une périodicité adaptée à leur nature.

NOTA : Le présent décret est applicable aux projets de travaux, ouvrages ou aménagements publics et privés pour lesquels l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1 du code de l'environnement a été transmise à l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement définie à l'article R. 122-6 du code de l'environnement à compter du premier jour du troisième mois suivant celui de sa publication au Journal officiel de la République française.

LES EMPLOIS DIRECTS DANS LES FILIÈRES AGRICOLES ET AGROALIMENTAIRES BRETONNES EN 2020

RÉSULTATS POUR L'ENSEMBLE DES FILIÈRES ET NOTE MÉTHODOLOGIQUE

Édition 2021

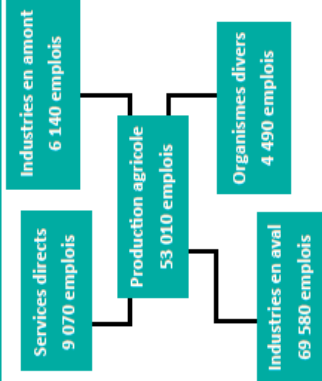


AGRICULTURES
TERRITOIRES
DYNAMIQUES INNOVATRICES

Les filières agricoles et agroalimentaires bretonnes totalisent 142 290 emplois directs répartis entre la production agricole (37 %), les industries en amont et en aval de la production (53 %) ainsi que les services directs et les organismes divers au service de l'activité agricole (10 %).

Ces 142 290 emplois représentent 10 % de l'emploi total breton.

Les filières agricoles et agroalimentaires bretonnes 142 290 emplois directs



Une exploitation agricole moyenne en Bretagne*
génère 6 emplois directs, dont :

2,2 en production agricole
3,2 dans les industries en amont et en aval
0,6 dans les services directs et organismes divers

* Pour 33 690 exploitations bretonnes (source : Agreste, BAEA 2017 provisoire, champ des exploitations moyennes et grandes).

Les filières lait et porc représentent le plus d'emplois. Elles cumulent près de la moitié des emplois directs.

Une majorité d'emplois dans le maillon des IAA aval

Toutes filières confondues, le maillon des IAA aval (industries agroalimentaires en aval de la production) regroupe la moitié des emplois. La part de ces emplois industriels est particulièrement importante dans la filière porcine où 6 emplois sur 10 relèvent de ce maillon. À noter également l'importance de l'emploi industriel dans les « autres filières » (voir encadré page 2).

Dans le maillon production, c'est le lait qui domine largement avec 40 % des emplois. Quel que soit le département, c'est toujours le lait qui occupe le plus d'emplois en production.

Les IAA amont comprennent ici les emplois liés à l'alimentation animale et aux couvoirs. Ils représentent 4 % des emplois directs totaux.

Quant aux services directs et organismes divers, leurs parts respectives en termes d'emplois sont de 6 et 3 %.

Tendances d'évolution : légère progression globale de l'emploi par rapport à l'étude de 2013. Cette hausse s'explique par la croissance de l'emploi dans les activités industrielles en amont comme en aval de la production. En aval, ce sont surtout les filières lait, légumes et « autres filières » (en particuliers les PAI, plats cuisinés-traiteurs et les boissons) qui sont dynamiques.

Par contre, l'emploi diminue en production ce qui s'explique notamment par les gains de productivité réalisés et l'agrandissement des structures. Dans ce maillon, le recul des effectifs est relativement plus fort en grandes cultures, viande bovine et élevage porcin. À l'inverse, la production gagne des emplois en légumes ainsi que dans les « autres filières ».

Dans les services directs et organismes divers, l'emploi est également en léger repli.

Résultats par filière

Emplois	
Total filières	142 290
Lait	38 270
Porc	28 240
Aviculture	17 805
Légumes	14 945
Viande bovine	10 070
Grandes cultures	5 110
Autres filières	27 850

Valeur ajoutée générée par l'activité agricole

<https://stats.agriculture.gouv.fr/disar/>

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Surface agricole utile (SAU) (ha)	45.10	47.20	47.50	53.10	54.70	56.10	56.00	55.80	55.80	58.10	60.90	62.90	63.40	63.20	65.70	67	64
Investissement total (achat - cession) (t€)	22.26	24.80	25.53	20.96	22.50	20.94	21.95	27.64	32.25	26.68	34.27	35.53	44.26	41.44	36.10	34	21
Production de l'exercice par hectare (1000€/ha)	3.47	3.79	3.49	3.12	3.16	3.34	3.54	4.05	4.38	3.50	4.03	4.29	4.93	4.72	4.40	4.51	4.63
Production de l'exercice (1000 €)	156.5	178.09	167.17	165.67	172.85	187.37	198.24	225.99	244.4	226.50	245.43	269.84	312.56	298.3	289.08	308.87	295
Production/investissement total	7.0	7.2	6.5	7.9	7.7	8.9	9.0	8.2	7.6	8.5	7.2	7.6	7.1	7.2	8.0	9.1	10.6

moyen									
de 5									
ans	8.3	8.4	8.1	7.8	7.6	7.5	7.4	7.8	8.4

Selon Agrest-Rica, pour 1 euros investi, l'activité agricole génère 8.4 euros de valeur ajoutée en moyenne sur les années 2011-2016.



NOS COMPÉTENCES À VOTRE SERVICE

Mathilde COCHET
Conseillère aménagement et urbanisme
Service Territoires
Tel: 02.98.41.33.10

Chambres d'agriculture Bretagne
Territoire de Brest
5 rue Augustin Jacq CS 12813
29228 BREST CEDEX 2

A Annexe 8, Etude du potentiel géothermique (Calligée, 2022)

Annexe 8, Etude du potentiel géothermique (Calligée, 2022)

Entreprise Calligée

Réalisation d'un test de réponse thermique et d'une géomodélisation dans le cadre d'un projet de construction à Brest (29)

Rapport de géomodélisation

ecome Ingénierie

ECOME Ingénierie :
65 rue Jean-Jacques Rousseau
92150 Suresnes
Tel. : 09.81.71.06.02

 **calligée**
SCIENCES & TECHNIQUES GÉOLOGIQUES

Calligée
1 rue de la Noë – CS 82118
44321 Nantes Cedex 3
Tel : 02.40.14.33.71

Phase	Date	Version	Révision	Réalisé par	Revu par	Validé par
/	13/07/22	A		QS	ST	JBB
/	25/07/22	A1		QS	ST	JBB

Sommaire

1	PRESENTATION DU PROJET	4
2	DOCUMENTS DE REFERENCE	4
3	ETUDE DU PROJET	5
3.1	CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU PROJET	5
3.1.1	CONSOMMATIONS ENERGETIQUES A COUVRIR	5
3.2	REPARTITION DES CONSOMMATIONS SUR L'ANNEE	5
3.3	CONFIGURATIONS DE FONCTIONNEMENT ENVISAGEES	7
3.3.1	PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT	7
3.3.2	CHAUFFAGE	7
3.3.3	RAFRAICHISSEMENT	8
3.3.4	CONSOMMATIONS ENERGETIQUES POUVANT ETRE COUVERTES	9
4	ÉTUDE DE LA RESSOURCE GEOTHERMIQUE	10
4.1	PRINCIPE	10
4.2	CAPTAGE SUR BOUCLE OUVERTE ET SUR BOUCLE FERMEE	10
4.3	DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE A CHALEUR (PAC)	11
4.3.1	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	11
4.3.2	PERFORMANCES ET NIVEAUX DE TEMPERATURE	12
4.1	IMPLANTATION DE SONDES GEOTHERMIQUES	13
4.2	PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT	14
4.2.1	PRINCIPAUX RESULTATS	15
4.2.2	ÉVOLUTION DU SYSTEME	16
4.2.3	COUVERTURE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DE CHAUFFAGE « SORTIE CHAUFFERIE »	17
4.2.4	COUVERTURE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DE RAFRAICHISSEMENT « SORTIE CHAUFFERIE »	18
5	ANNEXE : FICHE DE SELECTION DE LA PAC	19

Liste des figures

Figure 1 : Consommation "sortie chaufferie" pour le chauffage et le rafraîchissement.	6
Figure 2 : Courbe de charge monotone des consommations "sortie chaufferie" pour le chauffage.	6
Figure 3 : Courbe de charge monotone des consommations "sortie chaufferie" pour le rafraîchissement. ...	6
Figure 4 : Température de production en fonction des conditions extérieures.	7
Figure 5 : Température moyenne de production des PAC en chauffage.	8
Figure 6 : Température de production en rafraîchissement.	8
Figure 7 : Consommations énergétiques « Sortie chaufferie » pouvant être couverte par géothermie.....	9
Figure 8 : Monotone des consommations énergétiques « Sortie chaufferie » pouvant être couverte par géothermie.	9
Figure 9 : Principe de géothermie par PAC eau/eau sur « boucle fermée ».	10
Figure 10 : Principe de géothermie par PAC eau/eau sur « circuit ouvert ».	10
Figure 11 : Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur, [Source : BRGM].	11
Figure 12 : Evolution du COP en fonction de l'écart de température entre évaporateur et condenseur.	12
Figure 13: Principe d'implantation préliminaire des sondes géothermiques.	13
Figure 14 : évolution des températures mini/maxi dans les réseaux.	16
Figure 15 : évolution des températures aller/retour dans le système sur la 25ème année.	16
Figure 16 : Couverture des consommations « sortie chaufferie » de chauffage par le système en année 25.	17
Figure 17 : Courbe de charge monotone des consommations « sortie chaufferie » de chauffage couvertes par le système en année 25.	17
Figure 18 : Couverture des consommations « sortie chaufferie » de chauffage par le système en année 25.	18
Figure 19 : Courbe de charge monotone des consommations « sortie chaufferie » de chauffage couvertes par le système en année 25.	18

Liste des tableaux

Tableau 1 : Consommations "sortie chaufferie" au pas mensuel.	5
Tableau 2 : Récapitulation des consommations « Sortie chaufferie » pouvant être couvertes.	9
Tableau 3 : Hypothèses pour les dimensionnements sur sondes.	14
Tableau 4 : Résultats du dimensionnement des scénarios sur sondes.	15

1 Présentation du projet

Dans le cadre de la construction d'un stade à Brest, le Maître d'Ouvrage souhaite étudier la mise en place d'une solution de production énergétique par PAC Eau/Eau à compression électrique associée à des forages géothermiques.

La connaissance des propriétés thermiques du sol au droit du site étant nécessaire au dimensionnement de l'installation de géothermie, il est prévu de réaliser un test de réponse thermique in situ et une géomodélisation. Le Maître d'ouvrage sollicite la société ECOME Ingénierie pour la réalisation de ces prestations.

La présente note a pour objectif de présenter les résultats de la géomodélisation.

2 Documents de référence

La présente étude a été réalisée sur la base des éléments suivants transmis par les différents intervenants du projet à la date d'émission du présent rapport :

- Plan masse du projet : « *03 PDM_PARVIS* » ;
- Etude énergétique : « *BAO1038_SB29_APS_Approche consos Bilans Chaud-Froid* » ;
- Rapport de test de réponse thermique : « *21-1483-A-EC - Calligée_Projet Brest_TRT&DIM_Rapport TRT_A* » ;
- Echanges de mails sur conditions de fonctionnement.

Les résultats présentés dans cette note sont basés sur les éléments cités précédemment. Toute modification ou mise à jour apportée à ces éléments est susceptible de remettre en cause les dimensionnements présentés dans ce rapport.

3 Etude du projet

3.1 Consommations énergétiques du projet

3.1.1 Consommations énergétiques à couvrir

Les systèmes de captage géothermique nécessitent des informations sur les puissances et les consommations au pas de temps horaire. Dans le cas présent, ces informations ont été transmises en global annuel par Egis. On considère que ces valeurs intègrent les différents rendements de distribution / émission et les majorations pour relance. On parlera alors de « consommations sortie chaufferie ».

Il n’est pas retenu à ce stade de consommations pour l’ECS (traité par un système électrique dédié).

A partir des données ci-dessus, un étalement des consommations au pas horaire sera réalisé en prenant notamment en compte le fichier de la station météo de Brest (Meteonorm) ;

3.2 Répartition des consommations sur l'année

Le tableau ci-dessous présente les consommations et puissances "sortie chaufferie "pour le chauffage et le rafraîchissement réparties au pas de temps mensuel pour le projet :

	Energie chaud (kWh)	Puissance chaud (kW)	Besoins de rafraîchissement (MWh/an)	Puissance rafraîchissement (kW)
Janvier	288,1	2700,0	0,0	0,0
Février	247,5	2486,9	0,0	0,0
Mars	153,5	1634,2	0,0	0,0
Avril	80,6	1729,0	0,0	0,0
Mai	0,0	0,0	6,5	345,5
Juin	0,0	0,0	24,9	710,3
Juillet	0,0	0,0	61,2	880,2
Août	0,0	0,0	58,4	674,6
Septembre	0,1	94,7	24,0	610,5
Octobre	6,0	923,7	0,0	0,0
Novembre	81,6	1800,0	0,0	0,0
Décembre	226,7	2605,3	0,0	0,0
Total	1084,0	/	175,0	/

Tableau 1 : Consommations "sortie chaufferie" au pas mensuel.

Les consommations de chauffage "sortie chaufferie" s'élèvent à 1 084 MWh/an pour une puissance maximale appelée (horaire) de 2 700 kW. Concernant le rafraîchissement, les consommations "sortie chaufferie" s'élèvent à 175 MWh/an pour une puissance maximale appelée (horaire) de 880 kW ;

Remarque : cette répartition est indicative, la répartition réelle étant susceptible de présenter des écarts. Cette répartition au pas de temps horaire est nécessaire dans le cadre du dimensionnement du système géothermique.

Le graphique ci-dessous présente la répartition horaire des consommations "sortie chaufferie" pour le chauffage et le rafraîchissement :

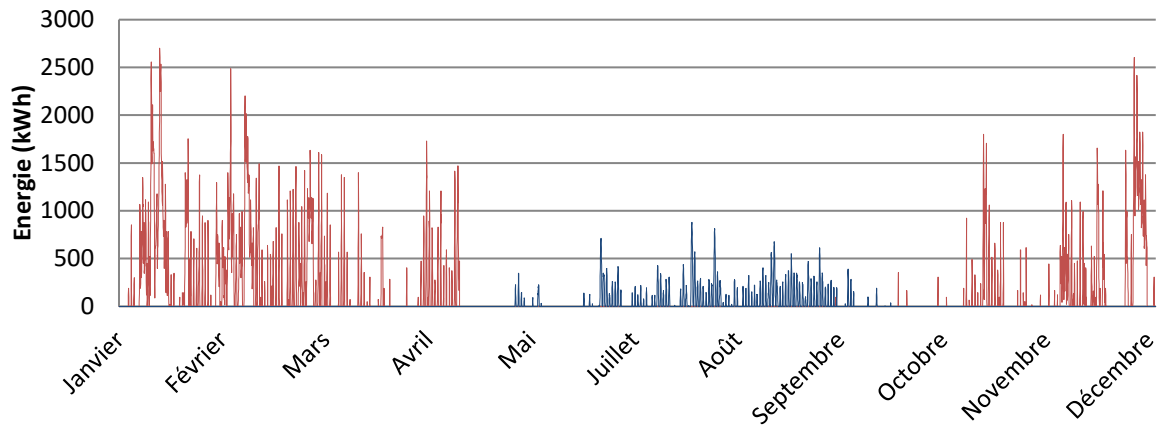


Figure 1 : Consommation "sortie chaufferie" pour le chauffage et le rafraîchissement.

Le graphique ci-dessous présente la courbe de charge monotone des consommations "sortie chaufferie" pour le chauffage :

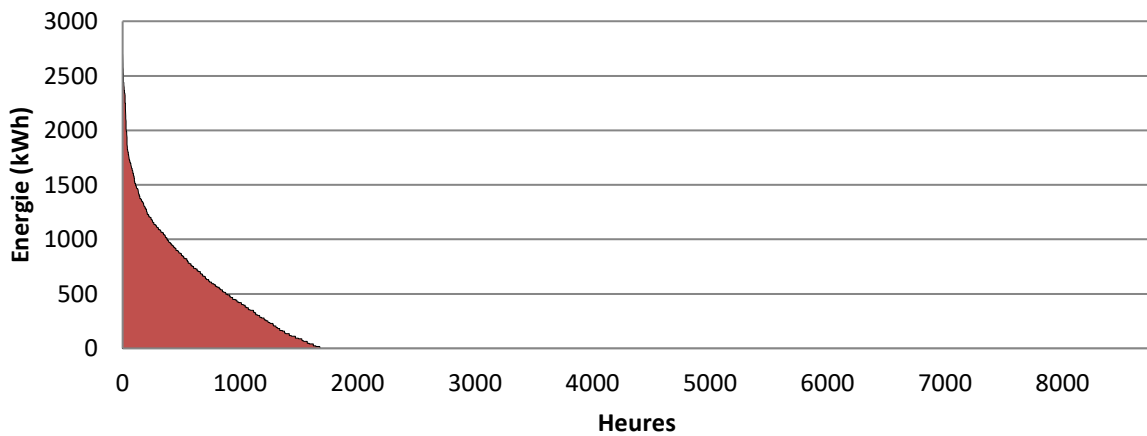


Figure 2 : Courbe de charge monotone des consommations "sortie chaufferie" pour le chauffage.

Les appels de puissances de chauffage sont présents environ 1680h/an, La puissance appelée est supérieure à 500 kW environ 800h/an.

Le graphique ci-dessous présente la courbe de charge monotone des consommations "sortie chaufferie" pour le rafraîchissement :

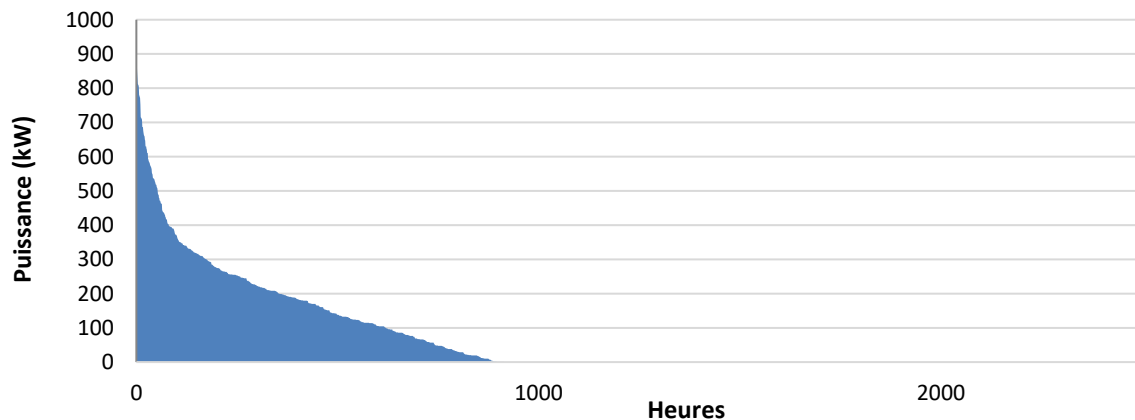


Figure 3 : Courbe de charge monotone des consommations "sortie chaufferie" pour le rafraîchissement.

Les appels de puissances de chauffage sont présents environ 920h/an, La puissance appelée est supérieure à 30 kW environ 200h/an.

3.3 Configurations de fonctionnement envisagées

3.3.1 Principe de dimensionnement

L'objectif du dimensionnement est d'avoir le taux de couverture des besoins énergétiques le plus important possible tout en restant dans les limites du cadre réglementaire de la Géothermie de Minime Importance, ce qui implique notamment :

- Profondeur des forages inférieure à 200 mètres ;
- Débit calorifique inférieur à 500 kW (production de chaleur) ;
- Projet en zone éligible à la GMI (zones vertes ou oranges).

3.3.2 Chauffage

Il est supposé un fonctionnement à « haute température » des équipements de chauffage du projet hypothèse (régime 80/60°C par -4°C ext). En conséquence les PAC du fait de leur régime de température (55/45°C max pour ne pas dégrader les performances énergétiques) ne pourront qu'assurer un « réchauffage des retours » sur le réseau chauffage.

Les PAC seront régulées (hypothèse ECOMÉ) suivant une loi d'eau (Cf. ci-après) supérieure à la courbe de chauffe des réseaux de distribution (dans la mesure du possible) de manière à répondre à l'ensemble des sollicitations tout en limitant les courts cycles en mi-saison (et la sollicitation thermique du sol par la dégradation du COP).

Cependant avec une température maximale de production de 55°C, une part substantielle des consommations énergétiques ne pourra pas être couverte. On peut différencier 3 cas (indépendamment de la puissance de la PAC) :

- Pour les températures de départ émetteur inférieures à 55°C, la PAC est en mesure de couvrir l'ensemble des consommations « sortie chaufferie » ;
- Pour les températures de départ supérieures à 55°C et de retour inférieure à 55°C, la PAC peut couvrir une fraction des consommations énergétiques « sortie chaufferie », la cote part restante étant couverte par l'appoint propane / électrique ;
- Pour des températures de retour supérieure à 55°C, la PAC est à l'arrêt et l'appoint propane / électrique assure seul la couverture des consommations « sortie chaufferie ».

Le graphique ci-dessous permet de représenter les différents cas :

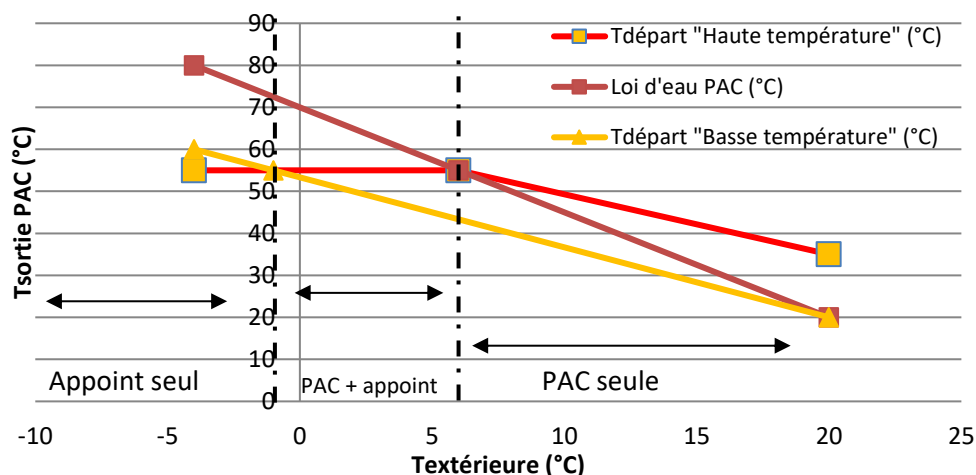


Figure 4 : Température de production en fonction des conditions extérieures.

On peut observer avec ce graphique (indépendamment de la puissance de la PAC) :

- Au-dessus de **+6,0°C**, la PAC peut fonctionner seule ;
- Pour **-1°C < Température de départ < +6,0°C**, l'appoint doit être mis en service ;
- En dessous de **-1°C**, la PAC est à l'arrêt, l'appoint / secours fonctionne seul.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la température de production de la PAC en fonction de la demande :

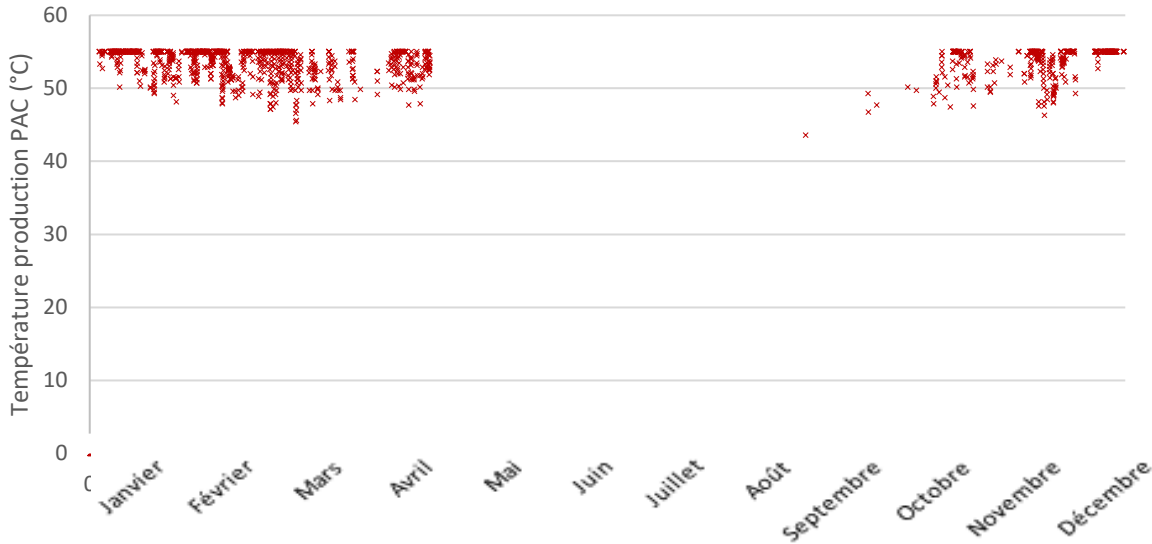


Figure 5 : Température moyenne de production des PAC en chauffage.

On peut observer que les PAC fonctionneront avec une température moyenne de production d'environ 53,9°C (températures moyennes horaires de production pondérées des quantités d'énergies produites).

3.3.3 Rafraîchissement

Au niveau du rafraîchissement, il est considéré un régime constant 7/12°C au cours du temps.

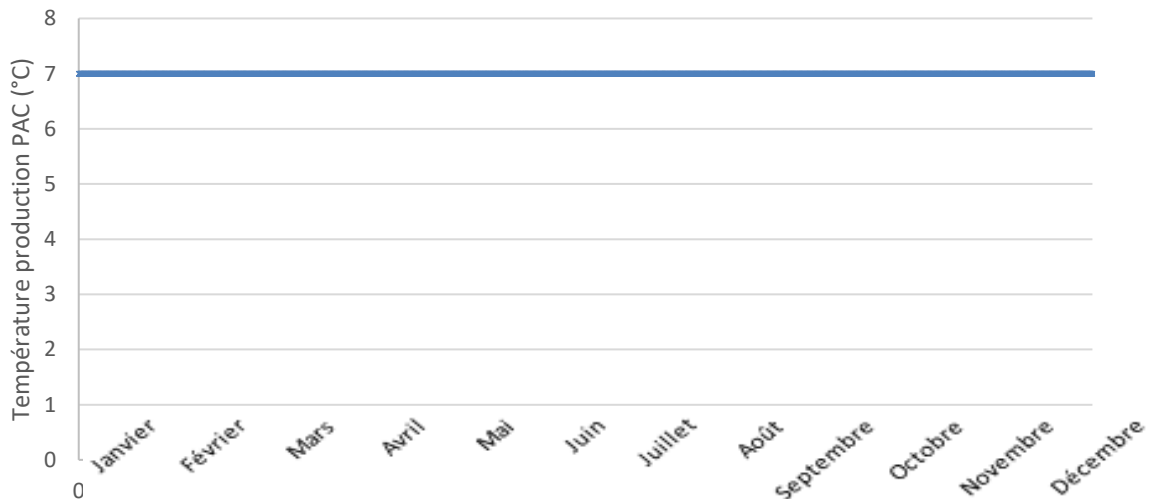


Figure 6 : Température de production en rafraîchissement.

3.3.4 Consommations énergétiques pouvant être couvertes

Comme évoqué au paragraphe précédent, l’ensemble des consommations « sortie chaufferie » ne peut pas être couvert du fait des températures de production insuffisante des PAC par rapport au fonctionnement du bâtiment.

Les graphiques ci-après ont pour objectif de présenter les consommations énergétiques « sortie chaufferie » pouvant être couvertes par le système géothermique indépendamment de la puissance installée.

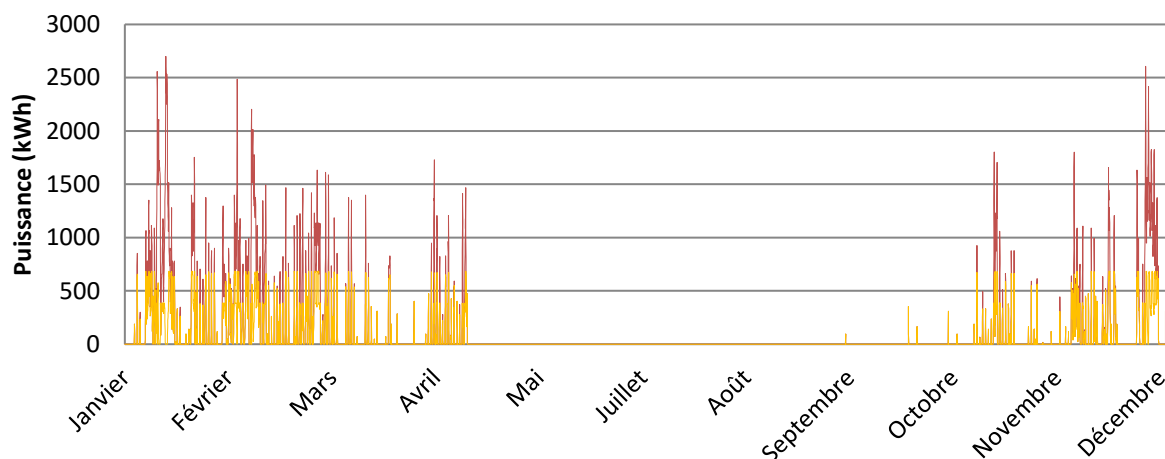


Figure 7 : Consommations énergétiques « Sortie chaufferie » pouvant être couverte par géothermie.

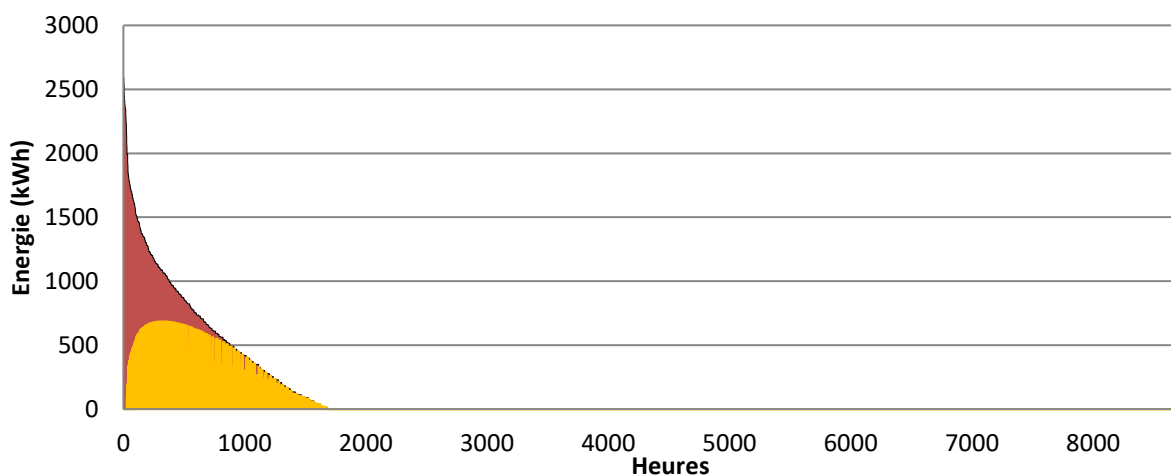


Figure 8 : Monotone des consommations énergétiques « Sortie chaufferie » pouvant être couverte par géothermie.

On peut constater qu’une part non négligeable des besoins ne peut être couverte par le système géothermique. Le tableau ci-dessous présente les quantités d’énergie pouvant être couverte par la géothermie :

Paramètre	Valeur
Consommation d’énergie « sortie chaufferie » à couvrir (MWh)	1084
Consommation d’énergie « sortie chaufferie » pouvant être couverte (MWh)	560,1
Pourcentage des consommations pouvant être couverte	51,7

Tableau 2 : Récapitulation des consommations « Sortie chaufferie » pouvant être couvertes.

Suivant les conditions de fonctionnement, 52% des consommations « sortie chaufferie » peuvent être couvertes par le système géothermique (sans tenir compte des puissances PAC).

4 Étude de la ressource géothermique

4.1 Principe

La géothermie très basse énergie repose sur l'utilisation de nappes superficielles présentes dans le proche sous-sol ou d'échangeurs de chaleur (sondes géothermiques, fondations thermoactives...) avec une ressource à une température comprise entre 10 et 15°C nécessitant d'installer un système thermodynamique de type pompe à chaleur pour relever le niveau de température. Cette contrainte impose l'installation d'émetteurs de chaleur basse température (radiateur basse température, plancher chauffant,,,) dans les bâtiments exploitant cette ressource géothermique.

En fonction des ressources locales disponibles, l'utilisation de la nappe phréatique permet de couvrir des puissances plus importantes voire d'envisager l'alimentation d'un réseau de chaleur.

Les sondes présentent l'avantage de pouvoir être implantées partout en France sauf contexte géologique particulier. En revanche, cette technique est plus adaptée à des faibles et moyennes puissances car les investissements deviennent conséquents lorsqu'il s'agit de couvrir des puissances élevées.

4.2 Captage sur boucle ouverte et sur boucle fermée

Dans le cas d'une pompe à chaleur géothermique, le captage de l'énergie peut se faire sur un circuit fermé ou sur un circuit ouvert.

Le principe de la « boucle fermée » est de faire circuler de l'eau en boucle dans le sol afin de la réchauffer en captant les calories du terrain. Cette boucle, généralement constituée de tubes en polyéthylène peut être installée dans une sonde de géothermie, dans les fondations, en captage horizontal...

Le principe de la géothermie sur « circuit ouvert » consiste à pomper de l'eau dans une nappe phréatique ou eaux de ruissellement afin d'en extraire des calories, puis de la rejeter plus froide dans cette même nappe en aval.

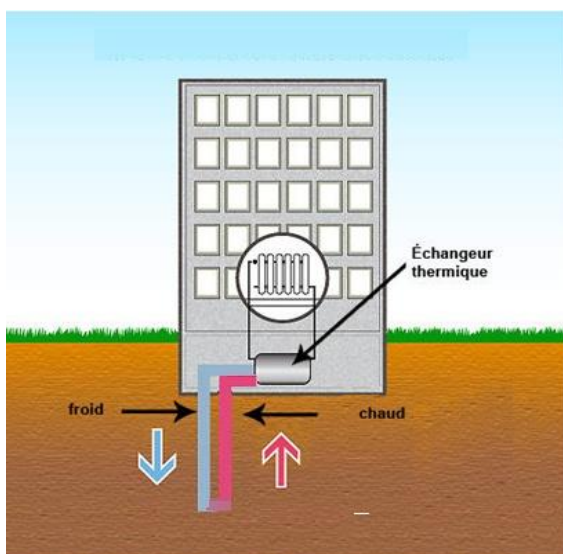


Figure 9 : Principe de géothermie par PAC eau/eau sur « boucle fermée ».

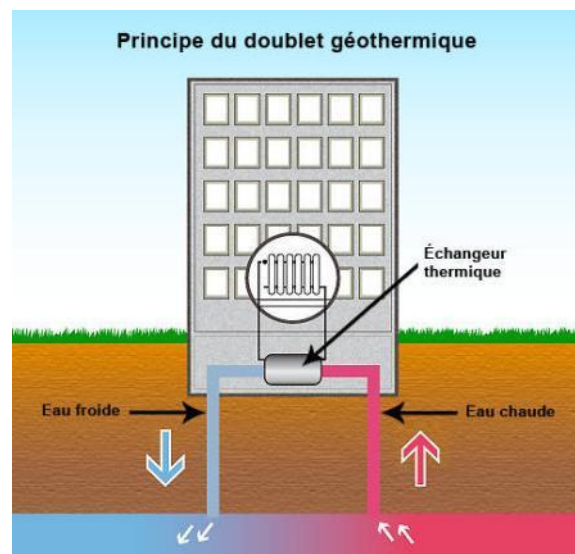


Figure 10 : Principe de géothermie par PAC eau/eau sur « circuit ouvert ».

4.3 Description du fonctionnement d'une pompe à chaleur (PAC)

4.3.1 Principe de fonctionnement

Une pompe à chaleur est un système thermodynamique permettant de transférer les calories entre deux milieux, la source froide (extraction d'énergie : sous-sol, eau de nappe...) et la source chaude (diffusion d'énergie : réseau de chauffage...). Ce système est donc capable d'extraire les calories présentes dans un fluide et de les restituer à un autre fluide.

Si la pompe à chaleur est réversible, les sources « froide » et « chaude » peuvent être inversées ce qui permet de réaliser le chauffage ou le rafraîchissement du bâtiment suivant les besoins.

La chaleur prélevée dans la source « froide » est captée par le fluide caloporteur au niveau de l'évaporateur (1'). Le fluide change d'état et se transforme en vapeur (1). Le compresseur comprime cette vapeur, augmentant ainsi sa température (2). C'est au niveau du condenseur que la vapeur en se condensant transmet sa chaleur au milieu à chauffer (2'). La température de ce dernier s'abaisse fortement (3) le rendant prêt pour une nouvelle absorption de chaleur et le cycle peut recommencer (4, 5).

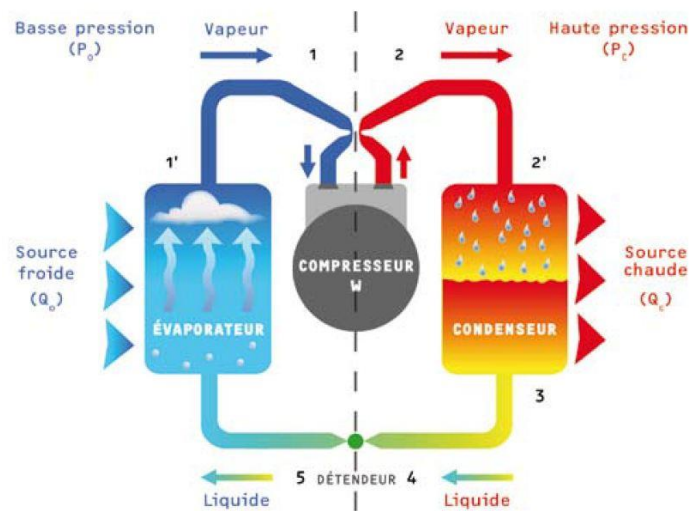


Figure 11 : Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur, [Source : BRGM].

4.3.2 Performances et niveaux de température

La performance d'une pompe à chaleur est caractérisée par son Coefficient de Performance (COP). Par exemple, une pompe à chaleur dont le coefficient de performance est de 4, va produire 4 kWh d'énergie thermique pour 3 kWh captés dans le sous-sol et 1 kWh d'électricité consommée. Concernant les installations géothermiques et plus particulièrement sur nappe phréatique, il est nécessaire d'intégrer aux consommations des auxiliaires (pompe(s) de forage, pompes de charge PAC).

Le coefficient de performance va dépendre de la température de la source froide (évaporateur) et de la température désirée côté source chaude (condenseur). Plus l'écart entre les niveaux de température côté source froide et côté source chaude est important, plus le COP sera faible et inversement.

L'évolution du COP en fonction des températures côté source froide (évaporateur) et côté source chaude (condenseur) sont présentées sur le graphique suivant :

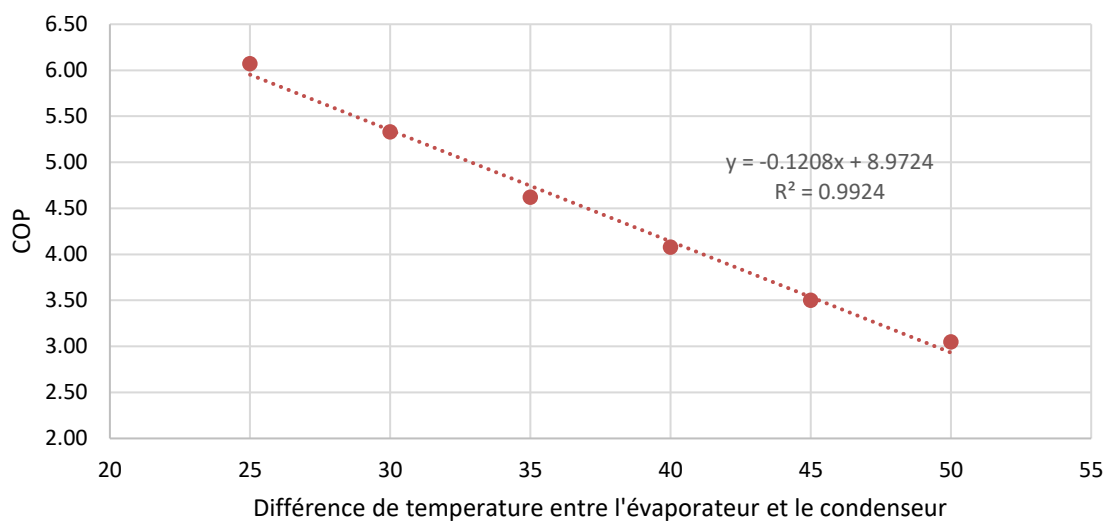


Figure 12 : Evolution du COP en fonction de l'écart de température entre évaporateur et condenseur.

Les pompes à chaleur sont capables de délivrer des températures maximales côté source chaude de l'ordre de 55°C. Certaines pompes à chaleurs dites « haute température » sont capables d'atteindre 65°C.

Il est important de souligner que lorsque les températures côté source froide sont les plus faibles, les pompes à chaleur ne sont plus en mesure d'assurer les températures maximales côté source chaude.

Du fait de ces niveaux de température maximaux, les pompes à chaleur doivent être associées à des émetteurs fonctionnant à des régimes de température bas (planchers chauffants/rafraîchissants, radiateurs basse température, ventilo-convecteurs, poutres climatiques...). Par conséquent, les surfaces d'émission installées dans les bâtiments sont beaucoup plus importantes en comparaison à des systèmes d'émission haute température (radiateurs, panneaux rayonnants, aérothermes...).

4.1 Implantation de sondes géothermiques

Dans le cadre du projet, il est envisagé la mise en œuvre de sondes géothermiques sur les espaces verts. Les distances minimales suivantes doivent être respectées conformément à la norme NFX 10-970 et aux prescriptions du BRGM :

- 10,0 m entre sondes ;
- 2,5 m de la limite de propriété ;
- 3,0 m des fondations du bâtiment ;
- 3,0 m des arbres ;
- 1,5 m des réseaux enterrés non hydrauliques ;
- 0,5 m des réseaux hydrauliques enterrés.

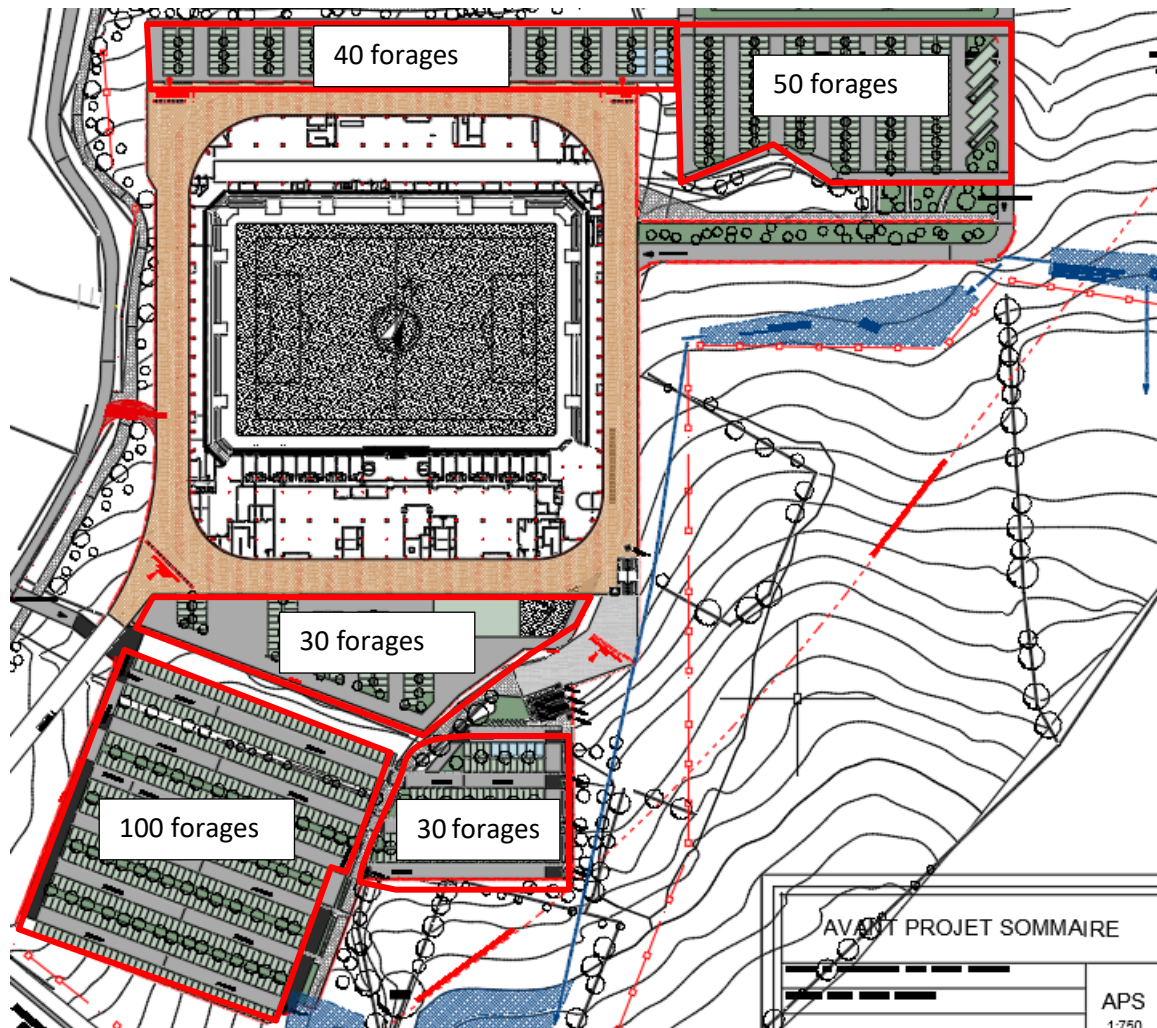


Figure 13: Principe d'implantation préliminaire des sondes géothermiques.

Au vu de la typologie du projet, il n'y a pas de problématique concernant les surfaces disponibles pour l'implantation des forages. Suivant le plan masse transmis, il paraît envisageable d'implanter à minima 250 forages sur les parkings du site. La problématique réside dans la distance entre les forages et le local technique pompe à chaleur. **A ce sujet l'implantation de forages sous la pelouse du stade pourrait être un bon compromis.**

4.2 Principe de dimensionnement

L'objectif des dimensionnements est de confirmer les résultats du prédimensionnement réalisé par le BET et ainsi valider la pérennité du système au cours du temps

Les hypothèses de dimensionnement du système sont récapitulées dans le tableau suivant.

	Paramètre	Valeur
Caractéristiques Du sous-sol	Température initiale	13,2°C
	Conductivité thermique	2,15 W/ (m.K)
	Capacité thermique du terrain	2,1 MJ/ (m ³ .K)
Pompe à chaleur à compression électrique ¹	Type	Climaveneta NX-W/H
	Nombre de PAC	2
	Puissance nominale (chaud / froid)	A définir
	COP / EER	4,54 / 5,04
	Régime de température	40/45°C – 10/7°C // 12/7°C – 30/35°C
	Delta T entrée/sortie captage	A définir en fonction du nombre de sondes
	Delta T entrée/sortie production	5°K
	Débit total évaporateur PAC	A définir en fonction du nombre de sondes
Caractéristiques des sondes	Type de fluide	R410 A
	Profondeur des sondes	200 ml
	Diamètre des sondes	150 mm
	Espace inter sondes	10 m
	Configuration	Double U 40 x 3,7 mm
	Résistance thermique sondes (Rb)	≈ 0,110 K/ (W/m) (avec glycol)
	Résistance thermique interne (Ra)	≈ 0,125 K/ (W/m) (avec glycol)
	Raccordement des sondes	En parallèle
Période de simulation	25 ans	

Tableau 3 : Hypothèses pour les dimensionnements sur sondes.

Dans le cadre du dimensionnement on retiendra des forages d'une profondeur de 200 m.

Les simulations sont paramétrées en tenant compte d'une température minimale de **-3°C** et maximale de **+35°C** en pointe en sortie du primaire de la pompe à chaleur, c'est-à-dire en entrée des sondes (conformément à la réglementation).

Il conviendra de s'assurer que le système de production est compatible avec ces régimes de température et d'adapter les systèmes de régulation de la production pour respecter ces valeurs.

¹ Les hypothèses présentées ci-dessus pour la PAC sont issues de données constructeurs. La puissance nominale de la PAC est valable dans les conditions nominales de fonctionnement. Selon les conditions de fonctionnement, des variations de performances peuvent être constatées.

4.2.1 Principaux résultats

Plusieurs simulations réalisées de manière itérative ont permis de valider que **11 000 ml** étaient nécessaires afin de garantir les performances du système sur la durée. Les principaux résultats des dimensionnements sont présentés dans le tableau suivant :

	Paramètres	Année 25	Moyenne sur 25 ans
Chauffage	Nombre et profondeur des forages	55 x 200 m	
	Linéaire de captage	11 000	
	Puissance maximale extraite (W/ml)	42,7	43,7
	Puissance (kW)	643,7	/
	Energie annuelle extraite (kWh/ml/an)	32,1	32,6
	Energie produite (MWh)	518,7	522,4
	Energie compresseur (MWh)	165,50	163,45
	Energie extraite terrain (MWh)	353,2	358,7
	COP	3,13	3,20
	Température minimale du fluide (°C)	-1,0	/
	Taux de couverture puissance (%)	23,8%	/
	Taux de couverture Energie (%)	47,9%	48,2%
	Tep EnR	30,37	30,85
	Rafrâichissement	Puissance maximale injectée (W/ml)	92,0
Puissance (kW)		837,9	/
Energie annuelle injectée (kWh/ml/an)		18,4	18,4
Energie produite (MWh)		174,8	174,7
Energie injectée terrain (MWh)		202,3	202,9
Energie produite par froid actif (MWh)		174,8	174,7
Energie compresseur (MWh)		27,6	28,2
EER (froid actif)		6,33	6,19
Température maximale du fluide (°C)		33,6	/
Taux de couverture puissance (%)		95,2%	/
Taux de couverture Energie (%)		99,9%	99,8%
Débit unitaire par forage		2,66	
Débit total géothermie (m³/h)		146,1	
Modèle de PAC retenu		Climaveneta NX-W/H 1104 (x2)	
Puissance chaud (kW) (10-7°C/45-40°C) / COP		396,0 (x2) / 4,54	
Puissance froid (kW) (30-35°C/7-12°C) / EER		359,0 (x2) / 5,4	

Tableau 4 : Résultats du dimensionnement des scénarios sur sondes.

Analyse des résultats

- Le système géothermique est en mesure de couvrir 48% des consommations énergétiques de chauffage « Sortie chaufferie » du projet. La puissance maximale couverte « sortie PAC » s’élève à 644 kW, soit 470 kW au niveau du sol. Le COP moyen sur 25 ans est de 3,20 ce qui correspond à la production d’environ 31 Tep/an (tonne équivalent pétrole) ;
- Le système géothermique est en mesure de couvrir la quasi-intégralité des consommations énergétiques de rafraîchissement « Sortie chaufferie » du projet. La puissance maximale couverte « sortie PAC » s’élève à 838 kW. L’EER moyen sur 25 ans est de 6,20 ce qui correspond à la production d’environ 31 Tep/an ;
- Du fait de l’utilisation de la typologie des besoins du bâtiment (chauffage majoritaire), le terrain se refroidit progressivement au cours du temps pour atteindre -1,0°C lors de la 25^{ème} année de simulation. Les performances du système diminuent au cours du temps ;

- Le débit présenté ci-dessus est le débit minimal à faire circuler dans les sondes afin d'être en cohérence avec le débit minimal de la PAC sélectionnée. Ce débit unitaire important favorise l'échange thermique mais va entraîner une majoration importante des pertes de charges dans la partie sous-sol, le dimensionnement des circulateurs devra être revu à la hausse.

4.2.2 Évolution du système

Le premier graphique représente l'évolution des températures moyennes minimales et maximales pour les demandes de base et les demandes de pointes de chauffage.

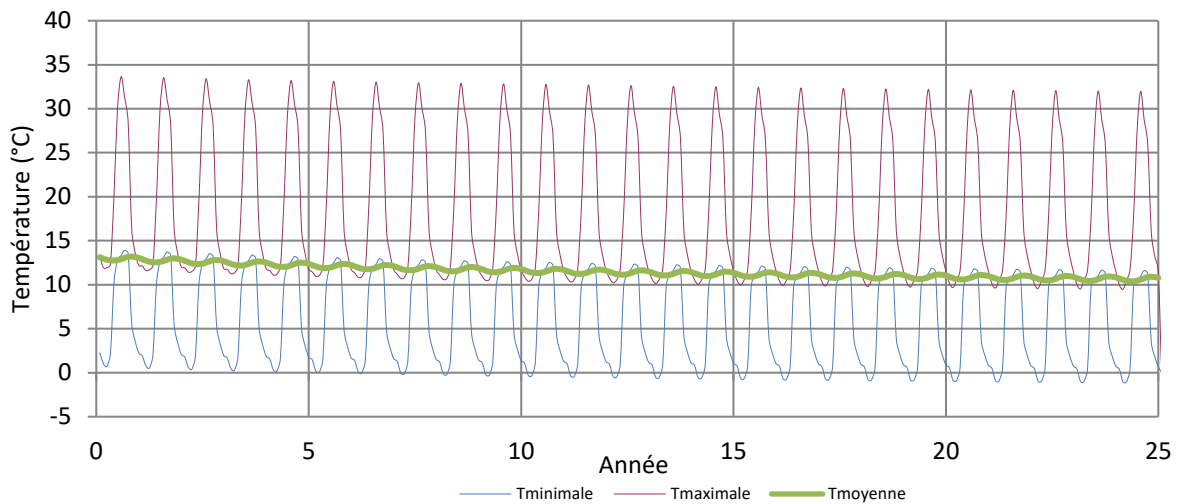


Figure 14 : évolution des températures mini/maxi dans les réseaux.

On remarque que la température du terrain diminue progressivement et se stabilise avec le temps. Après environ 20 ans de fonctionnement, le système est stable. La température minimale atteinte dans les sondes géothermiques est de $-1,0^{\circ}\text{C}$ dès la 25^{ème} année de simulation. La température maximale est de $33,6^{\circ}\text{C}$ en pointe lors de la première année de simulation. **Le système géothermique est donc pérenne dans le temps.**

Le deuxième graphique représente l'évolution de la température moyenne du fluide pour la dernière année de simulation à l'entrée / sortie des sondes.

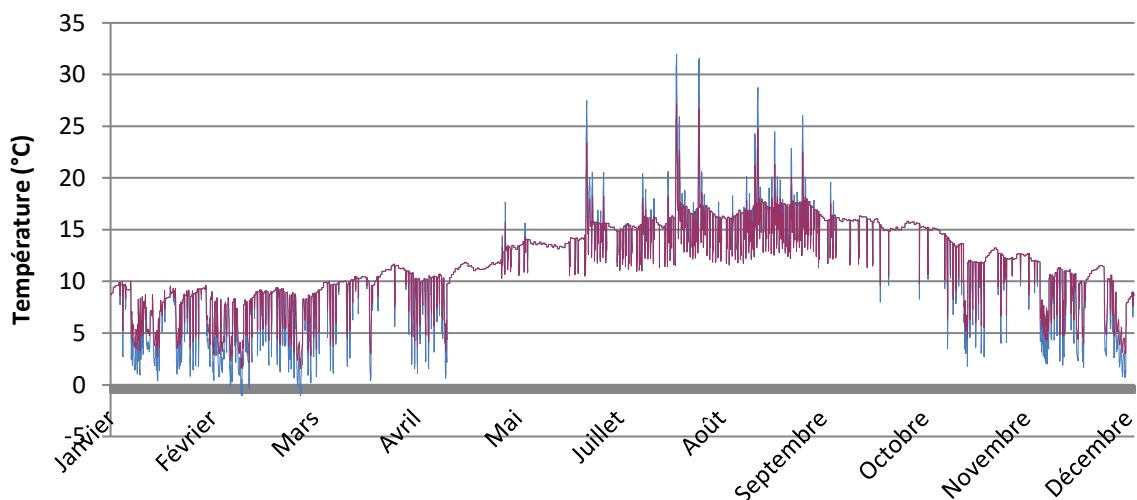


Figure 15 : évolution des températures aller/retour dans le système sur la 25ème année.

Dans la configuration retenue, la température dans les sondes est inférieure à 0°C pendant 30h/an lors de la dernière année de simulation (hors période d'arrêt du système).

4.2.3 Couverture des consommations énergétiques de chauffage « sortie chaufferie »

Les graphiques ci-dessous présentent la couverture des consommations énergétiques de chauffage « sortie chaufferie » couvertes par le système géothermique :

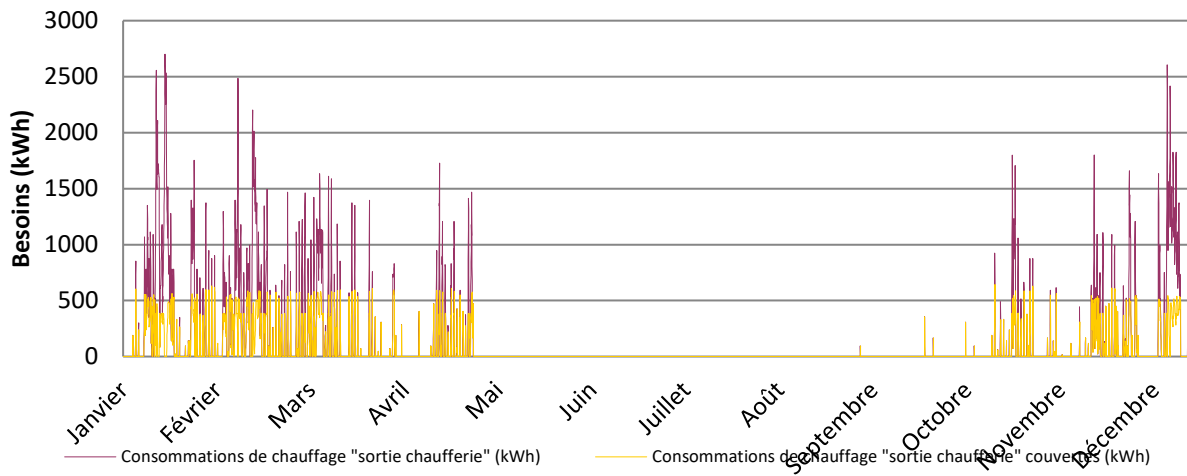


Figure 16 : Couverture des consommations « sortie chaufferie » de chauffage par le système - année 25.

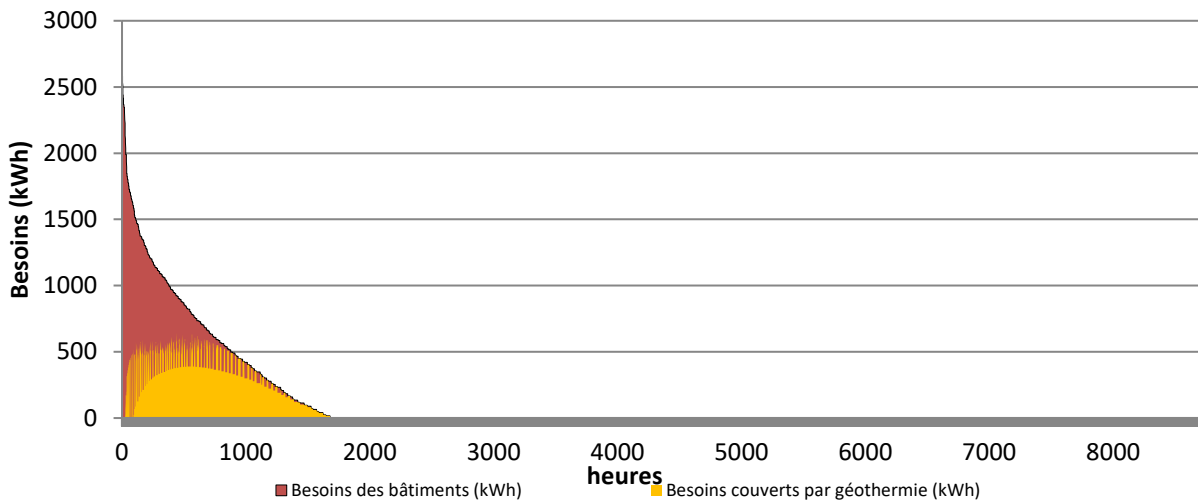


Figure 17 : Courbe de charge monotone des consommations « sortie chaufferie » de chauffage couvertes par le système - année 25.

4.2.4 Couverture des consommations énergétiques de rafraîchissement « sortie chaufferie »

Les graphiques ci-dessous présentent la couverture des consommations énergétiques de rafraîchissement « sortie chaufferie » couvertes par le système géothermique :

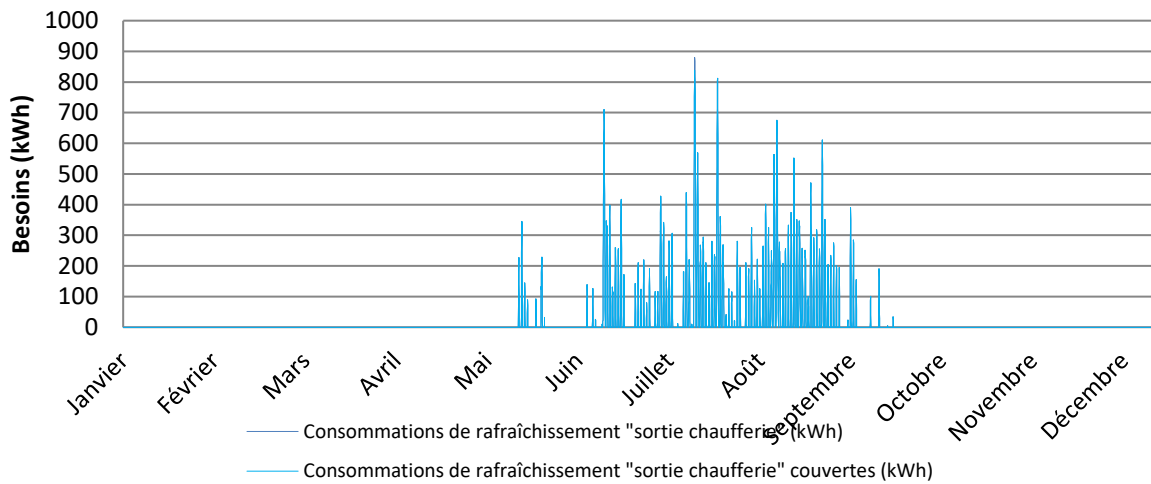


Figure 18 : Couverture des consommations « sortie chaufferie » de chauffage par le système en année 25.

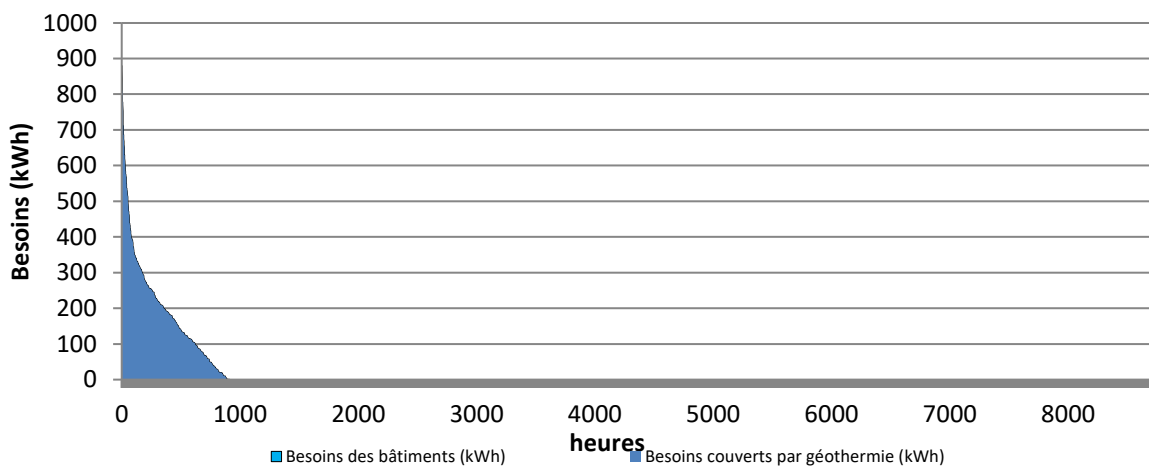


Figure 19 : Courbe de charge monotone des consommations « sortie chaufferie » de chauffage couvertes par le système en année 25.

5 Annexe : Fiche de sélection de la PAC

14/15



NX-W/H		0704	0804	0904	1004	1104	1204
Power supply	V/Phz	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50
PERFORMANCE							
COOLING ONLY (GROSS VALUE)							
Cooling capacity	(1) kW	221	250	281	313	359	398
Total power input	(1) kW	43,9	49,6	56,1	62,5	71,3	80,0
EER	(1) KW/KW	5,03	5,04	5,01	5,00	5,04	4,98
ESEER	(1) KW/KW	6,64	6,58	6,64	6,53	6,61	6,57
COOLING ONLY (EN14511 VALUE)							
Cooling capacity	(1)(2) kW	220	249	281	312	358	397
EER	(1)(2) KW/KW	4,91	4,91	4,88	4,86	4,89	4,81
ESEER	(1)(2) KW/KW	6,16	6,12	6,13	6,02	6,03	5,96
Cooling energy class		B	B	B	B	B	B
HEATING ONLY (GROSS VALUE)							
Total heating capacity	(3) kW	243	274	309	345	396	440
Total power input	(3) kW	53,8	60,6	68,2	76,5	87,1	98,1
COP	(3) KW/KW	4,52	4,53	4,54	4,51	4,54	4,49
HEATING ONLY (EN14511 VALUE)							
Total heating capacity	(3)(2) kW	244	275	310	346	396	442
COP	(3)(2) KW/KW	4,40	4,41	4,41	4,37	4,38	4,31
Cooling energy class		B	B	B	B	B	B
ENERGY EFFICIENCY							
SEASONAL EFFICIENCY IN COOLING (Reg. EU 813/2013)							
Ambient refrigeration							
P _{rated,c}	(11) kW	-	-	-	-	358	397
SEER	(11)(12)	-	-	-	-	5,89	5,79
Performance η _s	(11)(13) %	-	-	-	-	228	224
SEASONAL EFFICIENCY IN HEATING (Reg. EU 813/2013)							
P _{Design}	(4) kW	294	332	371	416	-	-
SCOP	(4)(14)	6,17	6,17	6,27	6,05	-	-
Performance η _s	(4)(15) %	239	239	243	234	-	-
Seasonal efficiency class	(4)	-	-	-	-	-	-
P _{Design}	(5) kW	263	297	335	374	-	-
SCOP	(5)(14)	4,83	4,90	4,93	4,85	-	-
Performance η _s	(5)(15) %	185	188	189	186	-	-
Seasonal efficiency class	(5)	-	-	-	-	-	-
EXCHANGERS							
HEAT EXCHANGER USER SIDE IN REFRIGERATION							
Water flow	(1) l/s	10,57	11,96	13,45	14,95	17,18	19,05
Pressure drop	(1) kPa	18,1	20,0	21,3	24,9	28,2	34,7
HEAT EXCHANGER USER SIDE IN HEATING							
Water flow	(3) l/s	15,34	17,33	19,54	21,77	24,99	27,73
Pressure drop	(3) kPa	38,1	42,0	45,0	52,7	59,7	73,6
HEAT EXCHANGER SOURCE SIDE IN REFRIGERATION							
Water flow	(1) l/s	12,62	14,27	16,07	17,87	20,51	22,78
Pressure drop	(1) kPa	17,4	19,6	22,0	24,8	30,0	36,2
HEAT EXCHANGER SOURCE SIDE IN HEATING							
Water flow	(3) l/s	11,73	13,25	14,93	16,66	19,09	21,25
Pressure drop	(3) kPa	15,1	16,9	19,0	21,6	26,0	31,5
REFRIGERANT CIRCUIT							
Compressors nr.	N°	4	4	4	4	4	4
No. Circuits	N°	2	2	2	2	2	2
Refrigerant charge	kg	22,5	25,3	28,8	41,1	47,0	49,0
NOISE LEVEL							
Sound Pressure	(6) dB(A)	70	71	72	73	74	74
Sound power level in cooling	(7)(8) dB(A)	87	88	89	90	91	91
Sound power level in heating	(7)(9) dB(A)	88	89	90	91	92	92
SIZE AND WEIGHT							
A	(10) mm	2210	2650	2650	2650	2650	2650
B	(10) mm	885	885	885	885	885	885
H	(10) mm	1805	1805	1805	1805	1805	1805
Operating weight	(10) kg	1050	1240	1330	1530	1630	1710

NOTES:

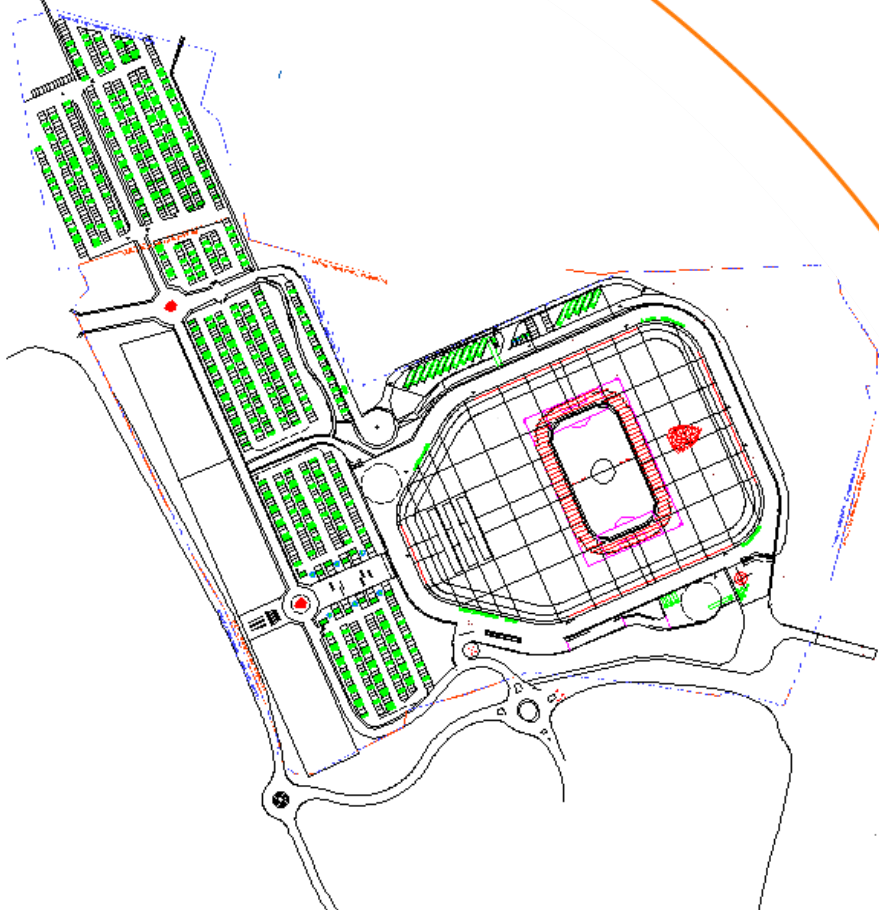
- 1 Plant (side) cooling exchanger water (in/out) 12°C/7°C; Source (side) heat exchanger water (in/out) 30°C/35°C.
- 2 Values in compliance with EN14511-3:2013.
- 3 Plant (side) heating exchanger water (in/out) 40°C/45°C; Source (side) heat exchanger water (in/out) 10°C/7°C.
- 4 Seasonal space heating energy efficiency class LOW TEMPERATURE in AVERAGE climate conditions [REGULATION (EU) N. 813/2013].
- 5 Seasonal space heating energy efficiency class MEDIA TEMPERATURE in AVERAGE climate conditions [REGULATION (EU) N. 813/2013].
- 6 Average sound pressure level at 1m distance, unit in a free field on a reflective surface; non-binding value calculated from the sound power level.

- 7 Sound power on the basis of measurements made in compliance with ISO 9614.
 - 8 Sound power level in cooling, indoors.
 - 9 Sound power level in heating, indoors.
 - 10 Unit in standard configuration/execution, without optional accessories.
 - 11 Seasonal energy efficiency of the cooling environment [REGULATION (EU) N. 2016/2281].
 - 12 Seasonal space heating energy index.
 - 13 Seasonal energy efficiency of the space cooling.
 - 14 Seasonal performance coefficient.
 - 15 Seasonal space heating energy efficiency.
- The units highlighted in this publication contain HFC R410A (GWP=2088) fluorinated greenhouse gases.**
 Certified data in EUROVENT



A Annexe 9, Etude de circulation (SCE, 2024)

Annexe 9, Etude de circulation (SCE, 2024)



Etude de circulation – accès au site du Frootven

Analyse de la solution envisagée

Février 2024



sce
Aménagement
& environnement

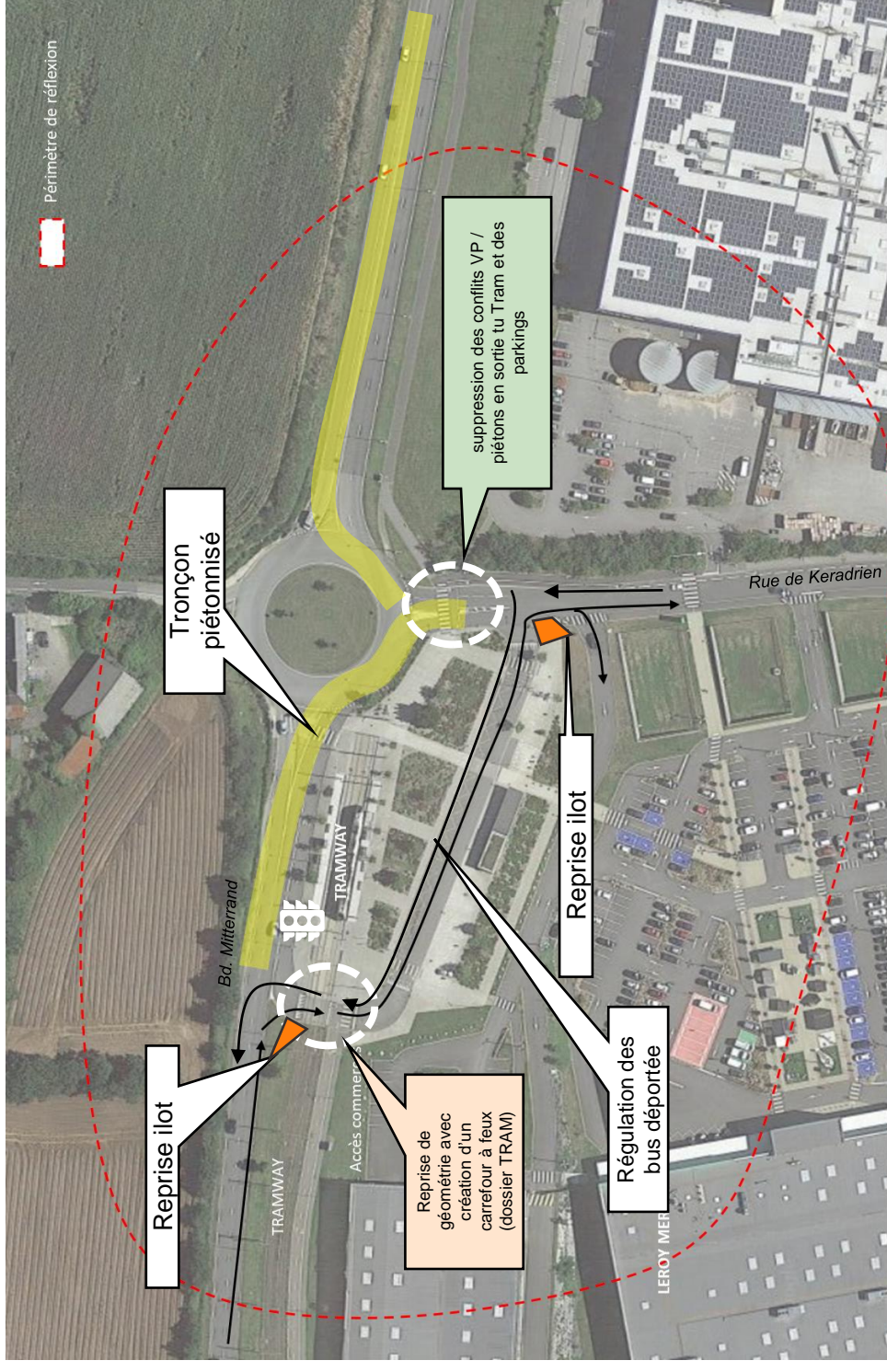
Principes de fonctionnement

Fonctionnement projeté :

- Piétonnisation en amont et aval du giratoire;
- Déviation des accès VP à Leroy Merlin et commerces par la voie de service bus;
- Reprise de l'îlot pour permettre les accès depuis le Bd. Mitterrand et les girations vers la Rue Keradrien;
- Création d'un nouveau carrefour à feux permettant de gérer les conflits avec le tramway;
- Régulation des lignes de bus à déplacer;

Objectifs :

- Réduire les conflits VP/piétons;
- Garantir un accès vers les parkings du Leroy/Merlin depuis le Bd Mitterrand



1

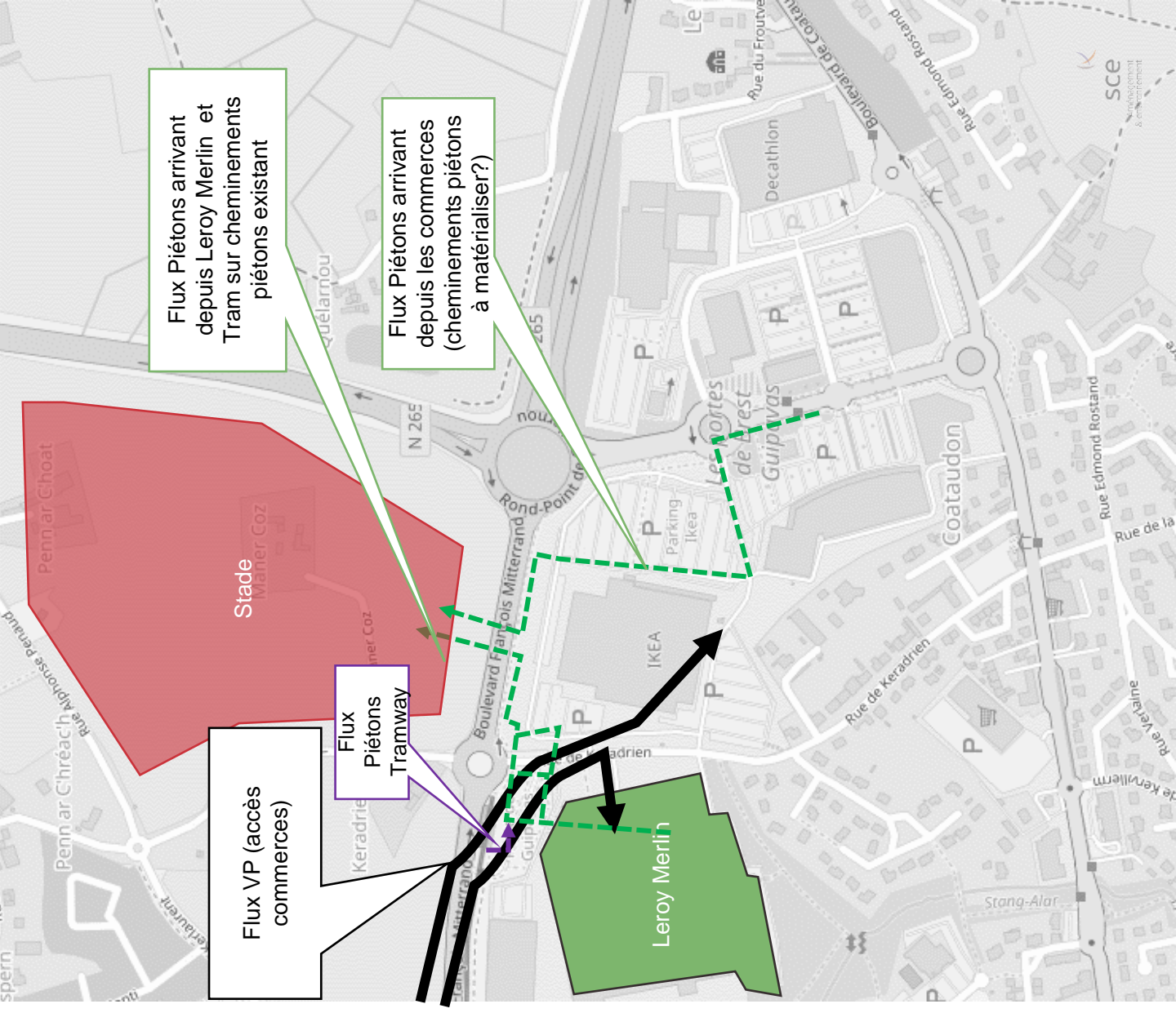
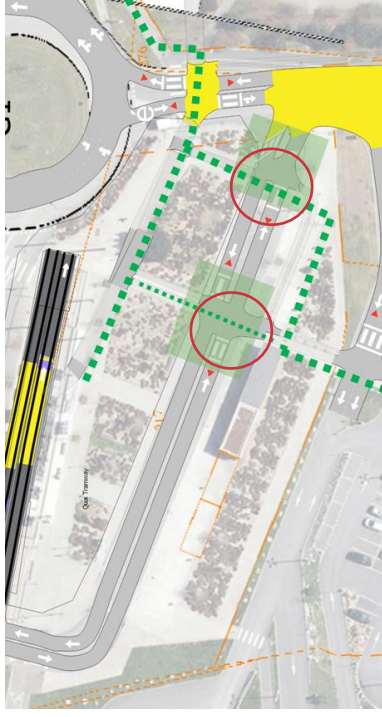
Impacts sur le fonctionnement VP



Principes de fonctionnement

Hypothèses déterminantes du modèle

- accès/sorties voitures en lien avec la zone commerciale uniquement (à priori pas de contrôle, mais stratégie de jalonnement des flux en amont);
- pas de transit passant par la voie bus
- Vitesse VP maximale de 30km/h sur rue des Bus;
- Canalisation des flux piétons au niveau de 2 traversées piétonnes (aucune traversée sauvage sur la voie des bus, seulement 2 points de conflits limitant le nombre d'arrêts pour les véhicules)



Zoom de l'aménagement projeté

- Un aménagement contraint par :
 - La présence des caténaires Tramway;
 - la présence de la signalisation et aiguillage tramway ;

Travaux à prévoir

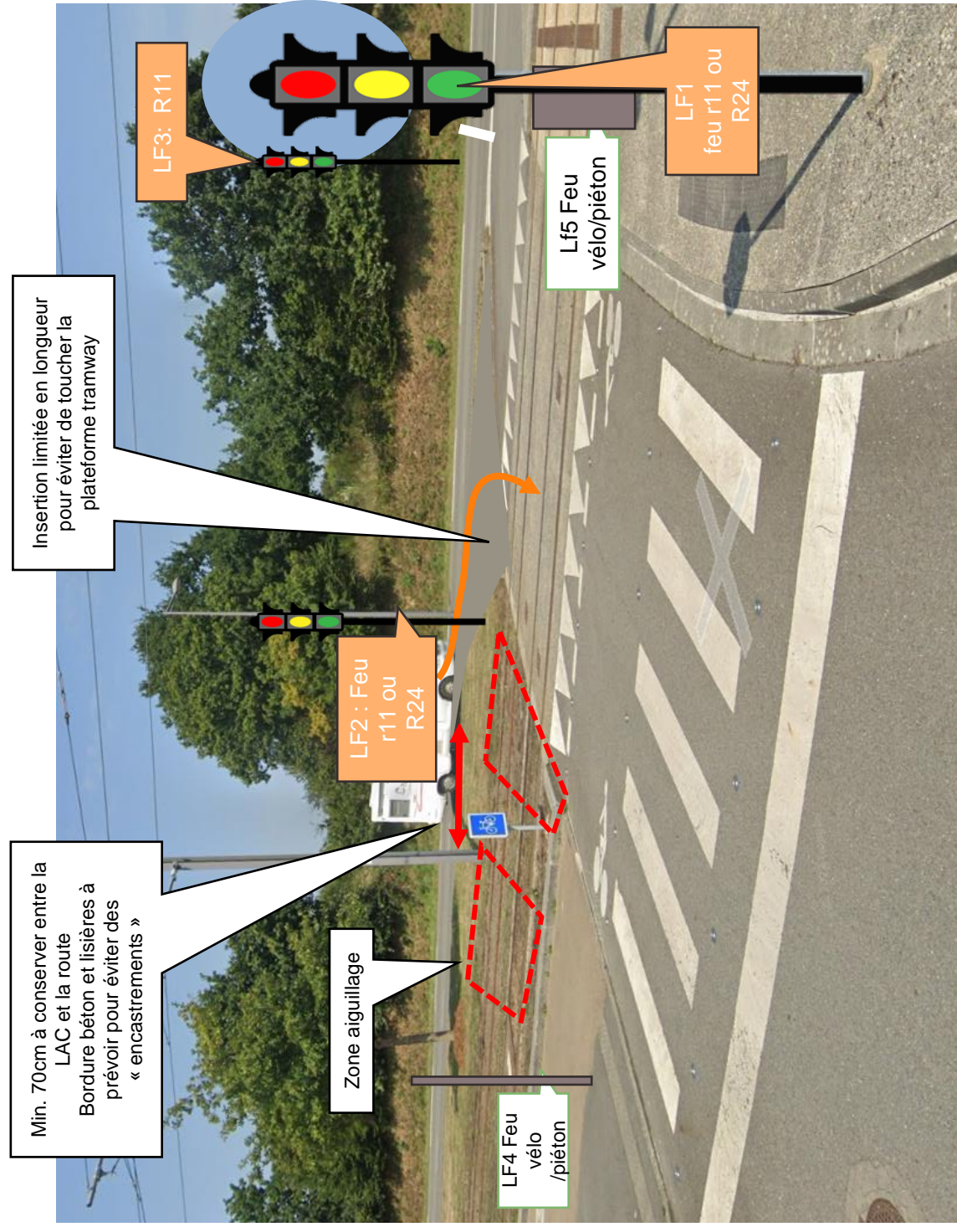
- Implantation de 5 feux (2 R13c et 3 R11)
 - LF1 : sorties depuis voie bus
 - LF 2 : TàD depuis Mitterrand
 - LF 3 : flux arrivant depuis Mitterrand Est (Secours, organisateurs...)
 - LF4 et 5 : feux vélo

Fonctionnement lors des événements

- Mise en service du carrefour à feux avec priorité tramway;
- Une phase spécifique Vélo/tram/piétons donnée sur **tous les cycles**;

Fonctionnement en temps normal

- Carrefour à feux éteint;
- Accès VP fermé depuis le Bd. Mitterrand (panneau, plots...);
- Sortie bus uniquement (fonctionnement actuel);



Débits modélisés

Modélisation le samedi après-midi en sortie de match (dimensionnant par rapport à la concentration des flux piétons sortant)

Débits modélisés samedi sortie Match 15h30

Accès VP

- VP spectateurs : 0
- VP commerces : 270

Sorties VP:

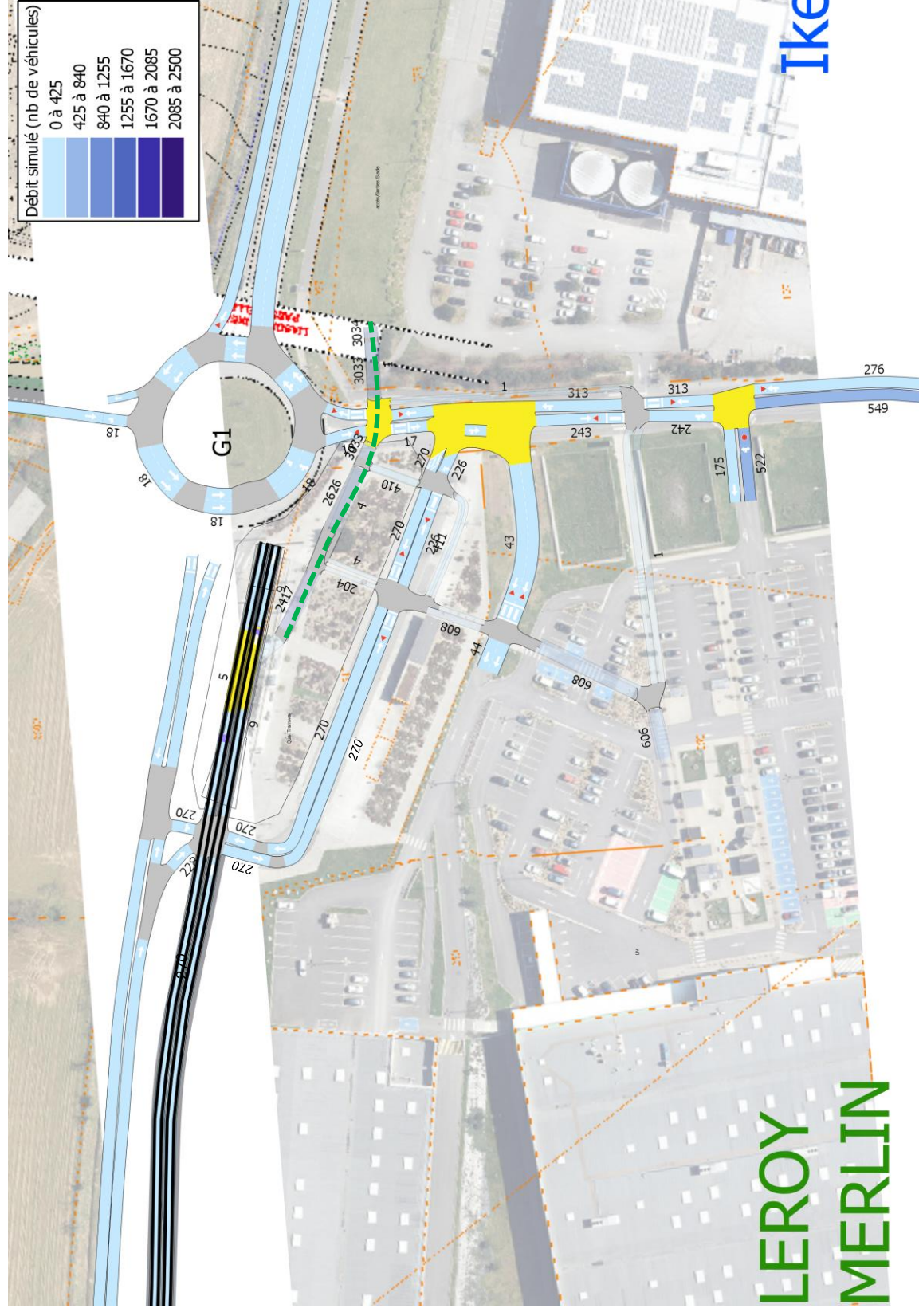
- VP spectateurs : 85
- VP commerces : 185

Soit 540 véhicules en circulation sur la voie bus

Sorties Piétons :

- **2 400** piétons en lien avec le tramway
- **635** en traversée vers Leroy Merlin
- Soit près de **3000** piétons

* Situation exceptionnelle + 250 piétons qu'en situation normale



Configuration de traversées piétonnes matérialisées



Zone de traversées piétonnes



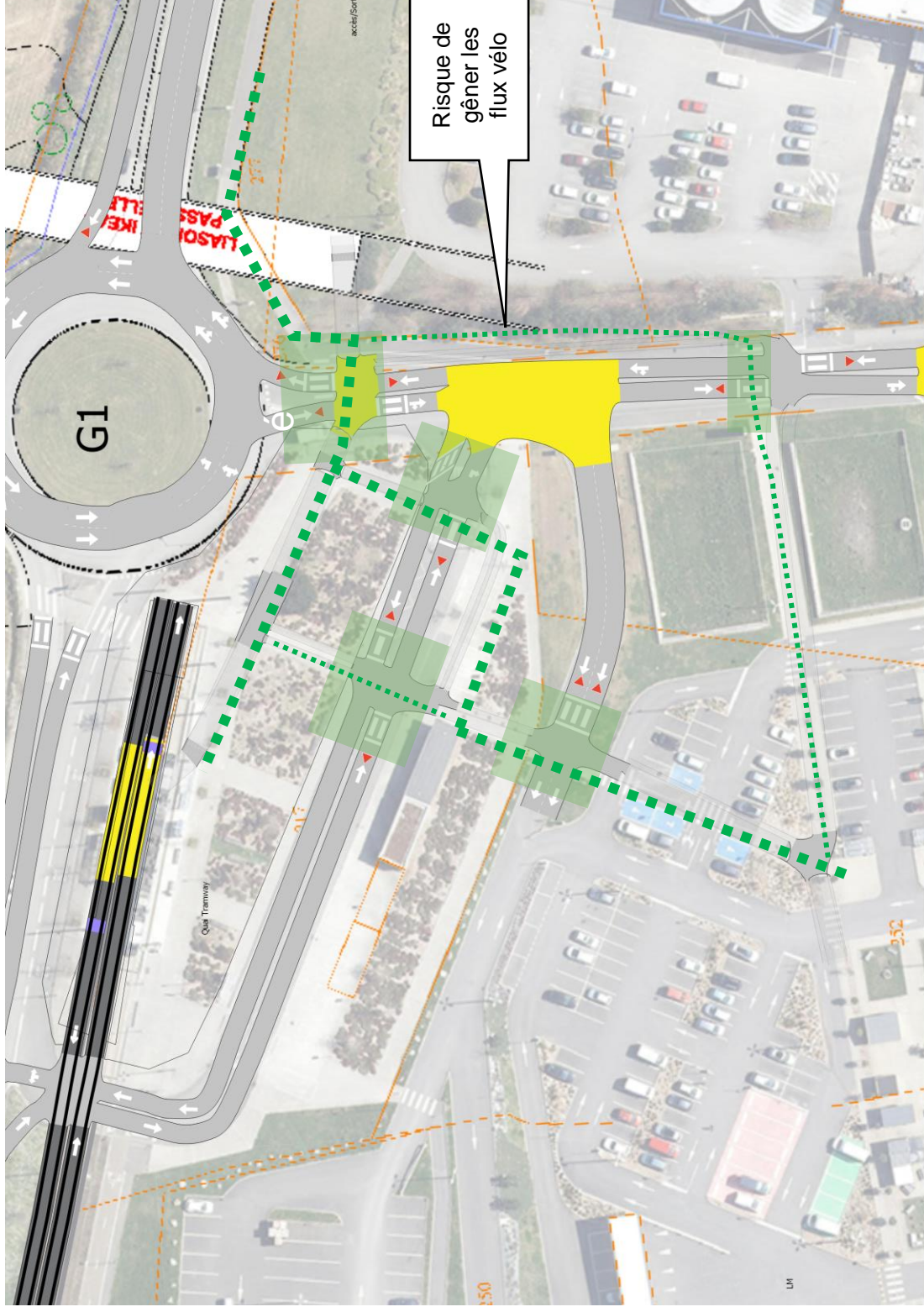
Itinéraires piétons possibles



Itinéraire préférentiel (choix automatique)



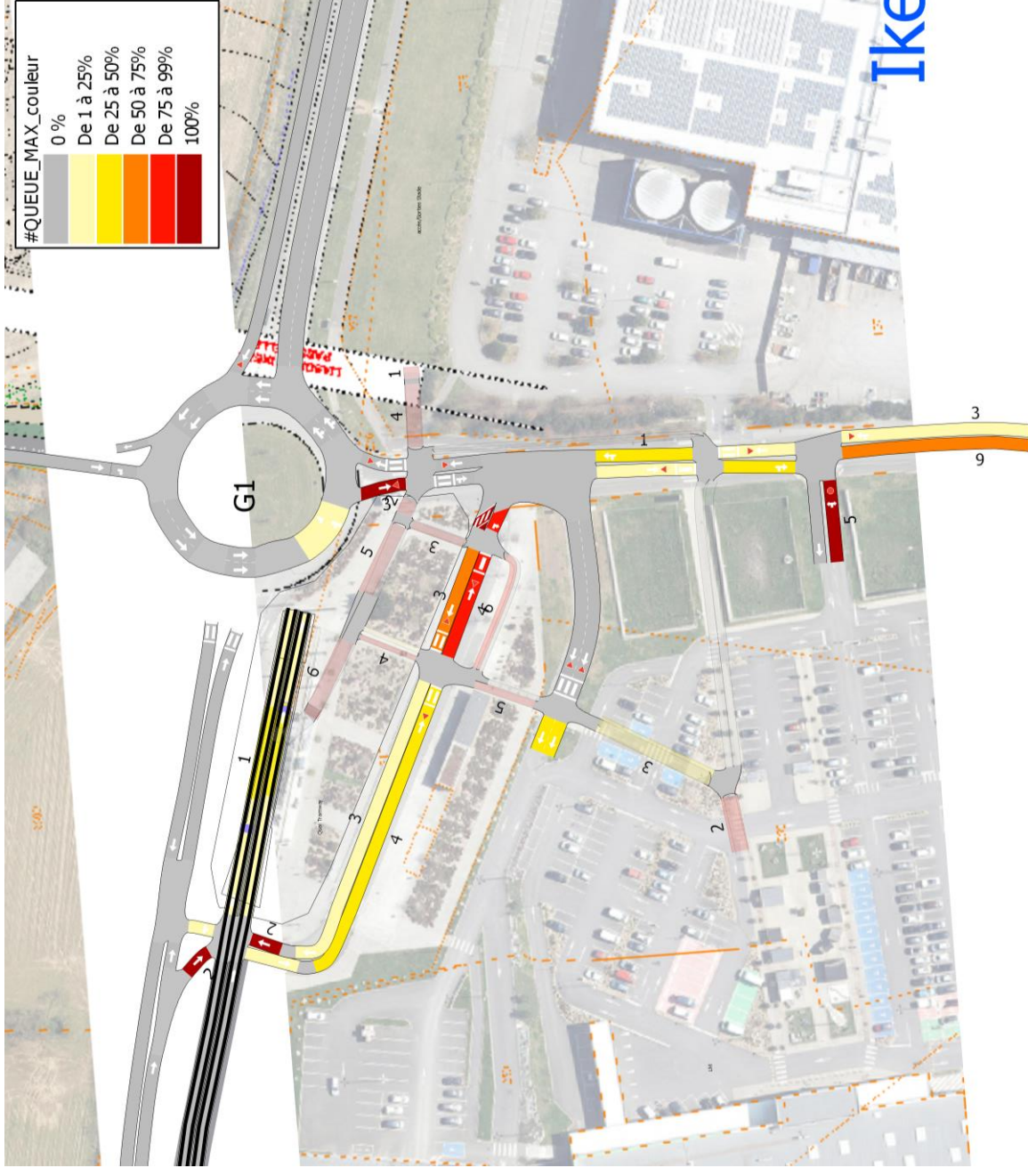
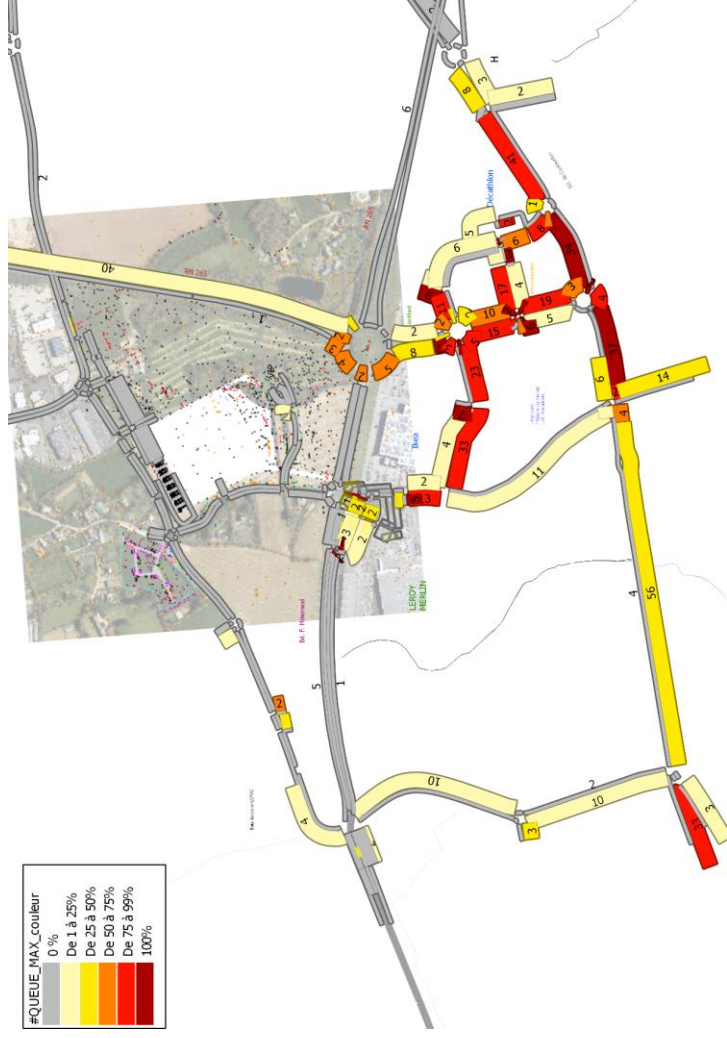
Itinéraire secondaire



Impacts des remontées de file



- un fonctionnement qui reste difficile au niveau de la zone commerciale;
- Mais peu d'impacts au niveau de la voie de shunt créée, avec des files d'attente de maximum 5 véhicules.



Synthèse de l'aménagement

	Analyse
Fonctionnement en période « classique » > 90% du temps	Voie de présélection du tād fermée en temps normal (plots?), carrefour à feux éteint → l'aménagement fermé doit être lisible et facilement compréhensible
Fonctionnement jours de match 5% à 10% du temps	Mise en service du carrefour à feu, peu d'impacts sur le flux de l'avenue Mitterrand (piétonnisé), sécurisation des flux vélo et piétons, des rétentions de véhicules faibles au niveau du feu (débit de trafic modéré)
Sécurité modes actifs	Forte réduction des conflits piétons/voiture notamment en lien avec les flux piétons issus du tramway,
	Des conflits piétons en lien avec le parking Leroy Merlin impactant peu la circulation routière (du moment où les traversées piétonnes sont canalisées sur 2 à 3 points)
Prévision travaux	Gestion SLT complexe – Dossier STRMTG à prévoir
Cout de l'aménagement	< 100k€ (création du carrefour + reprise angle rue Keradrien)

- Un aménagement qui fonctionne bien avec des débits de trafic modérés (~550 veh./h)
- peu de risques de saturation en lien avec le carrefour tramway;
- Un enjeu de sécurisation des flux piétons pour éviter de multiplier les points de conflits (cheminement par barrière).
- Des travaux d'aménagement complexes autour de la plateforme tram.

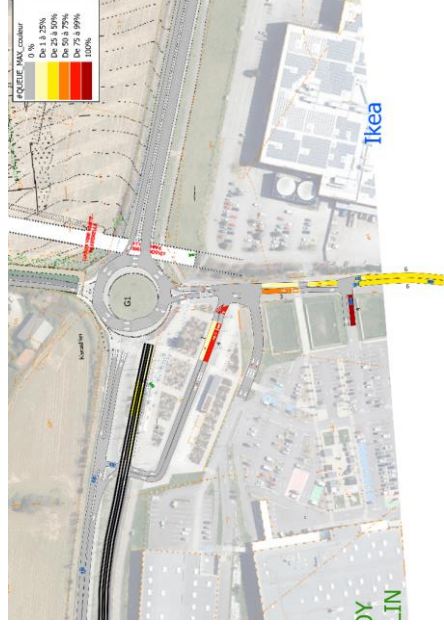
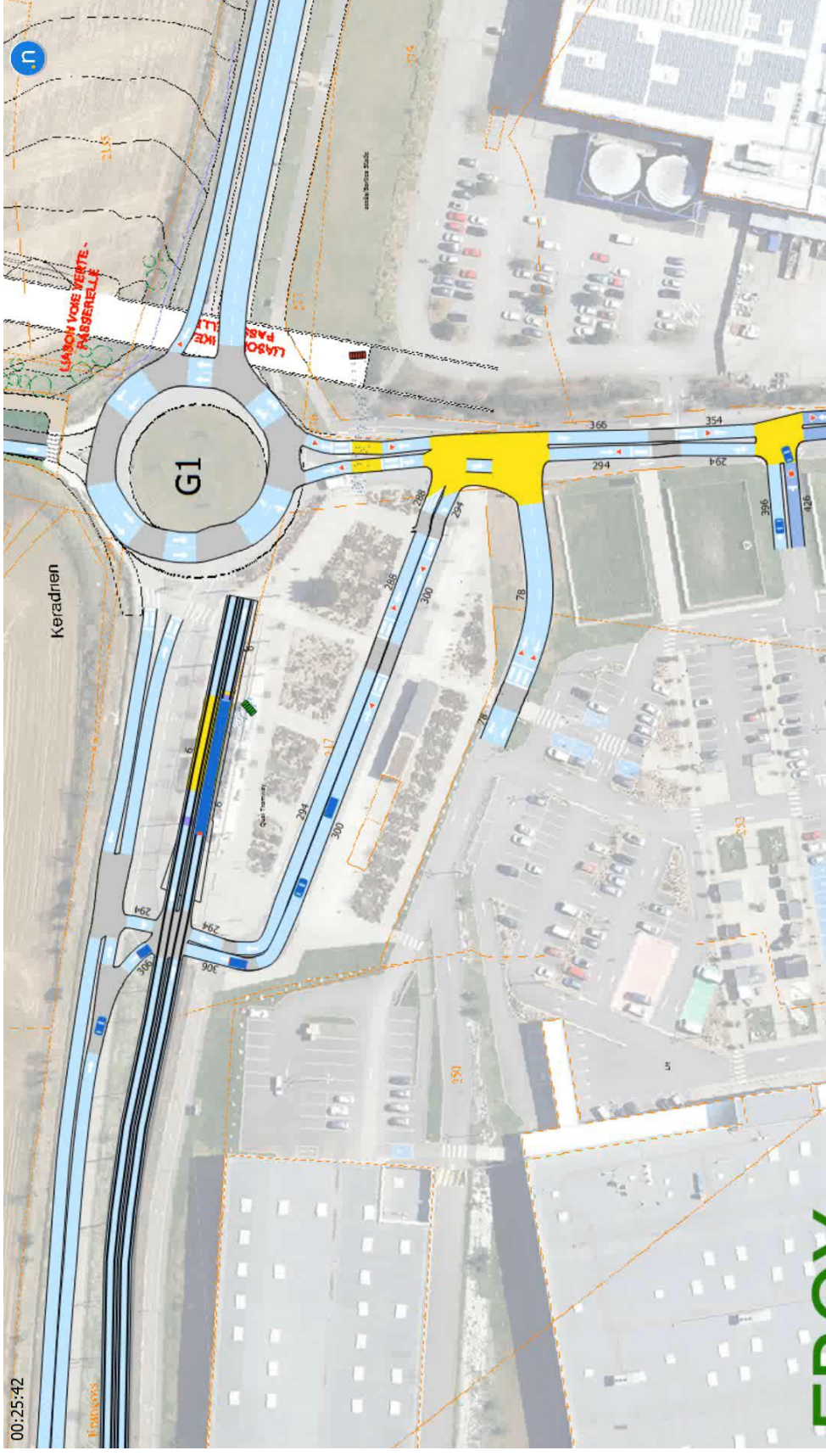
3

Annexes



Test le samedi en accès au match

- Un volume plus important de voitures en accès vers Leroy Merlin,
- Moins de piétons en traversée (arrivée plus étalée des spectateurs -2h) ;
- Des conflits très ponctuels ne gênant pas les accès vers Leroy Merlin;



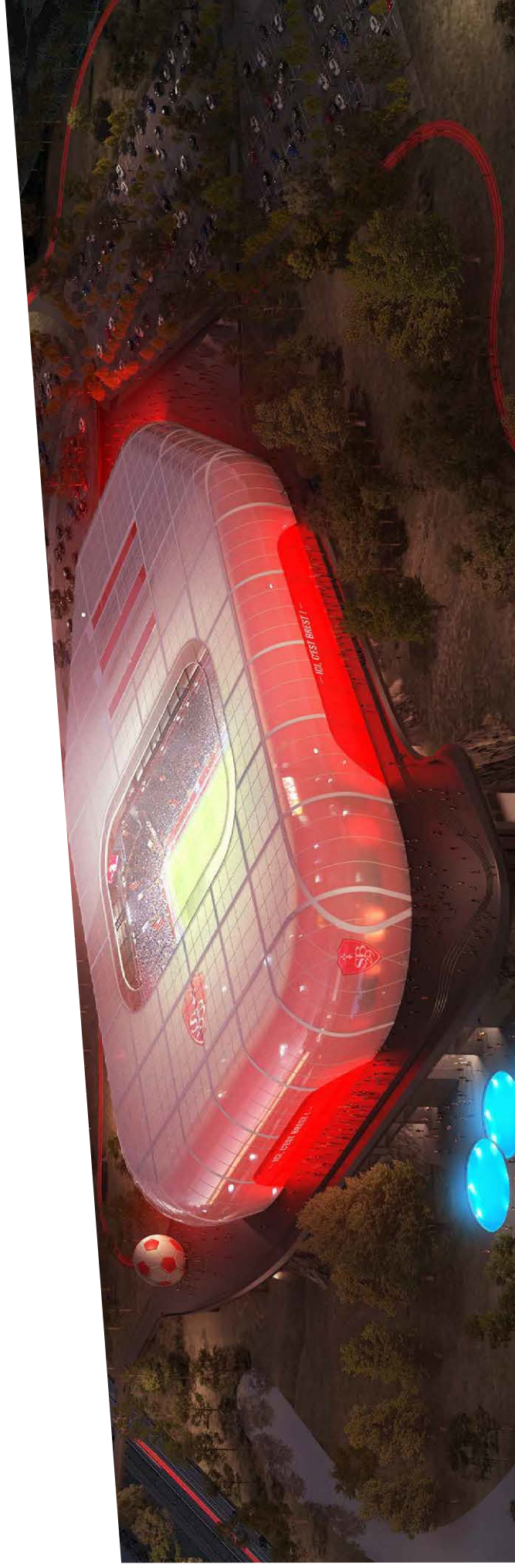
A Annexe 10, Schéma d'accessibilité modale (Transitec, 2024)

Annexe 10, Schéma d'accessibilité modale (Transitec, 2024)

EXPERTISE MOBILITÉ MULTIMODALE

Brest Métropole - 2024

Projet de stade à Guipavas
Schéma d'accessibilité multimodale



Sommaire

Contexte & objectifs

Quantification de la demande projetée

Rappel des hypothèses
Quantification de la demande

Schéma d'accessibilité multimodale

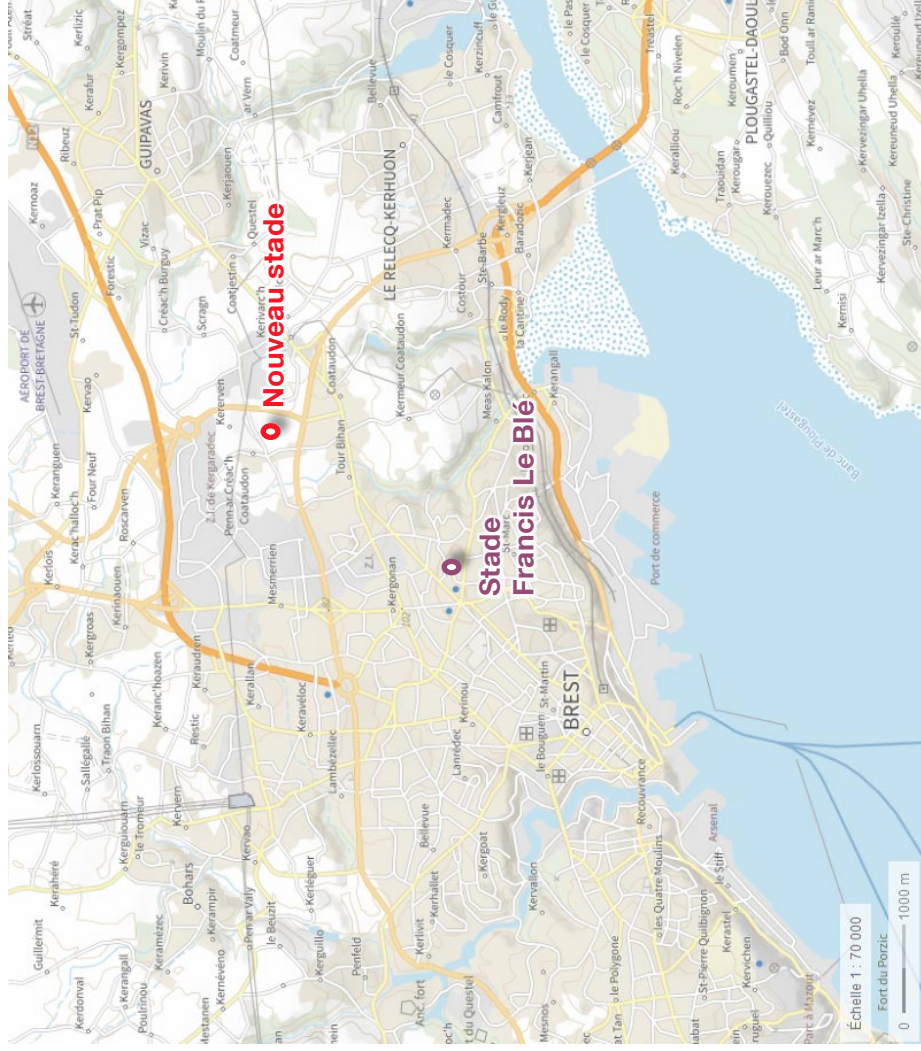
Stationnement
Accessibilité en voiture
Transports collectifs
Deux-roues
Piétons



Contexte & objectifs



Contexte



La Métropole de Brest dispose actuellement d'un stade, Francis le Bié, d'environ 15'100 places. Un second stade de capacité équivalente (14'900 places) est prévu dans le cadre de l'aménagement du secteur Froutven à Guipavas.

Transitec a été missionné afin de compléter les analyses réalisées par SCE dans le cadre de l'étude de circulation du nouveau stade.

Les objectifs de l'intervention de Transitec sont de :

- Consolider les hypothèses de mobilité associées au stade ;
- Identifier un scénario d'accessibilité multimodale à la future enceinte ;
- En déduire les charges de trafic induites permettant à SCE d'évaluer et traiter les conséquences en matière de circulation.

Sources : SB29 ; Géoportail

Méthodologie de l'étude

Phase 1 : Diagnostic de l'état initial et prospectif

- **Analyse de la situation multimodale actuelle** sur la base des données SCE
- **Rappel des projets connexes et de l'évolution du trafic** estimée dans l'étude SCE
- Présentation du projet de stade
- **Mise en perspective** par rapport à l'état projeté et premières alertes issues de l'étude SCE
- **Cadrage des scénarios** d'accessibilité

Phase 2 : Scénarios d'accessibilité et préconisations

- **Expertise des potentialités de desserte** du futur stade, mode par mode
- **Quantification de la demande projetée** en déplacements selon les nouveaux cas de charges dimensionnants et évaluation des incidences
- Proposition de **schéma d'accessibilité multimodal**

Synthèse forces/faiblesses/menaces/opportunités

Forces

- Étalement de la demande sur l'année / peu de jours critiques ;
- Capacité vraie sur les axes du réseau structurant ;
- Faible variabilité de la fréquentation (pas une multitude de scénarios d'exploitation, plus facile de sensibiliser un public peu volatil) ;
- Présence du tramway ;
- Programmation connexe au stade peu impactant sur les périodes les plus critiques de l'enceinte.

Faiblesses

- Cohabitation avec l'activité commerciale notamment le samedi après-midi ;
- Pas d'offre de stationnement en l'état au nord du stade ;
- Concentration des accès aux parkings purement stade sur quelques voies du réseau secondaire ;
- Faibles capacités vraies sur le réseau secondaire en accès au stade ;
- Pas d'autre offre structurante transports collectifs que le tramway à proximité.

Opportunités

- Piétonisation de la RD205 envisagée durant les matchs pour faciliter les connexions piétonnes entre le stade et le Sud de la RD205 (tramway et zone commerciale) ;
- Développement du réseau vélo ;
- Quelques parkings identifiés aux alentours avec une offre résiduelle importante aux périodes dimensionnantes, pouvant compléter l'offre sur site.

Menaces

- Risque de stationnement hors des espaces dédiés ;
- Ampleur des interventions à envisager sur le réseau viaire (nécessité de réflexion par rapport aux enjeux d'apaisement et admissibilité de la population) ;
- Attractivité des potentiels parkings décentrés (distances à pied importantes).
- Cheminements piétons dégradés sur la zone commerciale envisagée comme stationnement déporté de proximité

Quantification de la demande projetée



Quantification de la demande projetée

Rappel des hypothèses



Rappel - Jauge et cas d'affluence à considérer

Analyse des données de fréquentation du stade Francis Le Blé

Saison 2018/2019		Saison 2019/2020	
Metz	9590	Toulouse	14208
Paris FC	7876	Reims	13926
Le Havre	7056	Rennes	14752
Gazélec Ajaccio	6412	Lyon	14467
Chateauroux	6469	Metz	12676
Lorient	13033	Dijon	14232
Red Star	9144	PSG	15141
Nancy	7231	Nantes	14205
AC Ajaccio	8457	Strasbourg	12413
Béziers	8068	Nice	13042
Troyes	7818	Amiens	12866
Sochaux	7625	Bordeaux	13036
Auxerre	9714	St Etienne	13399
Grenoble	9007	Angers	13313
Valenciennes	9023	Lille	
Clermont	9172	Marseille	
Orléans	12014	Montpellier	Covid
Lens	12467	Monaco	
Niort	14927	Nîmes	
Total	175103	Total	191676

	Saison 2018/2019 (19 matchs)	Saison 2019/2020 (14 matchs)
Affluence maximum	14927	15141
Affluence moyenne	9216	13691



+50% depuis le passage en ligue 1

Hypothèses initiales :

- Capacité du stade : 12 972 places
- Cas courant : 9 000 spectateurs
- Cas exceptionnel : ~13 000 spectateurs

Hypothèses proposées :

- Capacité du stade : **14 900 places** (évolution du projet)
- Cas courant : **13 500 spectateurs** (90% de la capacité)
- Cas exceptionnel : **~15 000 spectateurs**

Rappel - Programmation des matchs et impacts

Exemples d'occurrences saisons précédentes

	Mardi 21h	Mercredi 19h	Vendredi 21h	Samedi 13h	Samedi 17h	Samedi 21h	Dimanche (global)	TOTAL
Nbre de matchs	1	1	2	2	2	1	12	21
Poids relatif du créneau	5%	5%	9%	9%	9%	5%	58%	-

Occurrences prévisionnelles des matchs de la saison 2023-2024

	Mercredi 21h	Jeu di 20h30	Vendredi 21h	Samedi 17h	Samedi 21h	Dimanche (global)	TOTAL
Nbre de matchs	1	1	0	1	3	11	17
Poids relatif du créneau	6%	6%	0%	6%	17%	65%	-

Périodes simulées

- Vendredi soir entrée de match
- Vendredi soir sortie de match
- Samedi après-midi entrée de match
- Samedi après-midi sortie de match
- Samedi soir sortie de match

Périodes dimensionnantes d'accès au stade

- Les périodes dimensionnantes interviennent lorsque le trafic de fond est important, elles sont :
 - Le vendredi soir en entrée de match de 21h.
 - Le samedi après-midi en entrée de match de 17h.
 - Le samedi après-midi en sortie de match de 13h (peu fréquents).
- Un nombre important de matchs le dimanche : période non dimensionnante (peu de trafic de fond).

Hypothèses retenues

Périodes dimensionnantes d'accès au stade :

- Le vendredi soir en entrée de match.
- Le samedi après-midi en entrée de match.

Le cas de la sortie de match a été modélisée bien que cette période ne soit pas considérée comme dimensionnante car le trafic de fond est généralement très faible aux horaires de fin de match.

Nombre de spectateurs :

- Cas exceptionnel : **15 000 spectateurs** ;
- Cas courant : **13 500 spectateurs**.

Répartition horaire – Poids de la pointe :

Entrée

55% des entrées dans l'heure précédant le début du match

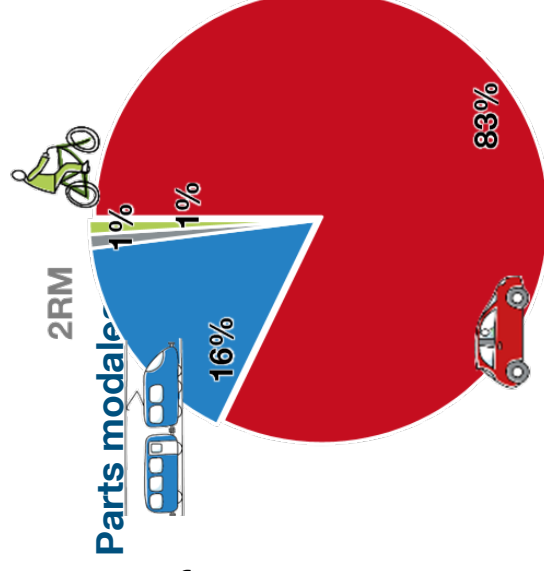
(Un test de sensibilité avec

100% d'entrée l'heure précédant

le match pourra être effectué)

Sortie

100% des sorties dans l'heure suivant la fin du match



Source : Nouveau stade à Guipavas – Etude de circulation – SCE – Document de travail en date du 19/04/2019

Taux d'occupation :



2,5 spectateurs / voiture

Rappel – Trafic de fond et offre de stationnement

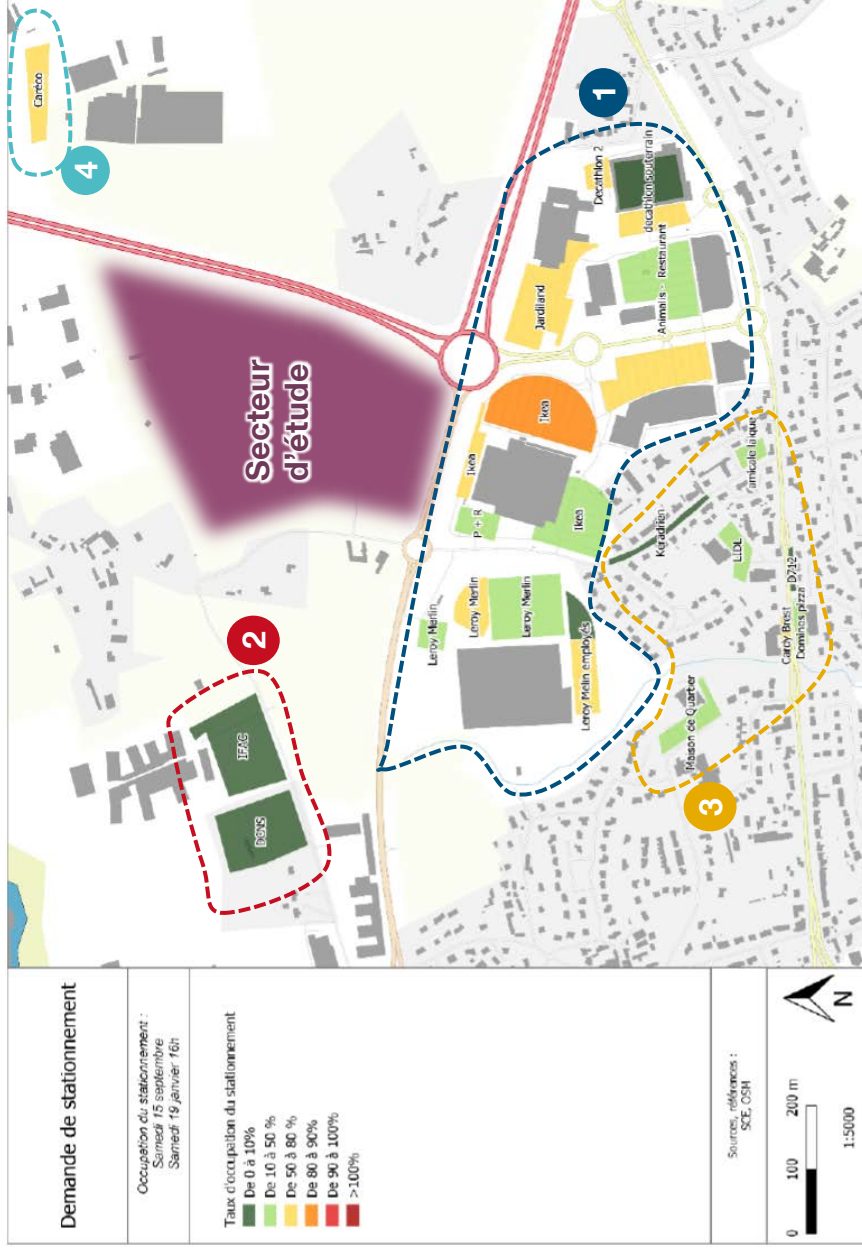
Trafic de fond (= trafic actuel) :

- Pas d'évolution tendancielle (évitement du secteur en période de match) ;
- Pas d'impact des projets connexes aux horaires de match.

Trafic - Samedi après-midi
15H30 - 16H30



Offre de stationnement à proximité et données d'occupation le samedi :



Quantification de la demande projetée

Quantification de la demande



Estimation de la demande globale de déplacement et de stationnement

Déplacements en lien avec le stade

Nombre de spectateurs / <u>match</u>	Accès en voiture (y compris voiture + navette)	Accès en transports collectifs	Accès en deux-roues motorisés	Accès en vélo
Cas exceptionnel : 15 000 spectateurs	12 450 (soit 4 980 voitures)	2 400	~100	150
Cas courant : 13 500 spectateurs	11 210 (soit 4 480 voitures)	2 160	~100	140



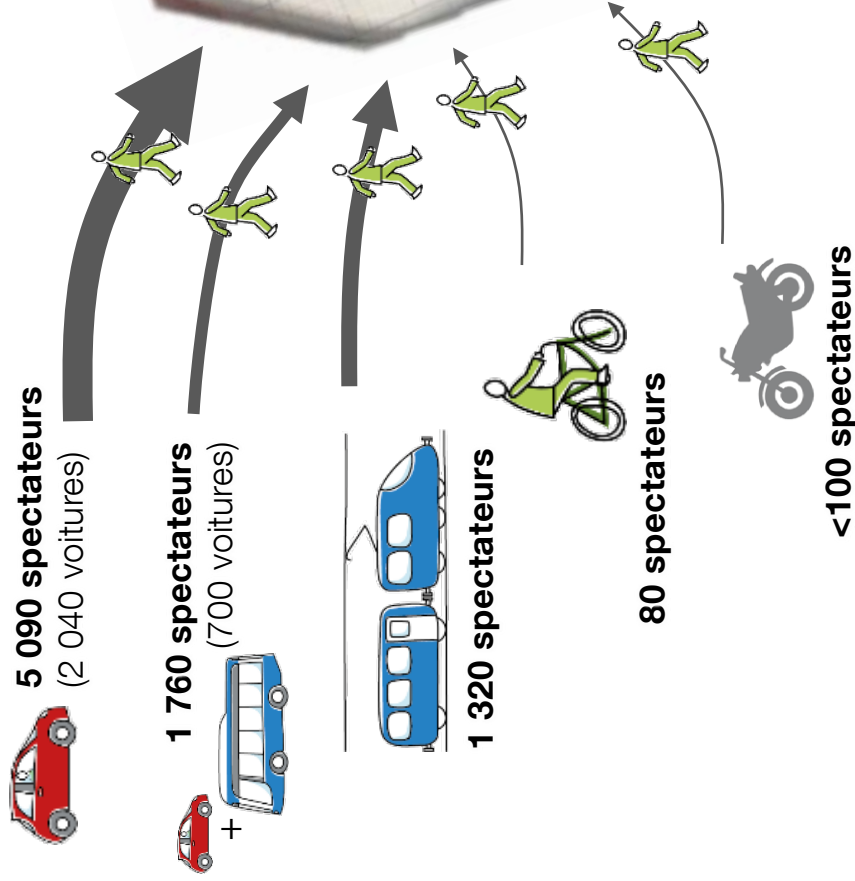
Stationnement

Cas exceptionnel :
4 980 places

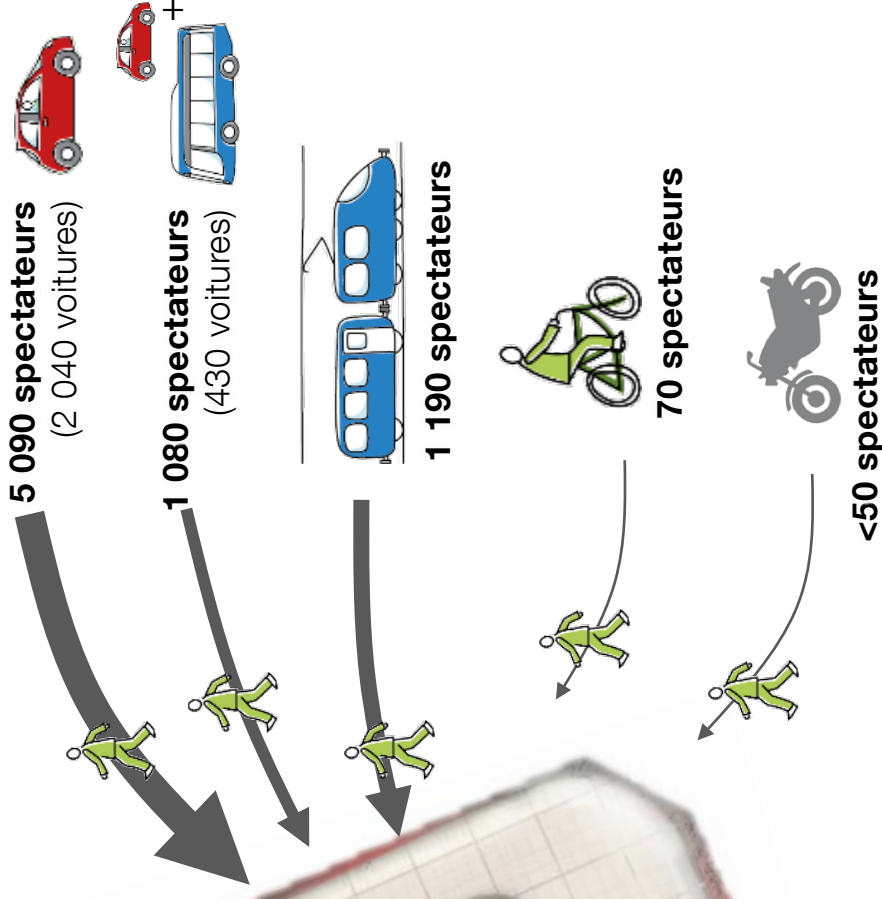
Cas courant :
4 480 places

Flux de déplacement en entrée (55% des arrivées l'heure avant match)

Cas exceptionnel – 15 000 spectateurs



Cas courant – 13 500 spectateurs



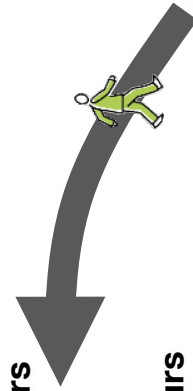
■ Test de sensibilité proposé par la suite avec 100% des entrées l'heure avant match.

Flux de déplacement en sortie (100% des sorties l'heure après match)

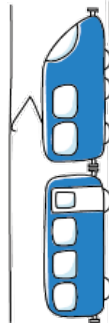
Cas exceptionnel – 15 000 spectateurs



9 250 spectateurs
(3 700 voitures)



3 200 spectateurs
(1 280 voitures)



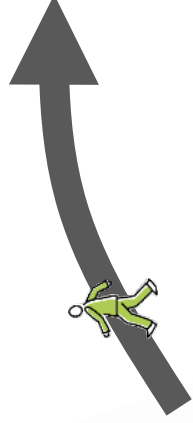
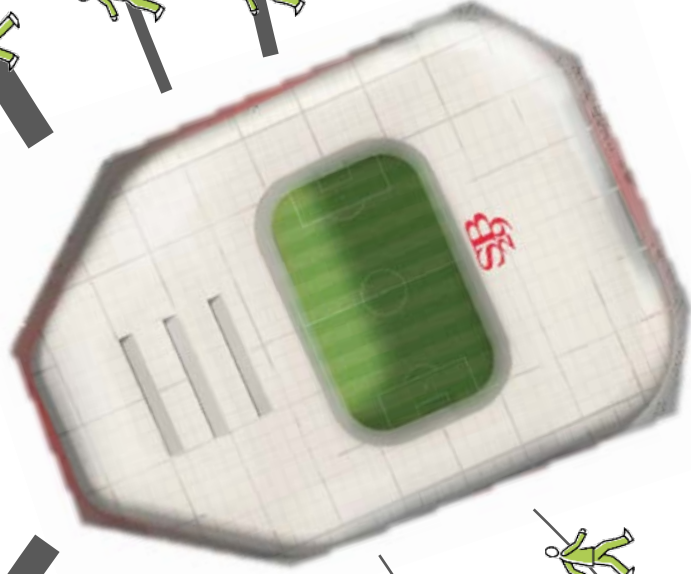
2 400 spectateurs



150 spectateurs



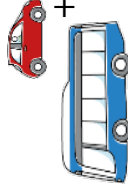
<100 spectateurs



9 250 spectateurs
(3 700 voitures)



1 960 spectateurs
(780 voitures)



2 160 spectateurs



130 spectateurs



<100 spectateurs

■ Test de sensibilité proposé par la suite avec 100% des entrées l'heure avant match.

Schéma d'accessibilité multimodale



Schéma d'accessibilité multimodale

Stationnement



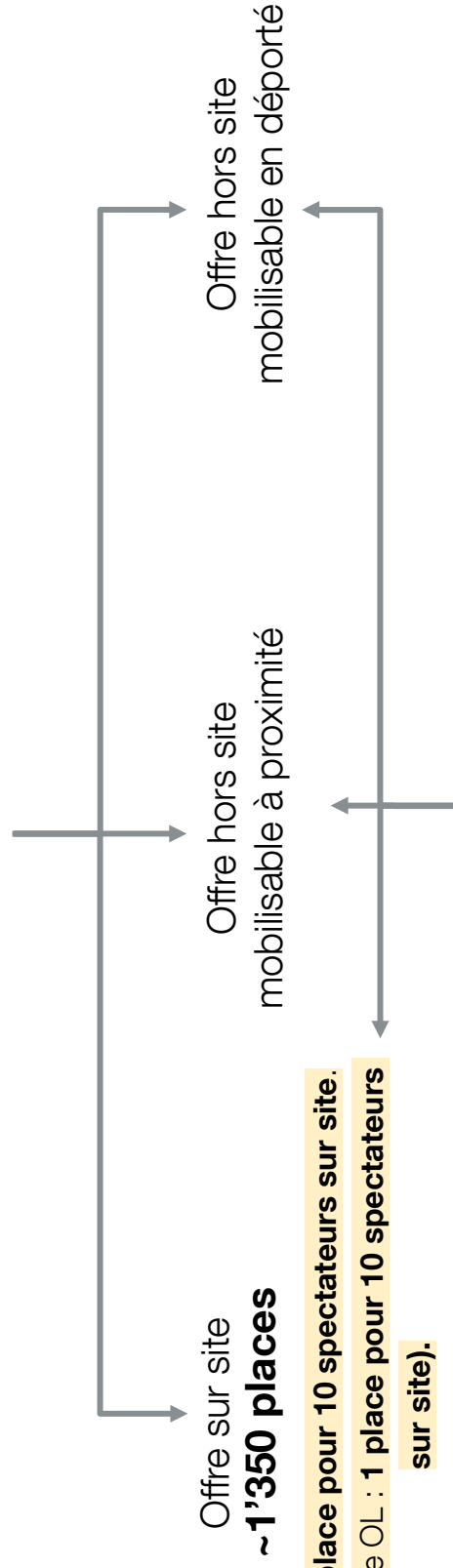
Besoins de stationnement - Recherche de solutions

Demande de stationnement brute

Cas exceptionnel ~5 000 places

Cas courant ~4 500 places

SOLUTIONS ENVISAGEABLES



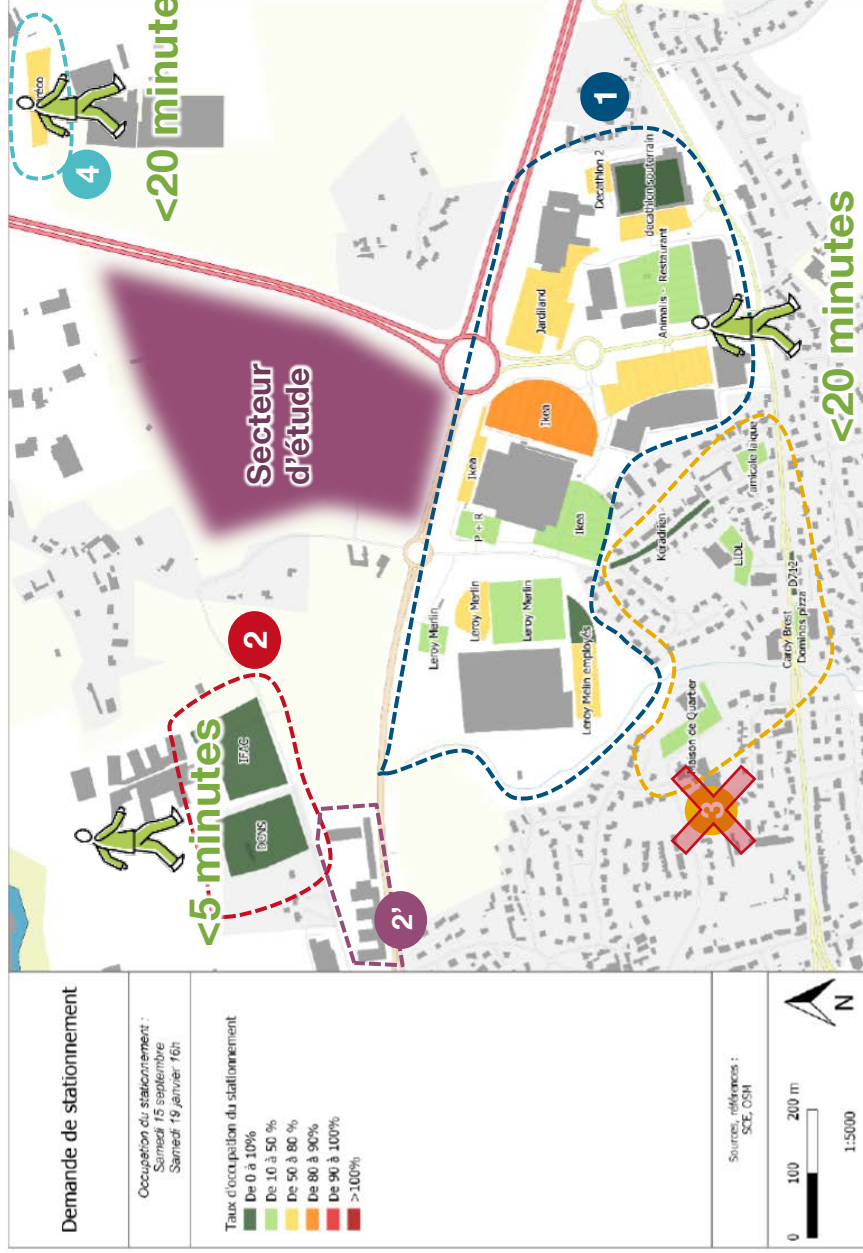
Soit environ : **1 place pour 10 spectateurs sur site.**
(similaire au stade OL : **1 place pour 10 spectateurs sur site.**)

CONTRAINTES

- Capacité / compacité : volume critique de places pour assurer la lisibilité ;
- Conventonnement : réduction du nombre d'opérateurs ;
- Disponibilité sur toutes les périodes de match ;
- Localisation :
 - accessible à 20-30 minutes à pied ;
 - ou en amont des congestions le long de la voie rapide (parking + navette TC).

Offre hors site mobilisable à proximité

Offre de proximité identifiée hors stade



Offre de stationnement des sites 1, 2 et 4 mobilisée.

Offre de stationnement du site 3 démobilisée : offre dispersée et distante.

Offre de stationnement complémentaire à envisager sur le site 2' : disponibilité envisagée sur le site de Naval et Eau du Ponant (~200 places).

Points de vigilances sur le potentiel de mobilisation de la zone commerciale (site 1) :

- Décathlon :
 - 720 places dont 500 en sous-sol ;
 - Les conditions opérationnelles de leur mobilisation doivent être approfondies.
- P+R : avec ou sans conventionnement, la mobilisation du P+R est probable par les usagers habituels.

Source : étude SCE

Rappel - Réserves de capacité de la zone commerciale

	Capacité (Nbre de places)	Vendredi après-midi (17h) Capacité résiduelle (Nbre de places)	Vendredi soir (20h) Capacité résiduelle (Nbre de places)	Samedi après-midi (16h) capacité résiduelle (Nbre de places)
PK CC de Coataudon	Parking			
	Leroy Merlin	521	405	503
	Leroy Merlin Employés	133	81	109
	Ikea	830	544	756
	Jardiland	294	229	292
	PK King jouet / Maison du Monde	290	163	231
	PK Boulanger / Animalis / Restaurants	440	327	230
	Decathlon	720	584	674
	P+R	95	66	84
	Total	3 323	2 399	2 879

Capacité hors site mobilisable à proximité

	Capacité totale	Capacité résiduelle		
		vendredi 17h	vendredi 20h	samedi 16h
1 : ZC Coataudon	2 320 pl.	2 400 pl.	2 880 pl.	1 800 pl.
2 : IFAC/DCNS	520 pl.	390 pl.	520 pl.	520 pl.
2' : Naval et Eau du Ponant	?	?	?	100pl.*
4 : Le Saint	?	?	?	250-300pl.*
Total	3 840 pl.	2 790 pl.	3 400 pl.	~2600 pl.

Sources : SCE 2019

* **Hypothèse** : peu de données disponibles sur l'offre et la capacité disponible : (2) 100 places sur les 200 places identifiées sur le parking Naval et Eau du Ponant / (4) totalité des places.

Le samedi après-midi constitue la période critique en termes de capacité de mobilisation globale :

- Dimensionnant sur la recherche de capacité de stationnement déporté.
- Non dimensionnant au cas par cas : le conventionnement doit être modulé opérateur par opérateur et selon la période considérée.

La capacité résiduelle de la zone commerciale est sujette à des variations : 80% de la

capacité résiduelle de la zone commerciale le samedi après-midi est considérée à ce stade tandis que la totalité du site IFAC/DCNS, Naval Eau du Ponant et Le Saint est considéré.

Soit ~2 350 places mobilisables hors site

■ **Offre de proximité mobilisable (sur site et hors site) : 3'700 places.**

■ **Offre délocalisée à satisfaire :**

- Cas courant : 800 places ;
- Cas exceptionnel : 1'300 places.

Recherche de capacité déportée de près de 1'300 à 1'500 places (marges de sécurité à intégrer).

Stationnement hors site déporté

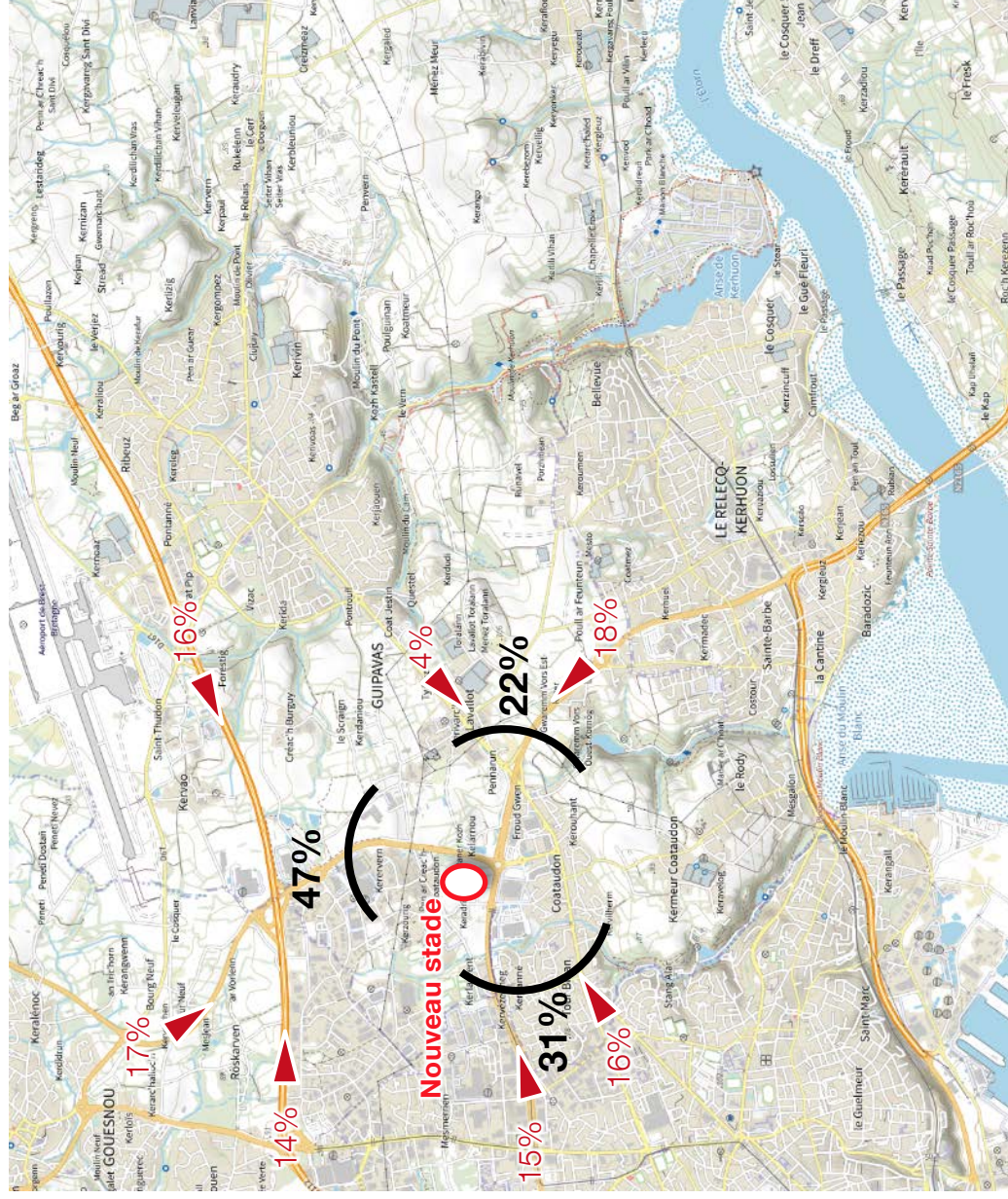
Demande de stationnement déportée

Objectif de mobilisation de 1 300-1 500 pl.

Une offre de stationnement éloignée à envisager :

- En priorité au Nord :
 - pour « capter » une majorité des usagers (47%)
 - Et idéalement en amont des points de congestion sur la RN pour soulager les voiries d'accès au site.
- En second lieu au Sud-Est.

Provenance des usagers motorisés



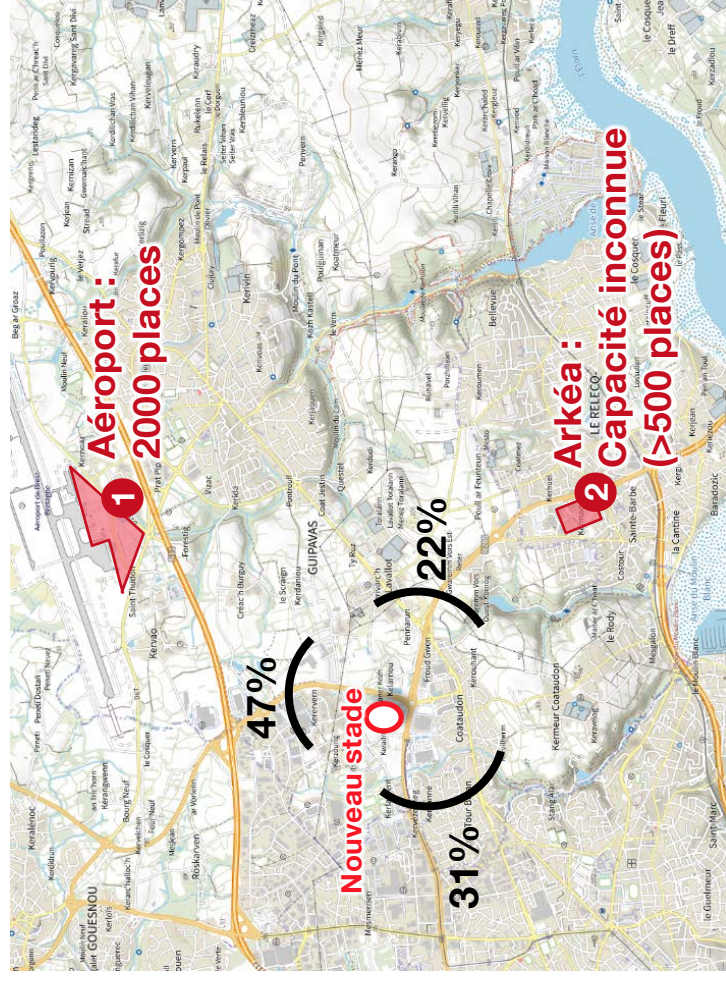
Stationnement hors site déporté : Sites identifiés

Demande de stationnement déportée

Objectif de mobilisation de 1 300-1 500 pl.

Capacité		Offre à mobiliser – Samedi après-midi
Aéroport	2000 places	Mobiliser à minima 40% de la capacité : 800 places
Arkea	>500 places (hypothèse)	Mobiliser la totalité de la capacité : 500 places

TOTAL ~1300 places



■ Une mobilisation très importante des deux poches de stationnement identifiées est nécessaire pour atteindre la fourchette inférieure de l'objectif initial de capacité déportée (objectif de 1300 à 1500 places) :

- Un processus de conventionnement à déclencher rapidement pour en confirmer la faisabilité et les volumes réellement mobilisables.
- En parallèle, une recherche de solutions complémentaires à mener, afin :
 - de sécuriser la capacité déportée en cas de démobilitation partielle ou totale d'une des poches identifiées ci-avant,
 - de trouver une solution à l'Ouest du stade pour les visiteurs de ce bassin versant.

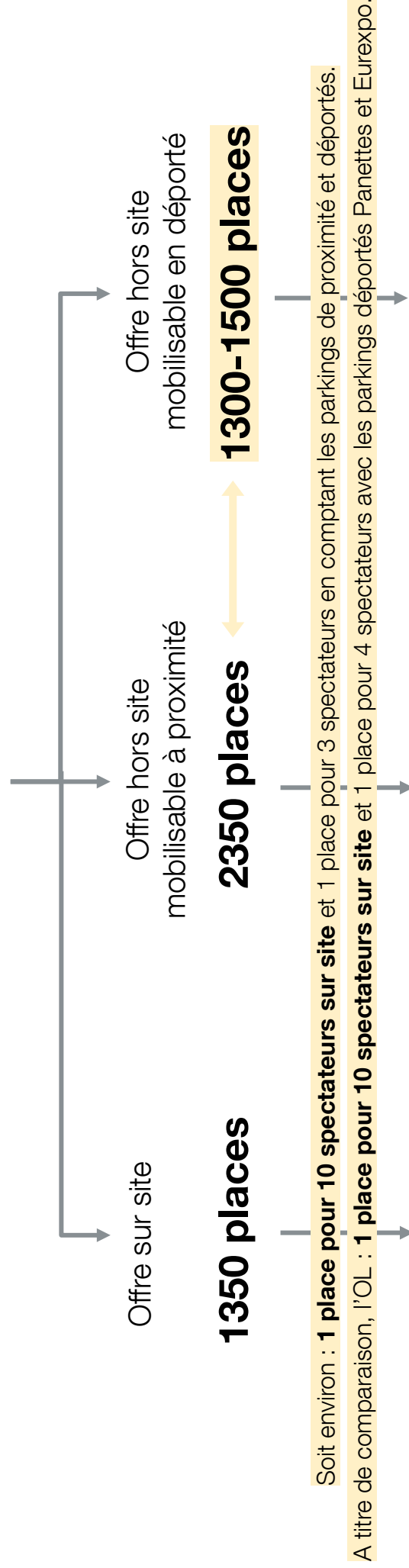
Besoins de stationnement - Synthèse

Demande de stationnement brute

Cas courant ~4 500 places

Cas exceptionnel ~5 000 places

SOLUTIONS ENVISAGEABLES



POINTS DE VIGILANCES A ACCOMPAGNER

Maitrise du stationnement sauvage (cf. slide suivante)

Dimensionnement des accès aux poches de stationnement

Dimensionnement des accès aux poches de stationnement & **cheminements piétons** depuis / vers le lieu déporté

Organisation du rabattement en transports collectifs depuis le lieu déporté

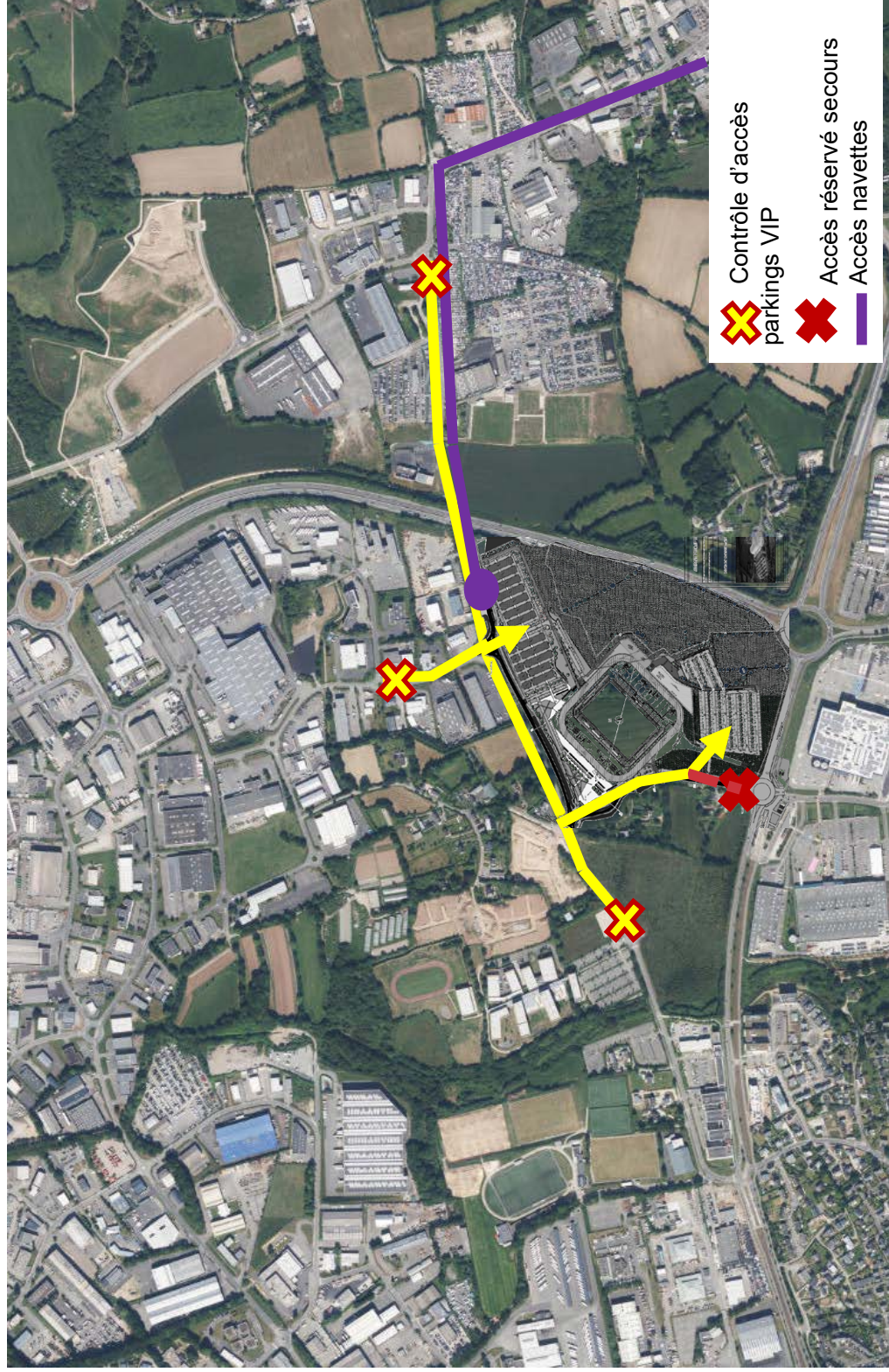


Conventionnement

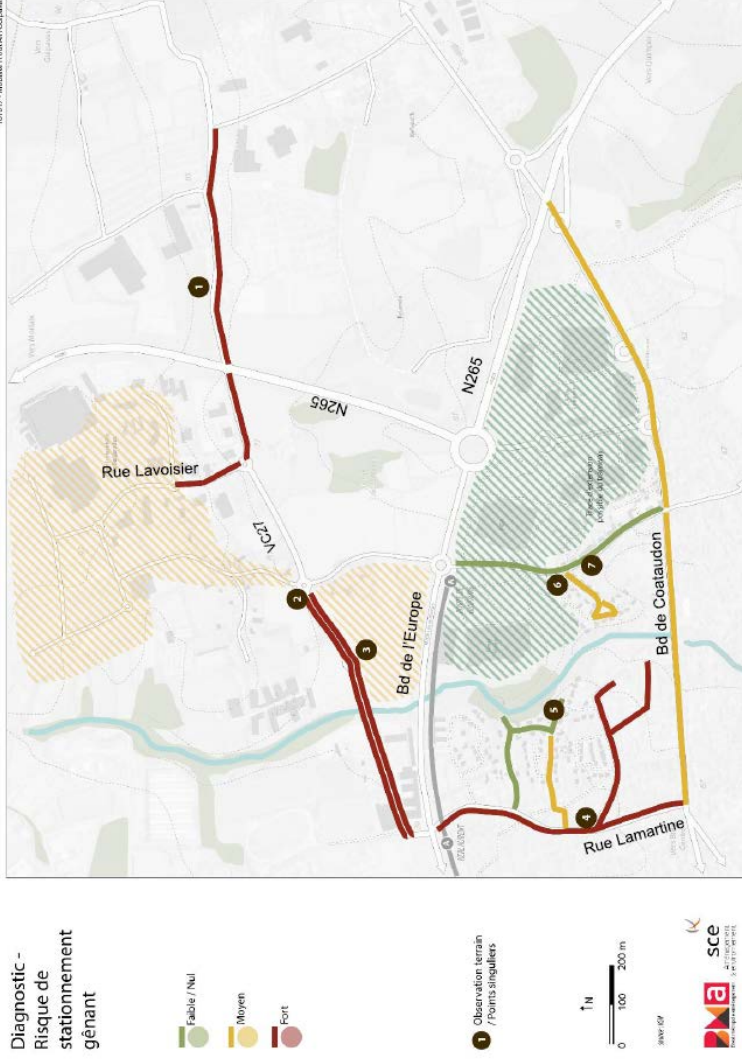


Conventionnement

Points de contrôle accès stationnement in situ



Maitrise du stationnement sauvage



Source : étude SCE

- **Un risque élevé de stationnement sauvage aux abords du stade, délétère à la circulation des piétons mais aussi celle des navettes et des voitures.** On notera qu'un impact sur la circulation des piétons mettrait à mal l'ensemble de la stratégie de stationnement de proximité.
- **Ce risque est à réduire autant que possible à travers :**
 - **Une stratégie de stationnement robuste** en termes de service, communication et contrôle de l'irrespect.
 - **Une stratégie de prévention efficace**, c'est-à-dire la protection des secteurs à risque (mobilier urbain ponctuel / permanent, barriérage, agents...), en particulier :
 - La VC27 et la rue Lavoisier (voie verte et trottoirs) : cheminements piétons stratégiques pour le stationnement de proximité ainsi que des enjeux circulatoires pour les navettes et les voitures.
 - La zone commerciale qui accueillera des circulations piétonnes importantes.

■ **Remarque, en dernier recours :** si la capacité se révèle être insuffisante lors de la mise en œuvre opérationnelle du schéma d'accessibilité ou ponctuellement au cours de la vie du stade, il peut être envisagé de proposer du stationnement hors case « encadré et à titre exceptionnel (sur trottoir par exemple). L'encadrement de ces pratiques doit être particulièrement sévère de manière à ne pas l'ancrer et doit préserver les itinéraires stratégiques pour les piétons, voitures et navettes.

Schéma d'accessibilité multimodale

Accessibilité en voiture



Accessibilité en voiture : recherche de solutions

Flux horaires dimensionnants en voiture	
...en entrée (samedi 16h-17h)	Cas courant ~2 460 voitures Test de sensibilité ~4 480 voitures*
...en sortie (samedi 15h-16h)	Cas courant ~4 480 voitures Cas exceptionnel ~2 740 voitures Test de sensibilité ~4 980 voitures*
	Cas exceptionnel ~4 980 voitures

* Test de sensibilité à effectuer avec 100% des entrées l'heure avant match

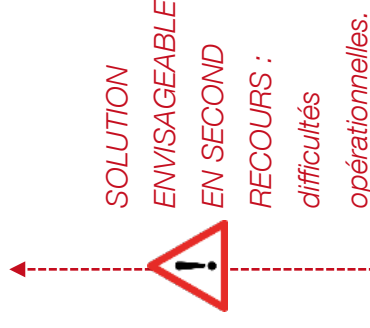
SOLUTIONS ENVISAGEABLES

Adapter l'offre routière : Organisation & dimensionnement des accès routiers au stade (solution permanente et/ou temporaire)

Adapter la demande : Réduction de la demande de trafic aux abords de stade en augmentant la proportion de stationnement déporté et donc le systeme de navettes.

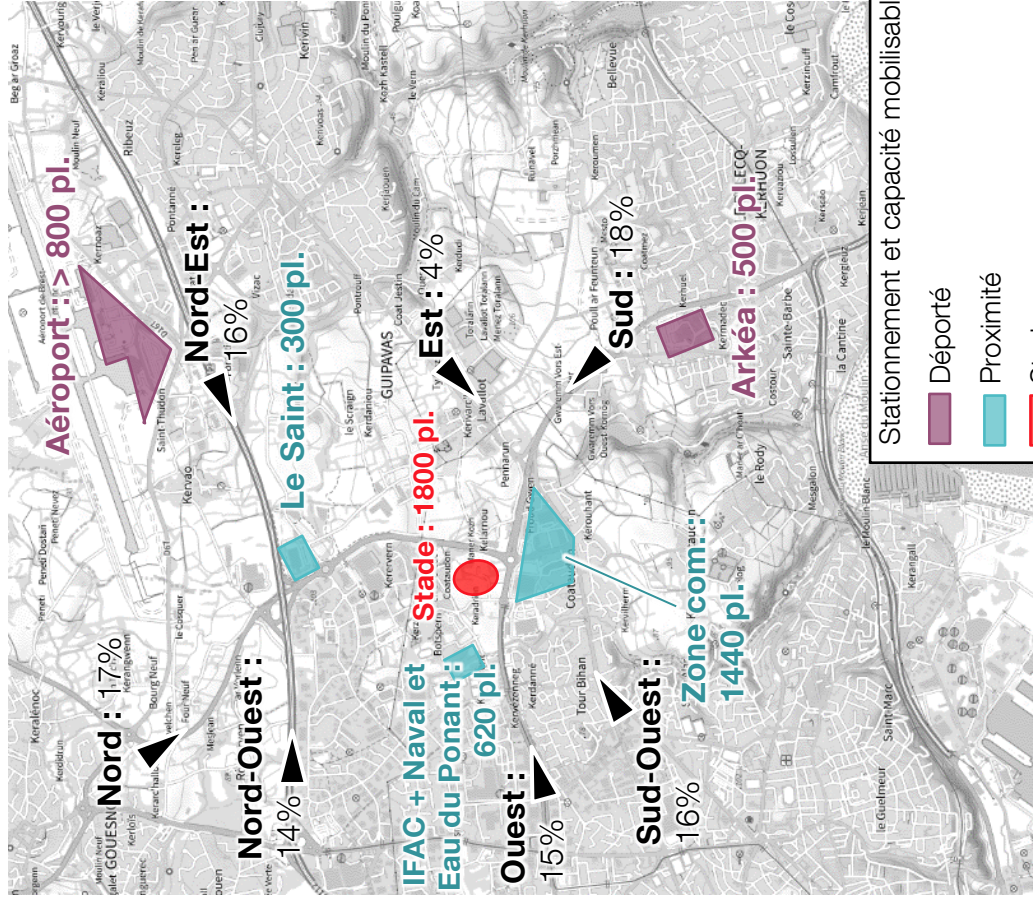
CONTRAINTES

- Disponibilité foncière / négociation avec les opérateurs ;
- Faisabilité et financement.
- Dimensionnement du système de navettes ;
- ...



Accessibilité en voiture : principe privilégié d'affectation aux zones de stationnement (1/2)

- **En premier lieu**, l'affectation des usagers aux zones de stationnement suit les principes suivants :
 - **L'accès au stationnement du stade est ouvert à toutes les provenances** d'usagers au prorata du poids des provenances.
 - **Le stationnement déporté et de proximité privilégie les provenances d'usagers les plus directes**, qui permettent de réduire la sollicitation du réseau à proximité du stade.
 - **Enfin, le stationnement de proximité est privilégié par rapport au stationnement déporté**, c'est-à-dire : la capacité du stationnement de proximité est remplie avant de commencer la mobilisation du stationnement déporté.
- **En second lieu**, si ce schéma de stationnement impacte trop fortement le réseau viaire des abords du stade, des marges de manœuvre devront être mobilisées pour réaménager les accès au stade ou réduire la demande aux abords du stade (étalement temporel, report modal, itinéraires alternatifs, augmentation du stationnement déporté...)

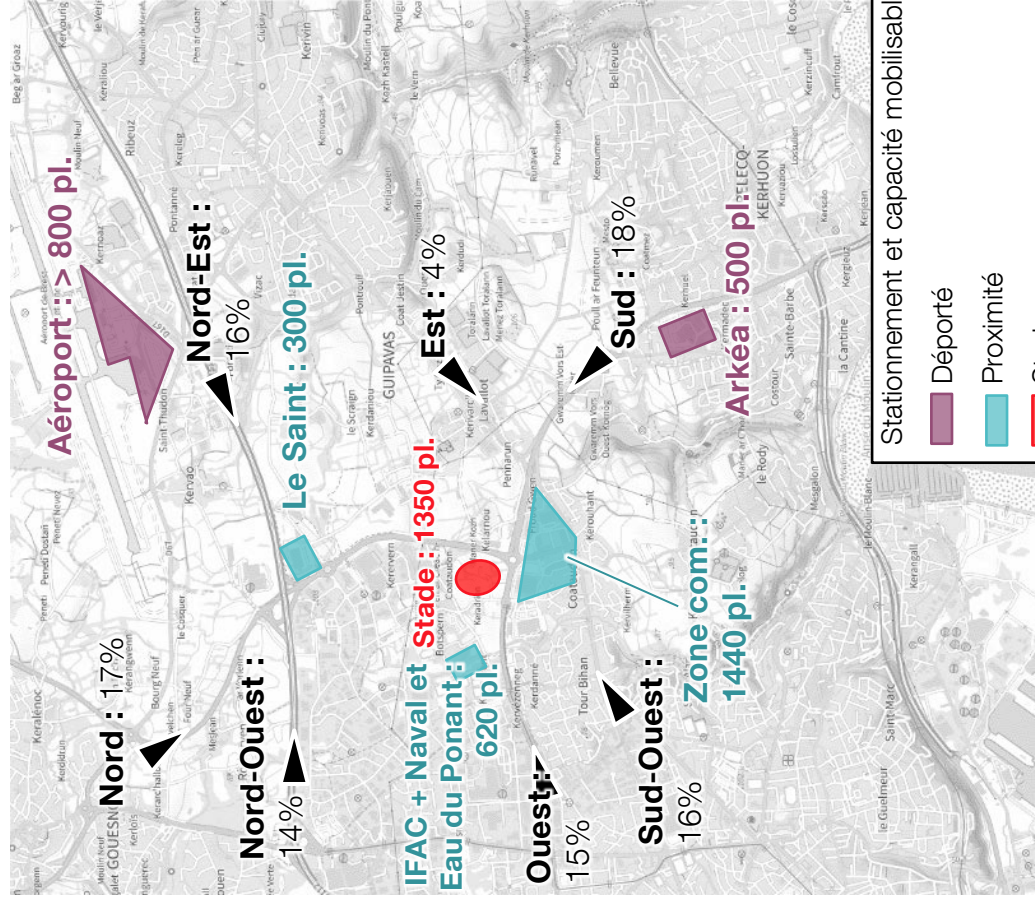


Accessibilité en voiture : principe d'affectation aux zones de stationnement (2/2)

	Priorisation des usagers		
	1	2	3
	TOUS		
Stade	Ouest	Sud-Ouest	Autres
IFAC + Naval + Eau du Ponant	Sud-Ouest et Est	Nord-Ouest	Autres
Zone com.	Nord-Ouest	Nord et Nord-Est	Autres
Le Saint	Nord et Nord-Est	Nord-Ouest	Autres
Aéroport	Sud	/	/

▲ Si des réserves capacitaires subsistent une fois les usagers prioritaires « servis », les usagers secondaires sont envisagés et ainsi de suite.

NOTE : Lorsque plusieurs provenances d'usagers à servir sont au même niveau hiérarchique, la capacité est répartie au prorata des poids des provenances



Stationnement et capacité mobilisable

- Déporté
- Proximité
- Stade

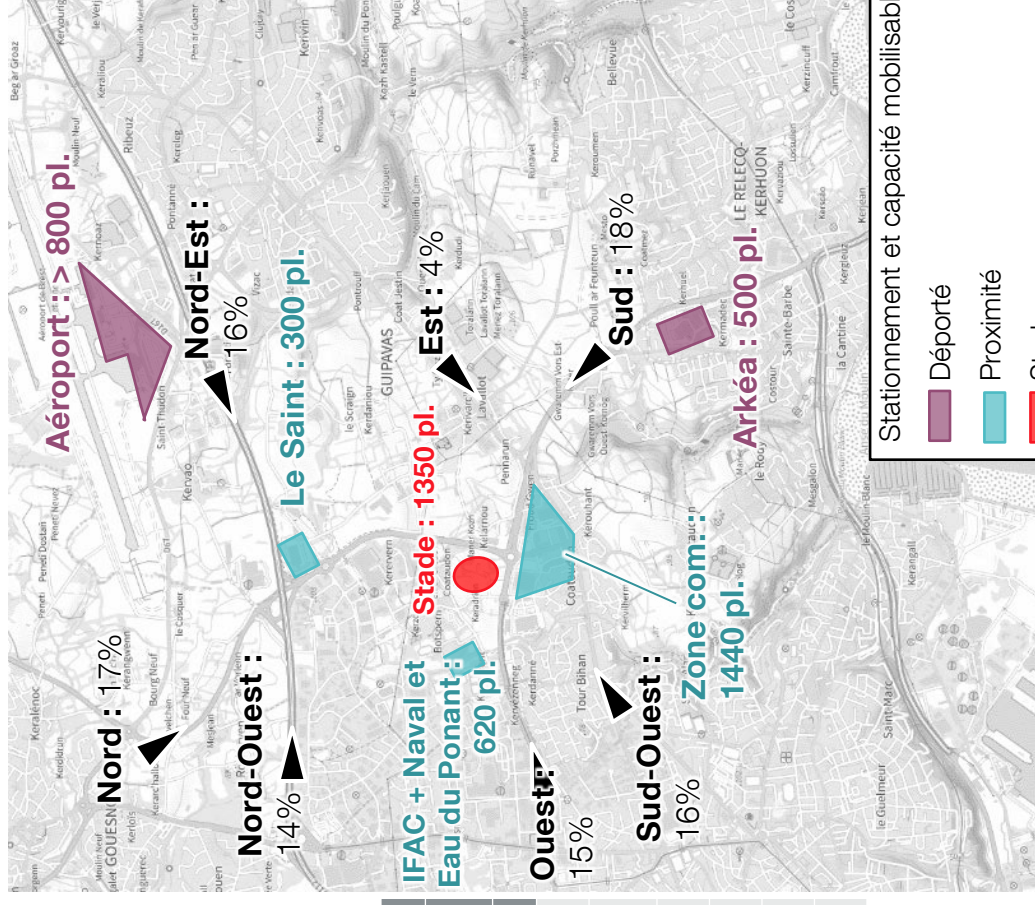
5% ▲ Provenance des usagers

Accessibilité en voiture : affectation des usagers (cas courant)

	Priorisation des usagers		
	1	2	3
Stade	TOUS		
IFAC + Naval + Eau du Pontant	Ouest	Sud-Ouest	Autres
Zone com.	Sud-Ouest et Est	Nord-Ouest	Autres
Le Saint	Nord-Ouest	Nord et Nord-Est	Autres
Aéroport	Nord et Nord-Est	Nord-Ouest	Autres
Arkéa	Sud	/	/

Application au cas courant

Capacité / demande	Répartition des usagers (nombre de véhicules stationnés – total du match)					
	Ouest	Sud Ouest	Sud	Est	Nord-Est	Nord-Ouest
Stade 1350 pl.	670 pl.	720 pl.	800 pl.	180 pl.	720 pl.	630 pl.
IFAC + Naval + Eau du Pontant 620 pl.	200	220	240	50	220	190
Zone com. 1440 pl.	470	150				
Le Saint 300 pl.	350		290	130	260	140
Aéroport ~800 pl.					240	260
Arkéa ~500 pl.			270			



Stationnement et capacité mobilisable

- Déporté
- Proximité
- Stade

5% Provenance des usagers

Dans le cas courant : 25% de la capacité totale de l'aéroport est mobilisée et 55% de celle d'Arkéa.

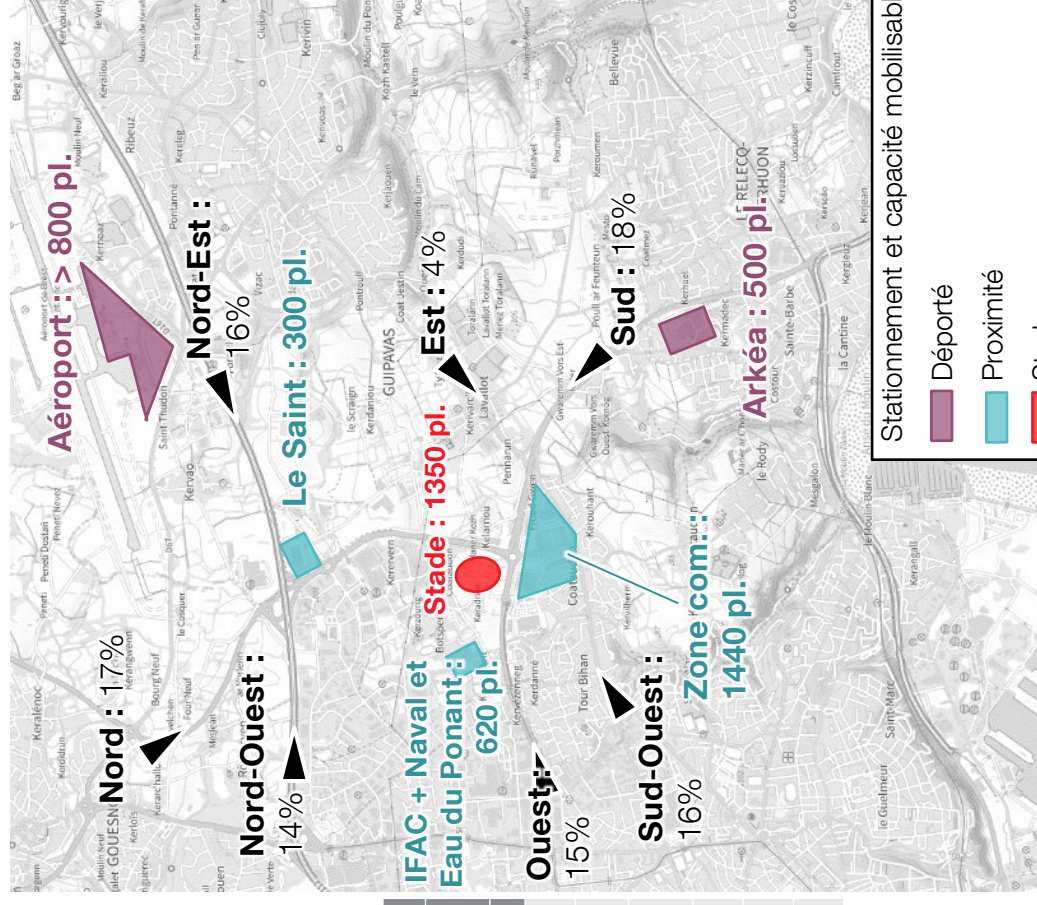
Accessibilité en voiture : affectation des usagers (cas exceptionnel)

	Priorisation des usagers		
	1	2	3
Stade	TOUS		
IFAC + Eau du Ponant	Ouest	Sud-Ouest	Autres
Zone com.	Sud-Ouest et Est	Nord-Ouest	Autres
Le Saint	Nord-Ouest	Nord et Nord-Est	Autres
Aéroport	Nord et Nord-Est	Nord-Ouest	Autres
Arkéa	Sud	/	/

Application au cas
exceptionnel



Capacité / demande	Répartition des usagers (nombre de véhicules stationnés – total du match)					
	Ouest	Sud Ouest	Sud	Est	Nord-Est	Nord-Ouest
Stade	750 pl.	790 pl.	890 pl.	200 pl.	800 pl.	700 pl.
IFAC + Naval + Eau du Ponant	200	220	240	50	220	190
Zone com.	550	70				
Le Saint		500	180	150	190	210
Aéroport					390	410
Arkéa			470			



Stationnement et capacité mobilisable

- Déporté
- Proximité
- Stade

5% ▲ Provenance des usagers

Dans le cas exceptionnel : 40% de la capacité totale de l'aéroport est mobilisée et 85% de celle d'Arkéa.

Piétonnisation de la N285 : Principes

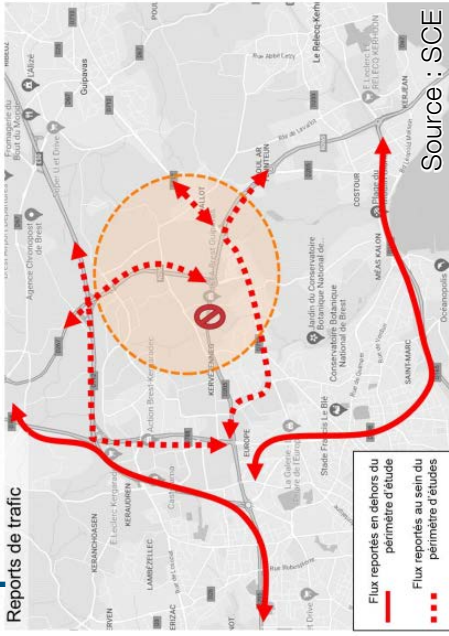
(extraits de l'étude de trafic, SCE)

Principes de piétonnisation :



- La piétonnisation partielle du Bd. Mitterrand aura pour but d'assurer une sécurité des piétons entre le stade et les zones de stationnement ou la station de tramway au Sud du boulevard.
- La piétonnisation est envisagée entre les ronds-points Keradrien et Quelarnou.

Report d'itinéraire du trafic de fond :



- Parmi les itinéraires reportés en dehors du secteur la majorité va s'orienter sur les autres axes structurants dont la D112 et D788 au nord et la D165 au sud.
- Des situations de circulation dégradées sont à attendre sur les nœuds routiers. Parmi les reports d'itinéraires restant dans le secteur, la majorité du trafic sera orienté vers les axes structurants au nord et au sud du Bd. Mitterrand, accentuant certains dysfonctionnements déjà existant (congestions au niveau de Kervao).

Figure 56 : principaux itinéraires de report - en dehors du périmètre d'étude

Piétonnisation de la N285 : Synthèse globale

(extraits de l'étude de trafic, SCE)



- La situation avec piétonnisation du Boulevard François Mitterrand présente des **résultats acceptables dus à un report important de véhicules en dehors du secteur** :
 - -510 véhicules le vendredi soir ;
 - - 470 véhicules le samedi après-midi.
- Ces reports sont principalement liés aux itinéraires est-ouest passant par la RD205 et à des sorties depuis la zone d'activités de Kererven vers Kergaradec ;
- Le bon fonctionnement du secteur aux moments les plus critiques (vendredi soir et samedi après-midi lors des sorties) dépend de « l'évaporation » du trafic en lien avec les reports d'itinéraires faits en amont et ne circulant plus sur les axes à proximité du stade.

Source : SCE

Schéma d'accessibilité multimodale

Transports collectifs



Accessibilité en transports collectifs : recherche de solutions

	Flux horaires dimensionnants en TC intégral		Flux horaires dimensionnants en voiture + navette TC	
...en entrée (samedi 16h-17h)	Cas courant ~1 190 spectateurs	Cas exceptionnel ~1 320 spectateurs	Cas courant ~1 180 spectateurs	Cas exceptionnel ~1 760 spectateurs
...en sortie (samedi 15h-16h)	Cas courant ~2 160 spectateurs	Cas exceptionnel ~2 400 spectateurs	Cas courant ~1 960 spectateurs	Cas exceptionnel ~3 200 spectateurs

SOLUTIONS ENVISAGEABLES



Demande portée par le tramway :
renforcement de l'offre ou
étalement de la demande



CONTRAINTES

- Prérogative publique

SOLUTIONS ENVISAGEABLES



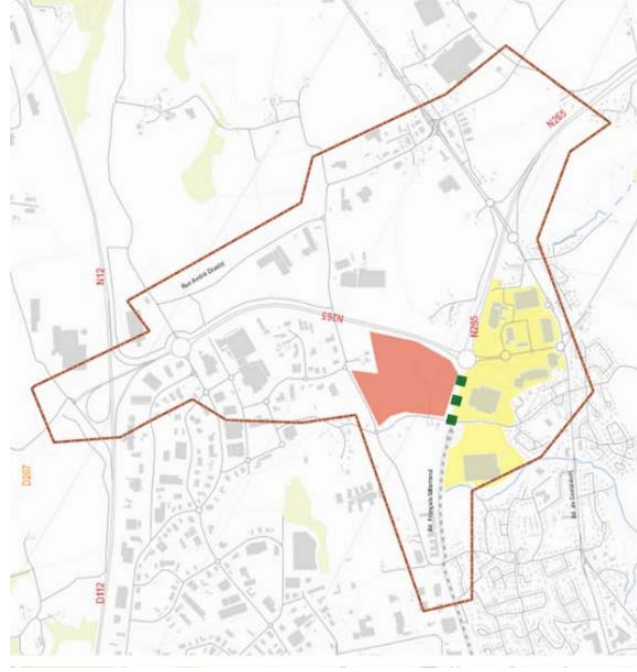
Rabattement en navette TC



CONTRAINTES

- Disponibilité du matériel roulant et effectifs ;
- Efficacité des itinéraires ;
- Aménagement des zones de stockage piétons et TC.
- ...

Accessibilité en transports collectifs : perspectives



Piétonnisation de la RD205 entre Keradrien et Quelarnou. Source : SCE

La ligne A de tramway qui dessert le stade est située au nord de la zone commerciale :

- La RD205 doit être traversée pour accéder au stade depuis l'arrêt de tramway.
- Pour cela la piétonnisation de la RD205 lors des matchs permettra la gestion en sécurisé des piétons entre la station tramway et le stade.

La fréquence du tramway est amenée à doubler pour les périodes de match (source EGIS) :

- Une fréquence de 7,5 minutes en avant et après match avec une capacité de 200 personnes / rames : 1'600 pers/h transportées.
- La demande « normale » (sans évènement au stade) est faible sur la branche Porte de Guipavas avec moins de 100 personnes/h. **Par la suite, la capacité résiduelle pour le stade est considérée de l'ordre de 1 500 pers/h.**

Période	Fréquence (min)			
	Tronc commun	Porte de Guipavas		
Vendredi soir	Avant-match (18h30-19h30)	5	15 (comme aujourd'hui)	7,5
	Pendant le match (20h00-21h45)	7,5		15
	Après-match (22h00-23h00)	6,67		60 (comme aujourd'hui)
Samedi après-midi	Avant-match (15h30-16h30)	5	15 (comme aujourd'hui)	7,5
	Pendant le match (17h00-18h45)	7,5		15
	Après-match (19h00-20h00)	5	15 (comme aujourd'hui)	7,5

Hypothèse de fréquence en période de match. Source : Egis

Accessibilité en transports collectifs intégral

Flux horaires dimensionnants en TC intégral	
...en entrée (samedi 16h-17h)	Cas courant ~1 190 spectateurs <i>Test de sensibilité ~2 160 spectateurs</i>
...en sortie (samedi 15h-16h)	Cas courant ~2 160 spectateurs
	Cas exceptionnel ~1 320 spectateurs <i>Test de sensibilité ~2 400 spectateurs</i>
	Cas exceptionnel ~2 400 spectateurs

Capacité de transport envisagée : 1 500 personnes / h en lien avec le stade

- Une capacité tramway potentiellement insuffisante en sortie de match et potentiellement en entrée de match si l'affluence est plus concentrée l'heure avant match.
- **Deux solutions envisageables et combinables :**
 - **Etalement de la demande en sortie (33 à 40% au-delà de 1h) ;**
 - **Renforcement de l'offre en sortie à évaluer « sur mesure » :**

Nombre de tramways / heure	
...en entrée (samedi 16h-17h)	Cas courant ~7 tramways (toutes les 9 min) <i>à 12 tramways (toutes les 5 min)</i>
...en sortie (samedi 15h-16h)	Cas courant ~12 tramways (toutes les 5 min)
	Cas exceptionnel ~7 tramways (toutes les 9 min) <i>à 13 tramways (toutes les 4 à 5 min)</i>
	Cas exceptionnel ~13 tramways (toutes les 4 à 5 min)

Accessibilité en voiture + navette TC : dimensionnement du nombre de navettes

Flux horaires dimensionnants en voiture + navette TC		
...en entrée (samedi 16h-17h)	Cas courant ~1 080 spectateurs <i>Test de sensibilité ~1 960 spectateurs</i>	Cas exceptionnel ~1 760 spectateurs <i>Test de sensibilité ~3 200 spectateurs</i>
...en sortie (samedi 15h-16h)	Cas courant ~1 960 spectateurs	Cas exceptionnel ~3 200 spectateurs

Nombre de passages en navette

Hypothèse de 100 spectateurs / navette

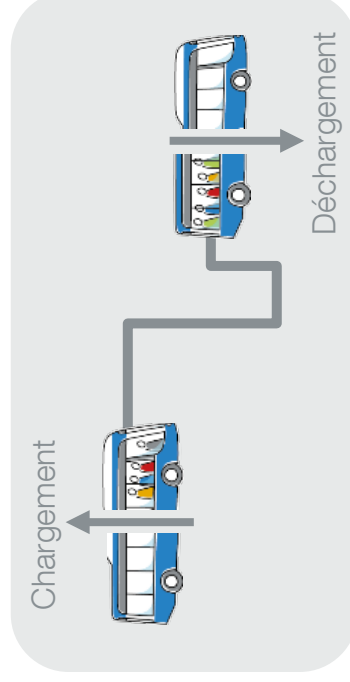
nombre de services / heure

Cas exceptionnel
Entrée : 18 (à 32)
Sortie : 32

Cas courant
Entrée : 11 (à 20)
Sortie : 20

+ temps de trajet et de dépose/reprise

Nombre de navettes à affréter selon le temps de trajet aller-retour de la navette : localisation des parkings déportés, efficacité de l'itinéraire et de la dépose-reprise des passagers.



A titre d'illustration pour un parking déporté à 10 minutes du stade + 5 minutes de dépose reprise.

= Nombre de navettes à affréter

nombre de navettes

Cas exceptionnel
Entrée : 9 (à 16)
Sortie : 16

Cas courant
Entrée : 6 (à 10)
Sortie : 10

Accessibilité en transports collectifs : recherche de solutions

	Flux horaires dimensionnants en TC intégral		Flux horaires dimensionnants en voiture + navette TC	
...en entrée (samedi 16h-17h)	Cas courant ~1 190 spectateurs	Cas exceptionnel ~1 320 spectateurs	Cas courant ~1 180 spectateurs	Cas exceptionnel ~1 760 spectateurs
...en sortie (samedi 15h-16h)	Cas courant ~2 160 spectateurs	Cas exceptionnel ~2 400 spectateurs	Cas courant ~1 960 spectateurs	Cas exceptionnel ~3 200 spectateurs

SOLUTIONS ENVISAGEABLES



Demande portée par le tramway : renforcement de l'offre ou étalement de la demande

Adaptation de l'offre « sur mesure » en sortie de stade ET / OU étalement de la demande



POINTS DE VIGILANCES A ACCOMPAGNER

Renforcement de l'offre et/ou étalement de la demande à définir
Dimensionnement de la zone d'attente

Dimensionnement du **nombre de navettes**
Recherches **d'itinéraires performants**
Dimensionnement de la **zone d'attente/ quais** piétons et TC

SOLUTIONS ENVISAGEABLES



Rabatement en navette TC

Système renforcé de navette TC (jusqu'à 32 services à assurer)



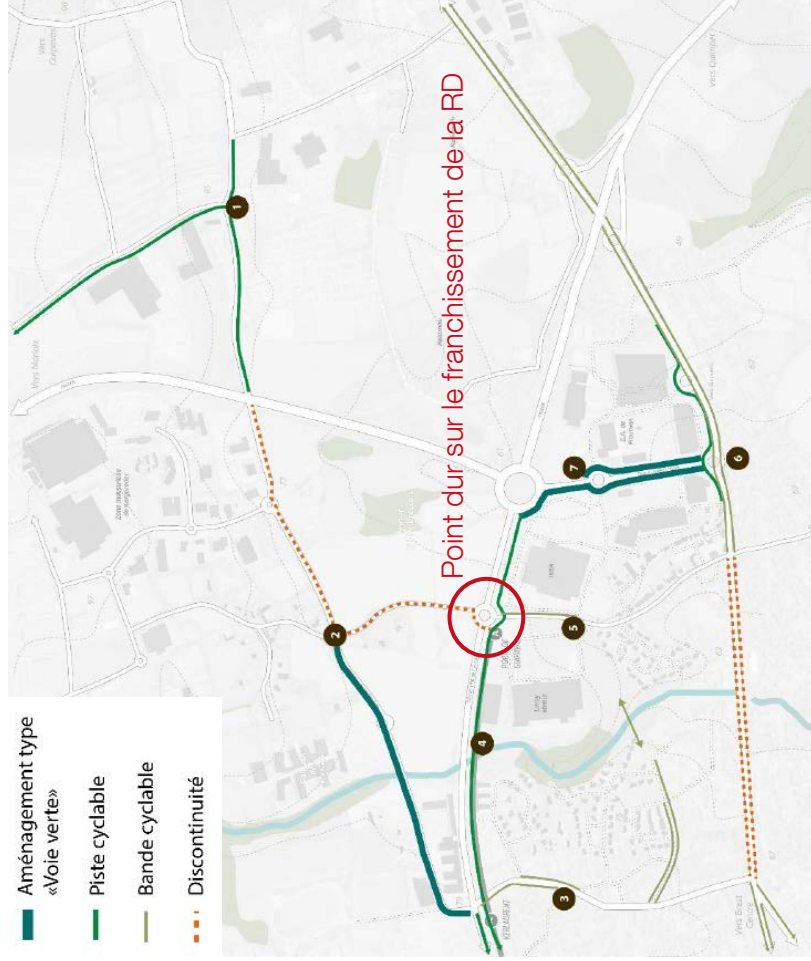
Schéma d'accessibilité multimodale

Deux-roues



Deux-roues

	Flux horaires en vélo		Flux horaires en deux roues
...en entrée (samedi 16h-17h)	Cas courant ~70 spectateurs	Cas exceptionnel ~80 spectateurs	Moins de 100 spectateurs
...en sortie (samedi 15h-16h)	Cas courant et exceptionnel ~150 spectateurs		



Plan des aménagements cyclables. Source : SCE

Mesures en faveur des vélos :

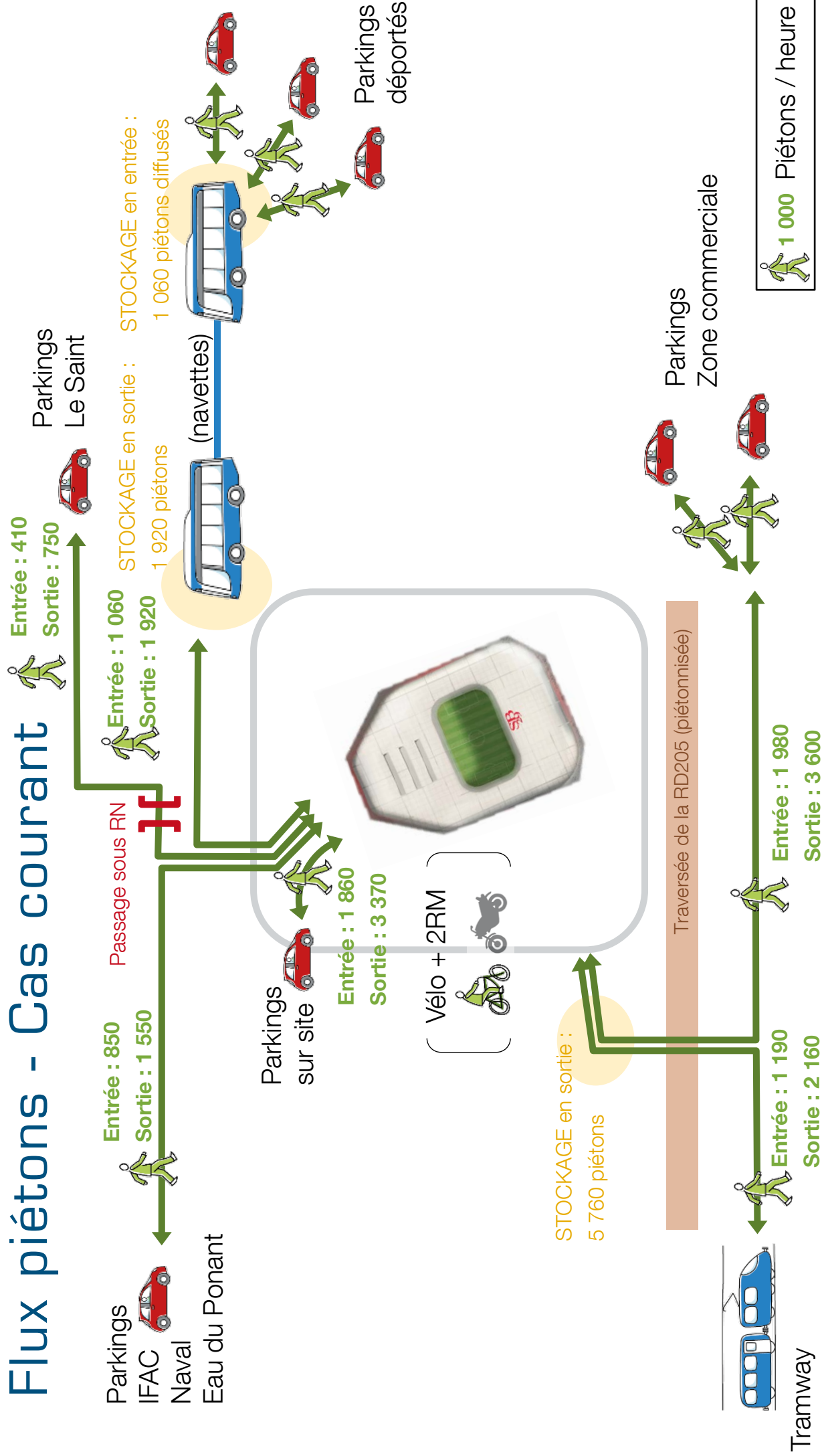
- Stationnement :
 - **A minima 150 places** de stationnement vélo + services (types casiers) ;
 - **Prévoir également des services spécifiques** pour les VAE (Vélo à Assistance Electrique), trottinettes, etc.
 - **Se donner la possibilité d'être plus ambitieux dès aujourd'hui et d'être évolutif à terme :** prévoir de la capacité additionnelle ou réserver de l'espace
 - **Gommer les discontinuités cyclables** (ci-contre).
- ## Mesures en faveur des deux-roues :
- Stationnement : de l'ordre de 100 places de stationnement + services (types casiers).

Schéma d'accessibilité multimodale

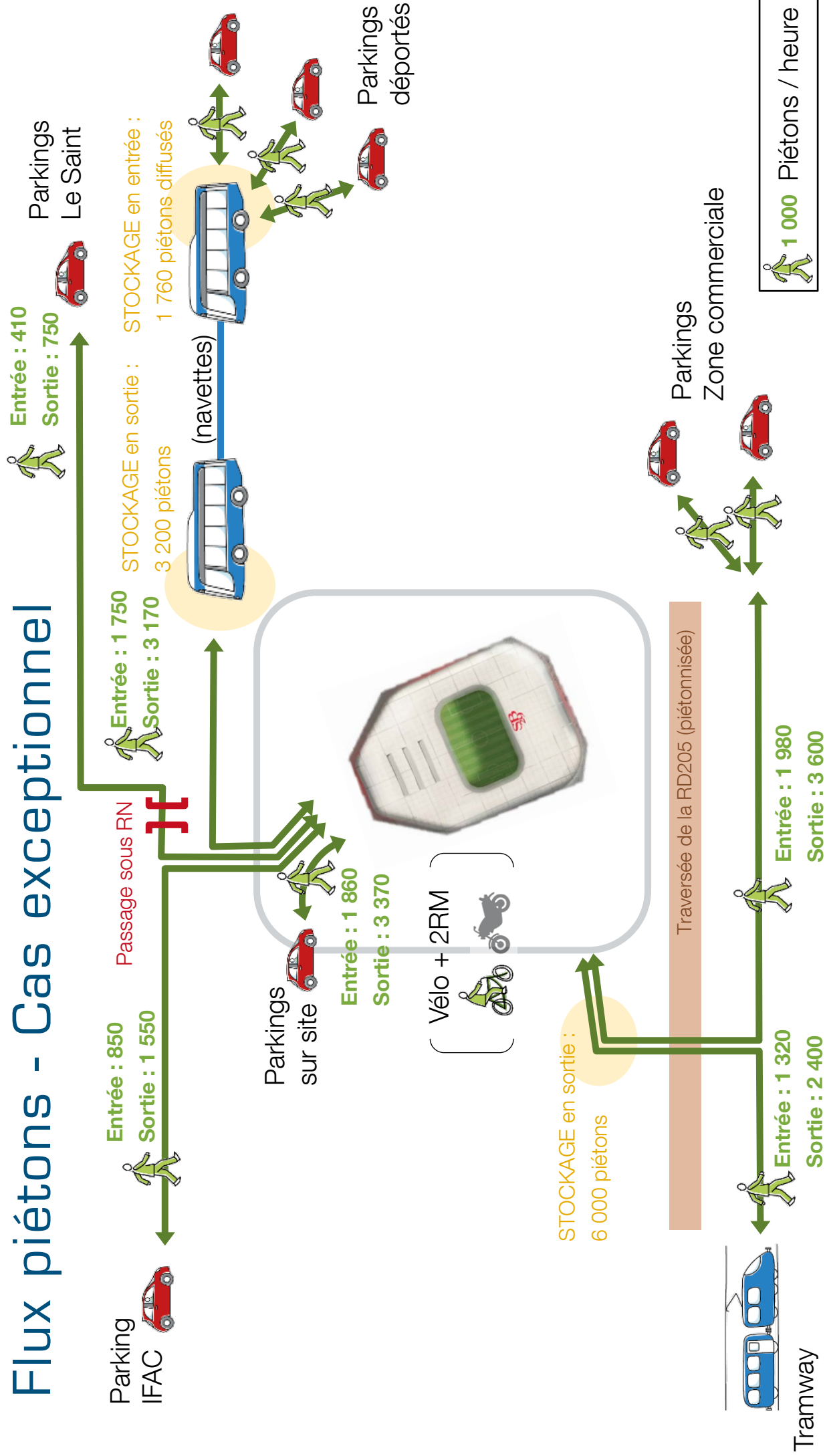
Piétons



Flux piétons - Cas courant

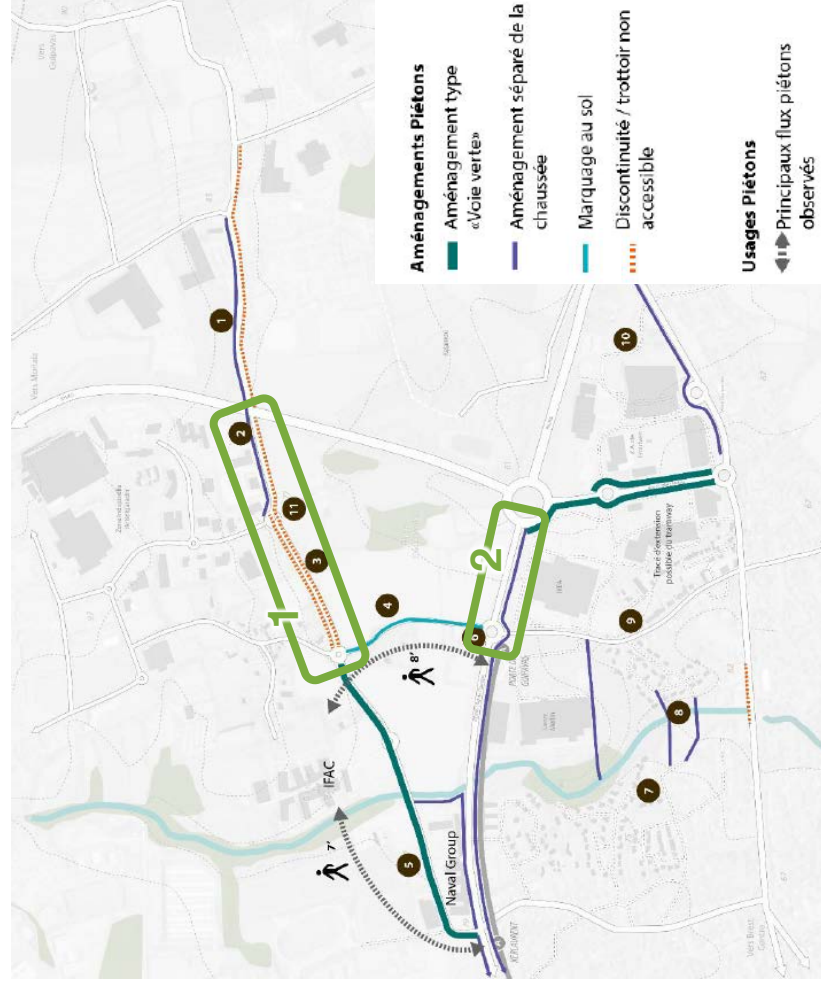


Flux piétons - Cas exceptionnel



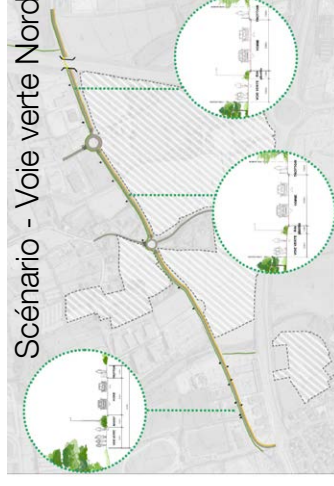
Cheminement en lien avec les sites de stationnement de proximité

Diagnostic des aménagements piétons actuels et projets majeurs



Plan des aménagements piétons. Source : SCE

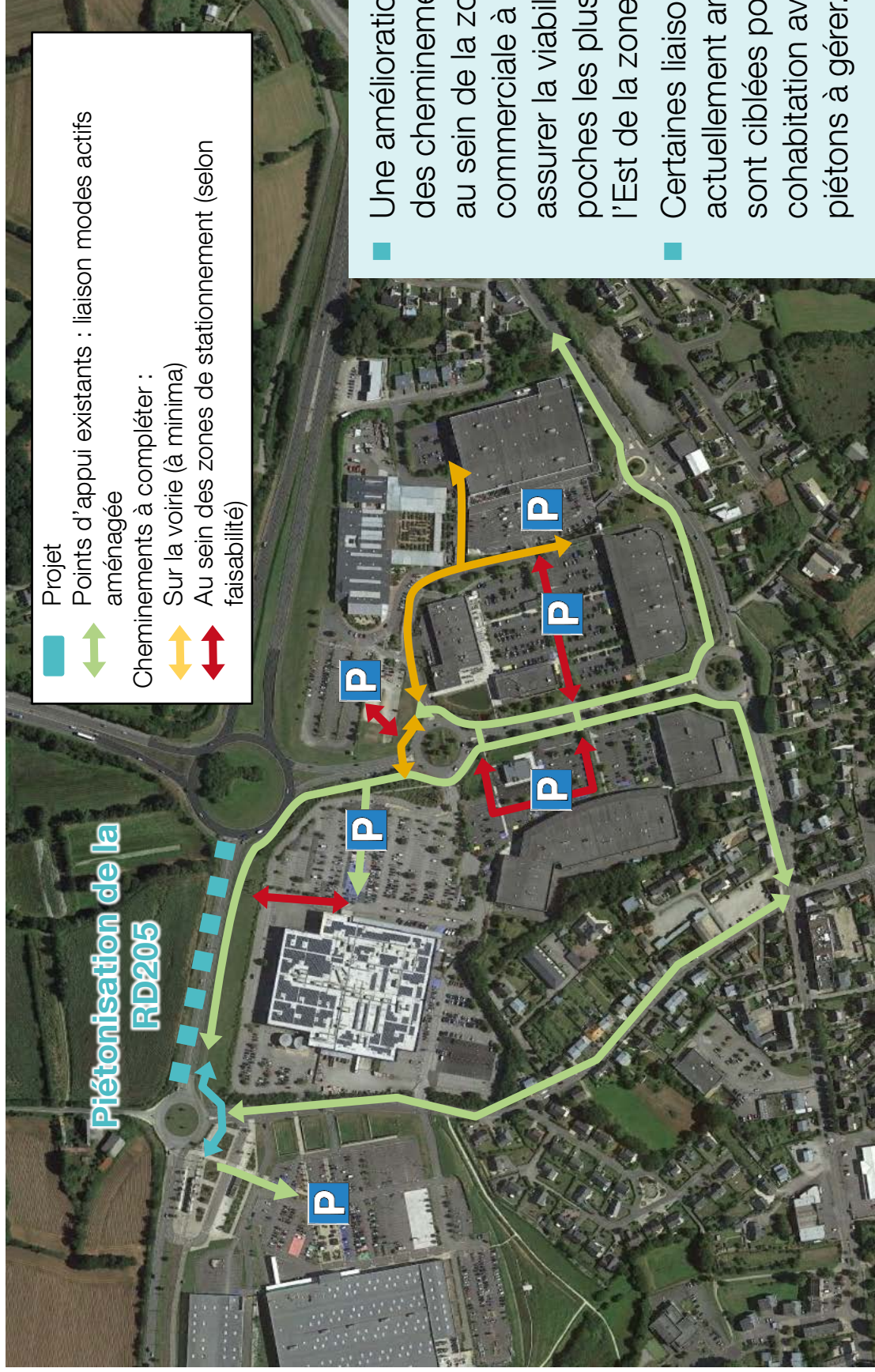
- 1 Aménagements modes actifs sur la rue Kerlaurent (3 scénarios d'aménagements)



- 2 Piétonisation de la RD205 durant les matchs

- Cheminement piétons en lien avec le stationnement déporté de l'IFAC assuré à travers les aménagements modes actifs de la rue Kerlaurent.
- Cheminement piétons en lien avec le stationnement déporté de la zone commerciale à compléter.

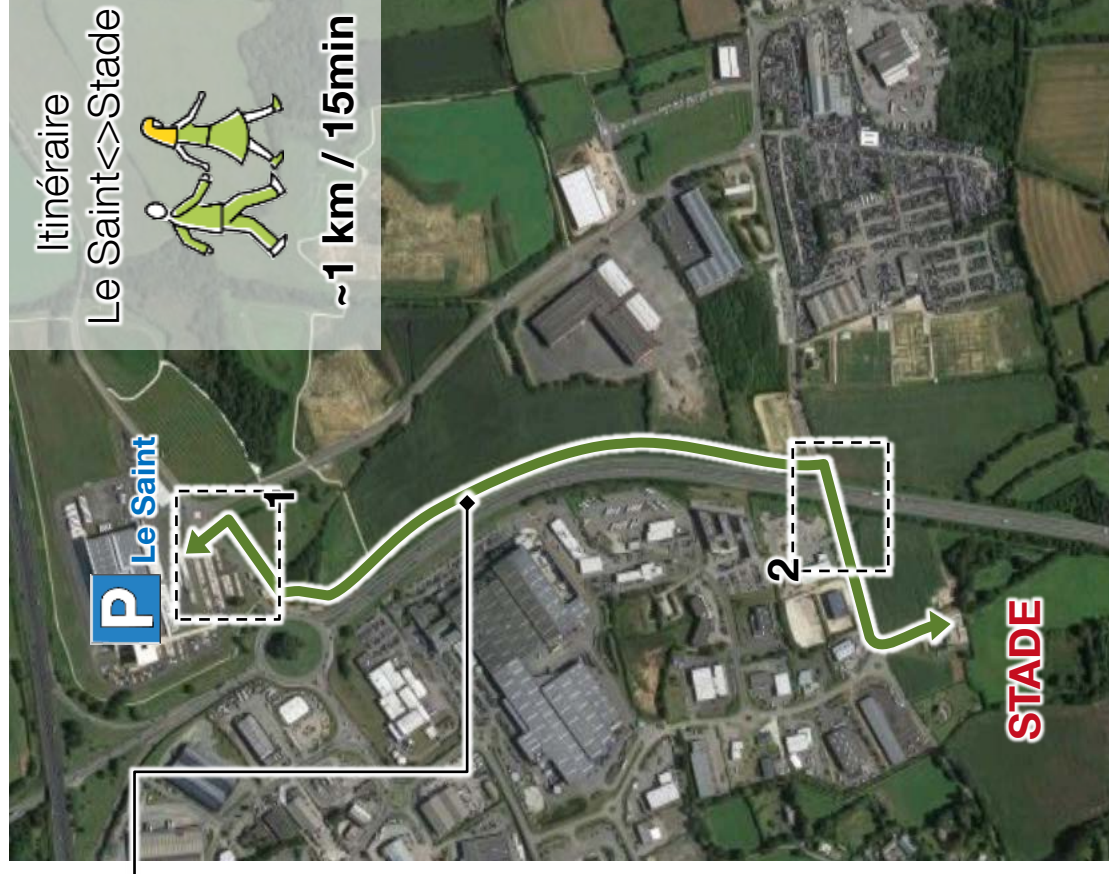
Cheminement en lien avec la zone commerciale



Cheminement en lien avec Le Saint et le stade

Chemin piétonnier aménagé entre le rond-point de Kervao (Le Saint) et la rue Andréée Chédid

- 1 Connexion entre le parking de proximité « Le Saint » et le chemin assurée.
- 2 Connexion entre le débouché du chemin piétonnier sur la rue Andréée et le stade peu adapté à des flux piétons importants.



Merci pour votre attention.



Maeva Chew

Maeva.chew@transitec.net

Christophe Diani

christophe.diani@transitec.net

TRANSITEC Ingénieurs-Conseils

75 rue de la Villette · F-69003 LYON

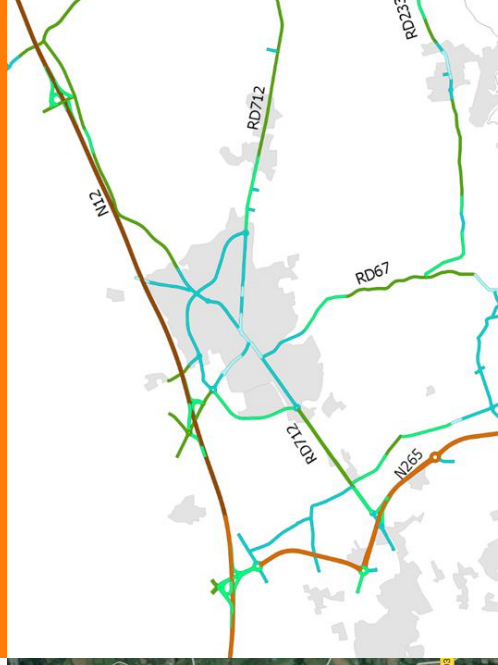
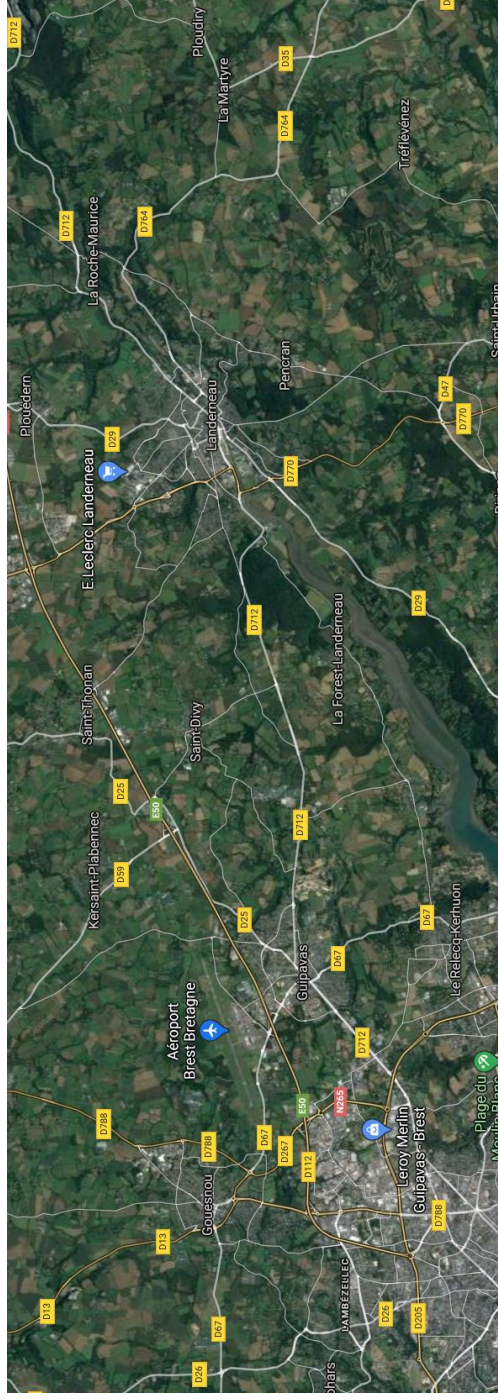
T +33 (0)4 72 37 94 10 · F +33 (0)4 72 37 88 59

lyon@transitec.net · www.transitec.net



A Annexe 11, Etude trafic (SCE, 2024)

Annexe 11, Etude trafic (SCE, 2024)



RAPPORT

PROJET DE STADE DE GUIPAVAS : ETUDE DE TRAFIC

Analyse des impacts du projet sur la circulation
09 janvier 2024

BREST METROPOLE AMENAGEMENT

CLIENT

RAISON SOCIALE	BREST METROPOLE AMENAGEMENT
COORDONNÉES	24 Rue Coat ar Gueven, 29200 Brest
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Monsieur Le GAD René Tél : 02 98 33 50 50 E-mail : rene.le-gad@brest-bma.fr

SCE

COORDONNÉES	4, rue Viviani – CS 26220 44262 NANTES Cedex 2 Tél. 02.51.17.29.29 - Fax 02.51.17.29.99 E-mail : sce@sce.fr
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Monsieur PETIT Patrick Tél. 02.51.17.29.88 E-mail : patrick.petit@sce.fr

RAPPORT

TITRE	PROJET DE STADE DE GUIPAVAS : ETUDE DE TRAFIC Analyse des impacts du projet sur la circulation
NOMBRE DE PAGES	41
NOMBRE D'ANNEXES	0
RAPPORT	Rapport final
N° COMMANDE	210555

SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
210555	27/10/2022	Édition 1		BBU/PPT	PPT
210555	09/01/2024	Édition 2	Ajout phase 4 piétonnisation du Bd Mitterrand	BBU/PPT	PPT

Sommaire

Préambule	8
1. Contexte et enjeux de l'étude.....	8
2. Les grandes phases de l'étude de trafic	8
Phase 1 : Appropriation	10
1. Objectifs & Démarche mise en œuvre	10
2. Définition des hypothèses à intégrer au modèle	10
2.1. Hypothèses liées aux horaires de match et situations à étudier	10
2.1.1. Scénarios étudiés	10
2.2. Hypothèses de fréquentation des matchs	10
2.2.1. Invariants	10
2.3. Hypothèses liées au trafic de fond	10
2.3.1. Trafic de fond en entrée (cas du vendredi)	11
2.3.2. Trafic de fond sorties de match (cas du vendredi) :	11
2.3.3. Trafic de fond (cas du samedi)	11
2.4. Principes d'accès en lien avec le programme	11
2.4.1. Nouveau programme d'aménagement pris en compte	11
2.5. Hypothèses liées à la gestion du stationnement	12
2.5.1. Offre mobilisable :	12
2.5.2. Hypothèses d'occupation des parkings.....	13
2.6. Hypothèses liées au trafic généré par le projet	13
2.6.1. Détermination des flux globaux.....	13
2.6.1.1. Accès spectateurs (zone commerciale)	13
2.6.1.2. Errance des véhicules ne trouvant pas de place sur les parkings à proximité immédiate.....	13
2.6.1.3. Analyse de la disponibilité des stationnements	13
2.6.2. Affectation des flux sur les accès et dans les parkings (affectation des itinéraires).....	15
2.6.3. Sorties des parkings.....	15
2.7. Hypothèses liées aux déplacements alternatifs	16
2.7.1. Tramway	16
2.7.2. Navettes et parkings déportés.....	16
2.7.3. Modes actifs	16

3. Proposition d'invariants et de variantes à tester	17
Phase 2 : simulation de scénarios	17
3.1. Objectifs & démarche mise en œuvre	17
3.2. Variantes de configuration du réseau routier	17
3.2.1. Contrôle d'accès.....	17
3.2.1.1. Avec un temps de contrôle de 15 secondes.....	17
3.2.1.2. Avec un temps de contrôle de 5 secondes.....	17
3.2.2. Gestion des flux piétons au giratoire Keradrien.....	18
3.3. Synthèse des scénarios modélisés	18
3.3.1. Méthodologie	18
3.3.2. Scénario 1 –vendredi soir : entrées de match	18
3.3.2.1. Fonctionnement global.....	18
3.3.2.2. Dysfonctionnements	18
3.3.2.3. Remontées de file moyennes.....	19
3.3.2.4. Remontées de file maximales	19
3.3.2.5. Temps de parcours.....	19
3.3.3. Scénario 2 –vendredi soir : sorties de match (avec piétons)	20
3.3.3.1. Fonctionnement global.....	20
3.3.3.2. Dysfonctionnements	20
3.3.3.3. Remontées de file moyennes.....	20
3.3.3.4. Remontées de file maximales	20
3.3.3.5. Temps de parcours.....	21
3.3.4. Scénario 3 – samedi après-midi entrées de match	21
3.3.4.1. Fonctionnement global.....	21
3.3.5. Remontées de file moyennes.....	21
3.3.5.1. Remontées de file maximales	22
3.3.5.2. Temps de parcours	22
3.3.6. Scénario 4 – samedi après-midi : sortie de match.....	23
3.3.6.1. Fonctionnement global.....	23
3.3.6.2. Remontées de file moyennes.....	23
3.3.6.3. Remontées de file maximales	24
3.3.6.4. Temps de parcours	24
3.3.7. Scénario 5 – samedi soir : sortie de match	25

3.3.7.1. Fonctionnement global	25
3.3.7.2. Remontées de file moyennes	25
3.3.7.3. Remontées de file maximales	26
3.3.7.4. Temps de parcours	26
3.4. Conclusion des premières modélisations	27
3.4.1. Les accès au stade	27
3.4.2. Les sorties du stade	27
3.4.3. Préconisations globales	28
3.4.4. Conclusion globale	28
4. Scénarios approfondis	28
4.1. Mise à jour des principes d'accès	28
4.1.1. Conditions de circulation, trafic de fond :	28
4.1.2. Circulation navettes	28
4.1.3. Accès visiteurs VP	29
4.1.4. Principes d'accès VIP	29
4.2. Synthèse des scénarios approfondis	30
4.2.1. Passage à 3 accès VIP (fermeture de l'accès VC 14)	30
4.2.1.1. Variante 1 - Passage à 3 accès VIP accès non exclusifs	30
4.2.1.1.1. Test 1 : <i>maintien des contrôles d'accès et fermeture de la VC14</i>	30
4.2.1.1.2. Test 2 : <i>barrière d'accès après parkings de la salle polyvalente et fermeture de la VC14</i>	30
4.2.1.1.3. Test 3 : <i>barrière d'accès au niveau du giratoire IFAC et fermeture de la VC14</i>	31
4.2.1.2. Variante 2 - Passage à 3 accès VIP – piétonnisation rue Alphonse Penaud face au stade	32
4.2.1.2.1. Test 1 : <i>maintien des contrôles d'accès et fermeture de la VC14</i>	32
4.2.1.2.2. Test 2 : <i>barrière d'accès après parkings de la salle polyvalente et fermeture de la VC14</i>	33
4.2.1.2.3. Test 3 : <i>barrière d'accès au niveau du giratoire IFAC et fermeture de la VC14</i>	34
4.2.2. Conclusion	35
Phase 3 : Propositions d'amélioration	35
5. Préconisations	35
5.1. Liste des préconisations	35
5.2. Mise en œuvre des actions ponctuelles	36
Phase 4 : Analyse du fonctionnement alternatif – piétonnisation du Bd. Mitterrand	39

6. Identification des reports de trafic occasionnés par la « piétonnisation », sur les grands itinéraires de transit	39
6.1. Reports de trafic « grands itinéraires » attendus par la fermeture du Bd. Mitterrand	39
6.1.1. Test de fonctionnement 1 (calibrage des hypothèses de réduction de trafic intégrées dans le modèle microscopique) :	39
6.1.2. Test de fonctionnement 2 (calibrage des hypothèses de réduction de trafic intégrées dans le modèle microscopique) : estimation des impacts sans aucun report de trafic	40
6.1.3. Synthèse de la demande modélisée	40
7. Synthèse des impacts de trafic selon les différentes configurations testées	42
7.1. Configurations envisagées	42
7.2. Résultats des modélisations	42
7.2.1. Piétonnisation Bd Mitterrand - Fonctionnement vendredi soir – accès au match	42
7.2.1.1. Fonctionnement global	42
7.2.1.2. Différentiel de débit	43
7.2.1.3. Évolution des remontées de file	43
7.2.1.4. Temps perdus	44
7.2.1.5. Synthèse - Vendredi soir accès match	44
7.2.2. Fonctionnement le samedi après-midi – Accès 15h	44
7.2.2.1. Fonctionnement global	44
7.2.2.2. Évolution des remontées de file	44
7.2.2.3. Temps perdus	45
7.2.2.4. Synthèse - samedi soir accès match	45
7.2.3. Fonctionnement le samedi après-midi – sortie 15h	46
7.2.3.1. Fonctionnement global	46
7.2.3.2. Différentiel de débit	46
7.2.3.3. Évolution des remontées de file	46
7.2.3.4. Temps perdus	47
7.2.3.5. Synthèse - samedi soir sorties du match	47
8. Synthèse globale	47

Glossaire

PL	Poids Lourds
VL	Véhicules Légers
VP	Véhicules Particuliers
UVP	Unité Véhicules Particuliers (1 VL = 1 UVP – 1 PL = 2 UVP)
TV	Tous Véhicules (1 VL = 1 véhicule – 1 PL = 1 véhicule)
HPM	Heure de Pointe du Matin
HPS	Heure de Pointe du Soir
HC	Heure Creuse
TMJO	Trafics Moyens Journaliers (jour ouvré)
OD	Origines-Destinations
RPM	Relevés de Plaques Minéralogiques
EMD	Enquête Ménage Déplacements

PREAMBULE

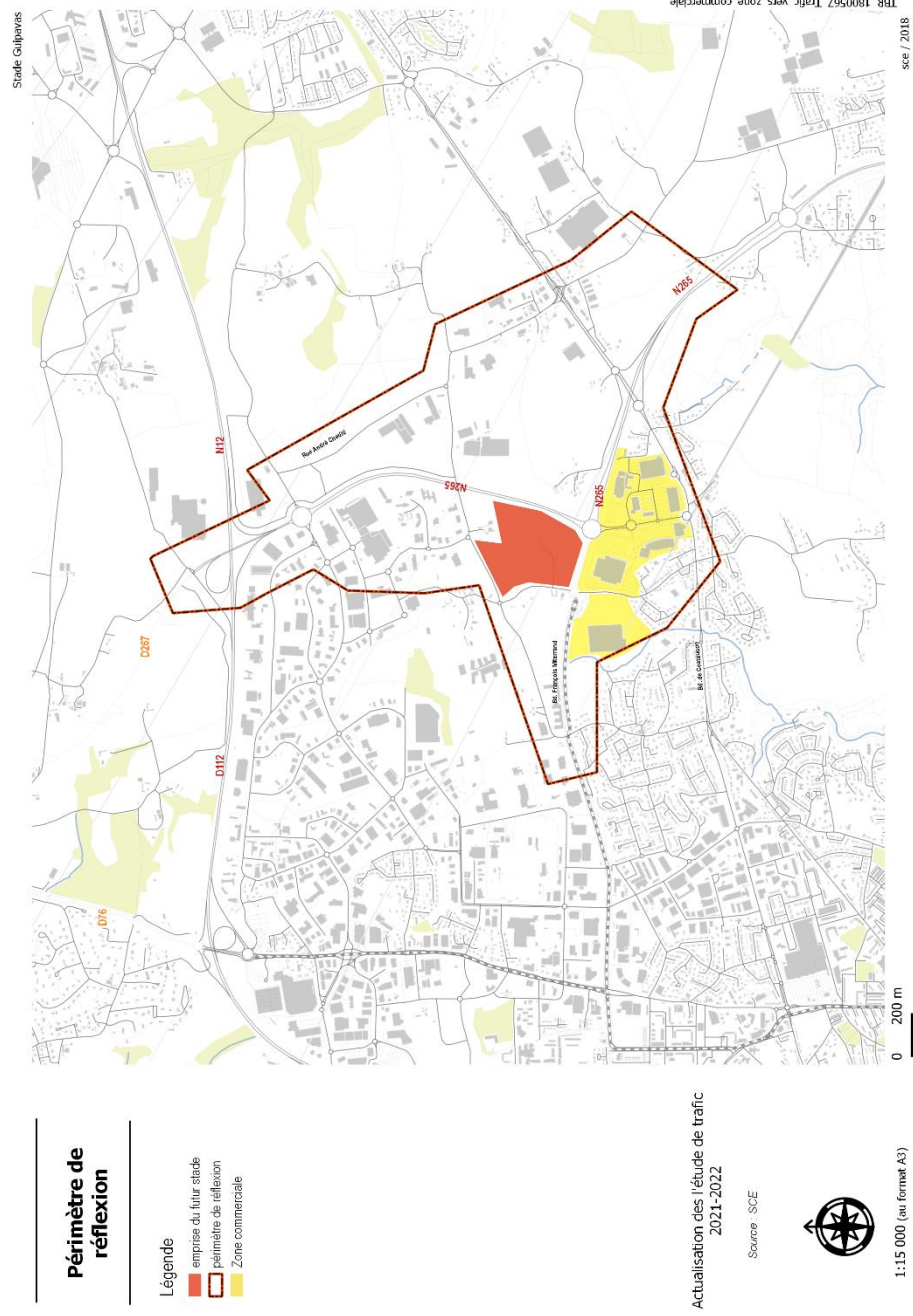
Préambule

1. Contexte et enjeux de l'étude

Dans le cadre de la construction du futur stade de Brest, SCE a été mandaté pour :

- ▶ Évaluer l'impact de l'arrivée du nouveau stade pendant les jours de match sur le réseau routier à proximité ;
- ▶ Proposer des pistes de solution permettant de réduire les impacts liés au fonctionnement du stade.

Figure 1 : Périmètre d'étude



2. Les grandes phases de l'étude de trafic

L'étude de trafic est articulée autour des quatre grandes phases d'étude suivantes :

- ▶ **Phase n°1 : appropriation du fonctionnement actuel et définition de la situation de référence (actualisations)**

- Rappel des données d'entrée (étude réalisée en 2018)

L'actualisation de 2021 a permis de mettre à jour les hypothèses d'évolution du trafic découlant de l'ouverture du stade ainsi que les principes d'affectation de ce trafic supplémentaire sur le réseau routier.

- ▶ **Phase n°2 : proposition de scénarios**

Plusieurs scénarios de fonctionnement ont été étudiés dans le but de :

- ▶ Simuler les différents impacts pouvant avoir lieu selon :
 - Le jour du match (en semaine ou le week-end)
 - L'heure du match
 - Le type de flux (entrées ou sorties du stade)

- ▶ Formuler des préconisations sur la base des dysfonctionnements constatés.

- ▶ **Phase n°3 :**

Approfondissement des scénarios mettant en avant une situation fortement dégradée intégrant les pistes d'amélioration proposées.

- ▶ **Phase n°4 - Analyse d'un scénario alternatif avec piétonnisation du boulevard François Mitterrand :**

Approfondissement des scénarios mettant en avant la fermeture à la circulation sur une portion du boulevard Mitterrand avec :

- Une analyse macroscopique des reports de trafic générés en dehors du périmètre d'étude par la fermeture à la circulation du Bd Mitterrand entre la rue Lamartine et le giratoire de Quelarnou
- Une analyse des impacts de la fermeture partielle entre Keradrien et Quelarnou ;

Étude de trafic

Phase 1 : Appropriation

1. Objectifs & Démarche mise en oeuvre

Requestionner les éléments mis en avant lors de la première étude vis-à-vis la nouvelle programmation du stade concernant les éléments suivants :

- ▶ Trafic de fond
- ▶ Répartition des entrées sorties
- ▶ Utilisation des parkings
- ▶ Répartition modale

2. Définition des hypothèses à intégrer au modèle

2.1. Hypothèses liées aux horaires de match et situations à étudier

2.1.1. Scénarios étudiés

2 horizons ont été modélisés : Situation de référence et situation projetée 1 horizon d'étude – horizon de mise en service du stade. Les situations suivantes ont été modélisées :

- ▶ Entrées de match
 - Situation de référence - Vendredi 19h-20h;
 - Situation de référence - samedi 15-16h ;
 - Situation de projetée - Vendredi 19h-20h ;
 - Situation projetée - Samedi après-midi 16h-17h (heure de pointe des commerces) ;
- ▶ Sorties de match
 - Situation de référence – Vendredi – 23h-0h (modélisé pour comparaison à partir d'hypothèses de trafic cf. page suivante);
 - Situation de référence - samedi 19h-20h (modélisé pour comparaison);
 - Situation projetée - Vendredi 23h-0h ;
 - Situation projetée - Samedi après-midi 15h-16h (heure de pointe des commerces) ;
 - Situation projetée - Samedi après-midi 19h-20h ;

2.2. Hypothèses de fréquentation des matchs

2.2.1. Invariants

Principes de fréquentation

- ▶ Cas courant : 13 500 spectateurs dont 4480 voitures
- ▶ Cas exceptionnel : 15 000 spectateurs dont 4480 voitures [pas d'impact sur le nombre de véhicules sur le secteur, mais une augmentation de la demande en parkings déportés avec accès par navette – Source : TRANSITEC]

Principes d'accès aux Parkings

- ▶ P1 à P8 (1 350 places) réservées exclusivement aux VIP, contrôles d'accès en amont (barrières voir page suivante) ;
- ▶ Maintien des parkings d'Arkéa et Aéroport avec un rabattement en navette. Parking relais de Gouesnou enlevé des potentiels de stationnement déporté ;
- ▶ Desserte en navette en accès par Rue Lavoisier + retournement des navettes dans le stade ;
 - ▶ Fréquence : environ 6-8min/ parking – 15 à 20 navettes en entrée
 - ▶ Lieu de dépose : Parvis du stade
- ▶ Intégration d'hypothèses d'errance en lien avec les parkings des commerces ;
- ▶ Les hypothèses de provenance des flux sont maintenues sans distinction des VIP/non VIP ;

2.3. Hypothèses liées au trafic de fond

Le trafic de fond pris en compte sur ces analyses est le même utilisé pour les simulations initiales réalisées en 2019 sur la base des comptages de trafic de 2018. A l'époque, le trafic généré par les projets connexes a été considéré comme nul à proximité du stade compte-tenu des difficultés de circulation attendues sur le secteur.

La mission démarrée en 2018 a permis de mettre en avant les potentiels points d'alerte ainsi que les marges d'action possibles pour absorber les impacts en termes de stationnement et de circulation. Cette mission intégrait des comptages et enquêtes :

- ▶ La réalisation d'une enquête OD et des comptages automatiques ont été réalisés en coordination avec Brest Métropole pour fixer les données d'entrée relatives au trafic.

Figure 2 : Enquêtes OD et comptages de trafic - 2018

Recueil de données

Enquête Origines - Destinations par RPM

- ▶ Vendredi 22 juin 2018 de 18h00 à 20h00
- ▶ Samedi 23 juin 2018 de 15h00 à 17h00
- ▶ Samedi 23 juin 2018 de 18h00 à 20h00

Comptages automatiques

- ▶ 10 compteurs / 6 points de comptage

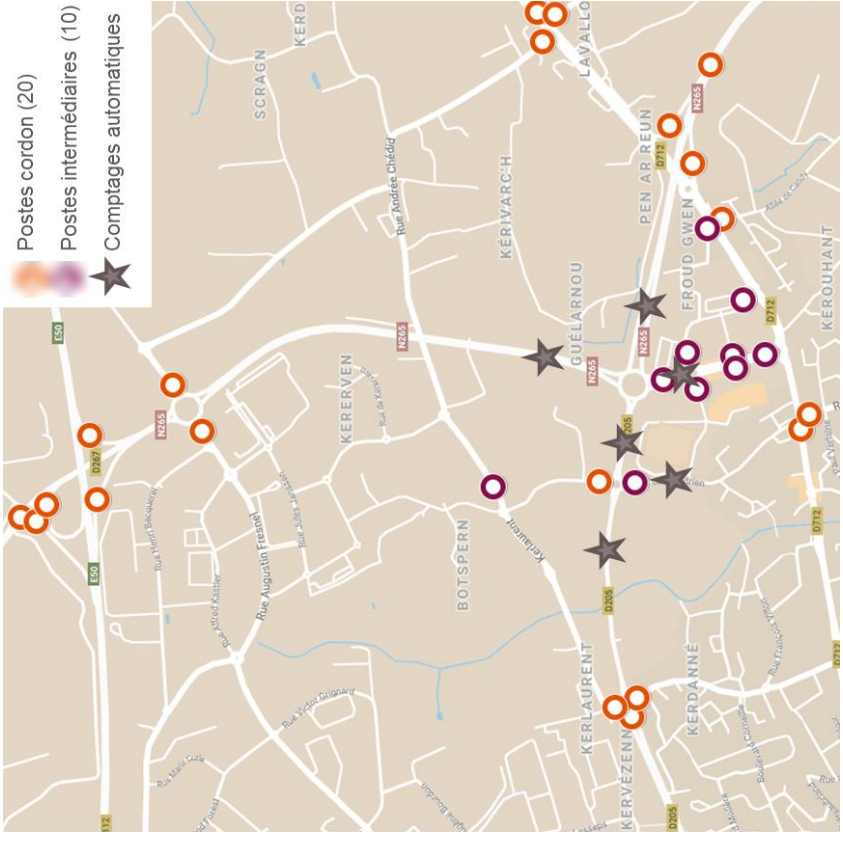
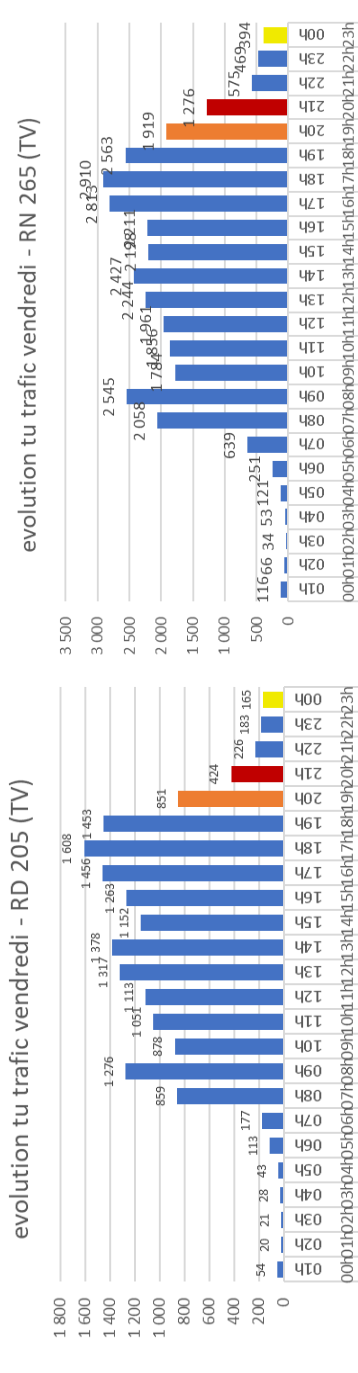


Figure 3 : variation journalière du trafic sur les axes principaux



2.3.2. Trafic de fond sorties de match (cas du vendredi) :

Pour le calage des sorties, l'heure de sortie commence vers 23h, le trafic de fond considéré est donc plus faible, il représente 20% du trafic de 20h (voir graphique précédent). Le trafic de fond pour la sortie est donc celui utilisé pour les entrées proratisé à 20%.

2.3.3. Trafic de fond (cas du samedi)

Le samedi, les données de comptages sont disponibles pour les heures de début et de fin de match.

2.4. Principes d'accès en lien avec le programme

2.4.1. Nouveau programme d'aménagement pris en compte

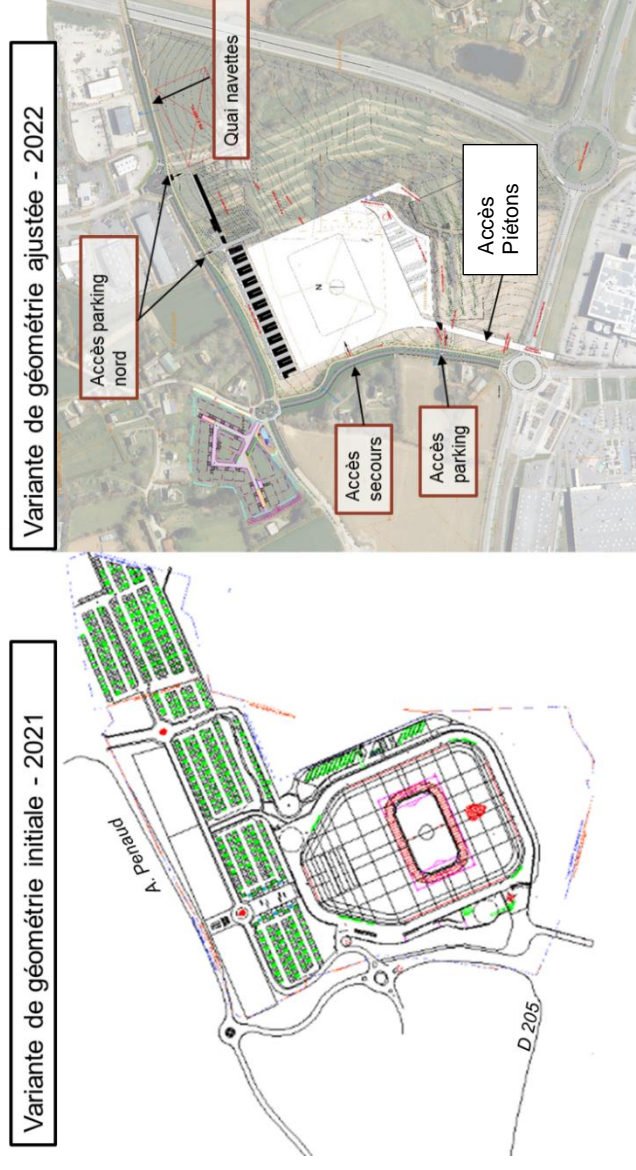
Deux variantes de configuration ont été prises en compte sur le stade. L'hypothèse initiale intégrait des parkings plus grands avec notamment plus de voiries créées, une dépose de navettes sur le parvis du stade et une emprise plus importante des parkings en surface. L'hypothèse finale intégrée lors des approfondissements des variantes prévoit des accès vers les parkings simplifiés et une gestion des navettes au niveau des voiries existantes (quai en encoche).

2.3.1. Trafic de fond en entrée (cas du vendredi)

Le trafic de fond pris en compte sur les entrées de match est issu des comptages réalisés entre 19h et 20h. Selon la division dans laquelle joue l'équipe de Brest, les matchs sont actuellement prévus entre 21h00 et 22h30.

Le trafic entre 20h-et 21h représente près de 30% de trafic en moins que celui de 19h à 20h, cependant les modélisations utilisent les hypothèses de trafic entre 19h et 20h (en cas de modification éventuelle des horaires de match). Ces hypothèses permettent également de prendre une marge de sécurité sur les analyses vis-à-vis l'évolution possible du trafic.

Figure 4 : esquisses d'aménagement du stade prises en compte dans les scénarios de fonctionnement



Afin de limiter l'accès vers le stade aux détenteurs de pass VIP et riverains l'installation d'un contrôle d'accès est nécessaire.

Figure 5 : Proposition de localisation des barrières de contrôle d'accès (traits noirs sur la carte)



2.5. Hypothèses liées à la gestion du stationnement

2.5.1. Offre mobilisable :

Sur la base des éléments définis lors de la première étude, issus notamment des entretiens avec les entreprises du secteur, nous avons maintenu les hypothèses suivantes concernant la mutualisation avec les parkings des entreprises autour :

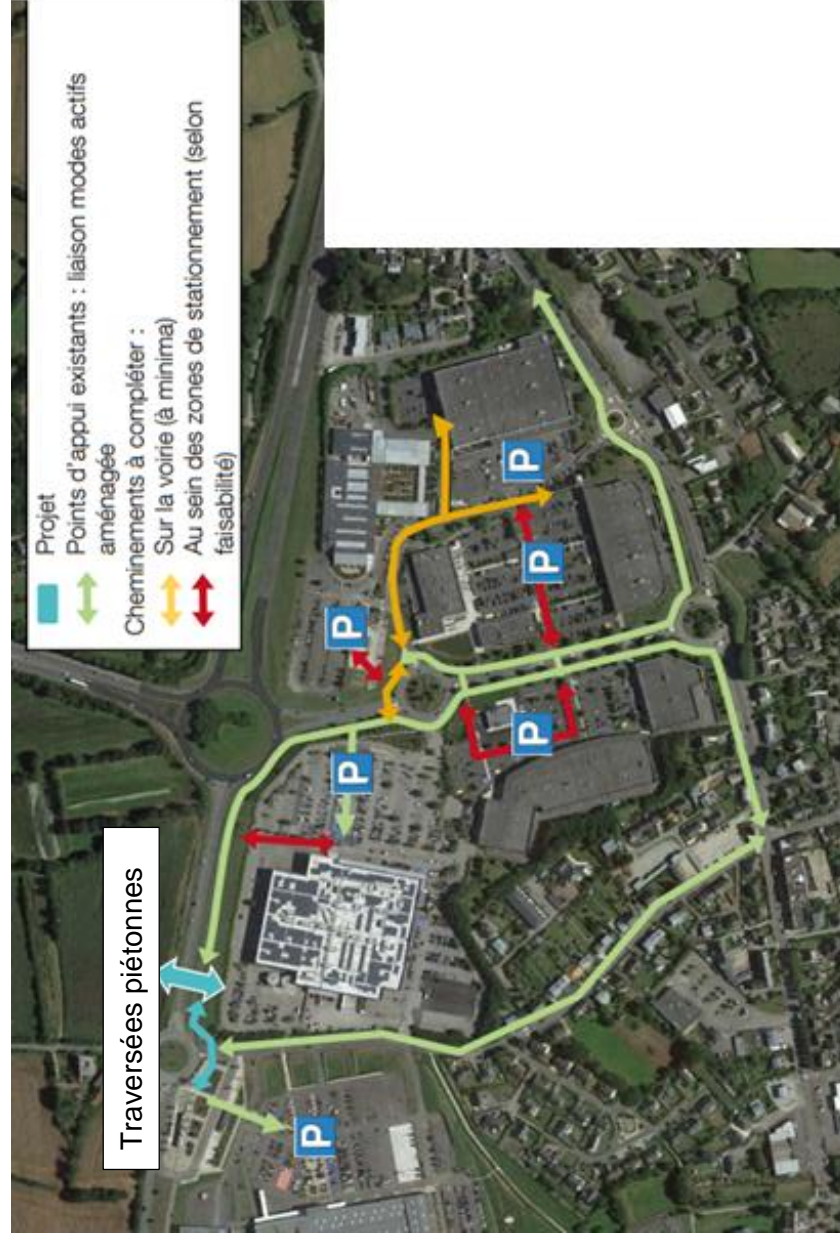
Parkings exclusifs VIP

Disponibilité totale de l'offre de stationnement mutualisable sur les parkings des entreprises autour du stade : 1 350 places sur site + IFAC / Eau du Ponant

- ▶ L'ensemble du stationnement disponible au sein de l'enceinte du stade et dans les parkings IFAC/ Eau du Ponant est réservé exclusivement aux détenteurs des pass VIP;
- ▶ 4 contrôles d'accès filtrant les véhicules avec accès autorisé (riverains, VIP, PK IFAC & eau du Ponant, staff, officiels, médias, ...) seront mis en place au niveau de :
 - La VC27, sur les accès depuis l'Est;
 - La Rue Antoine Lavoisier, sur les accès depuis Le Saint côté nord);
 - L'avenue Ker Laurent ouest ;
 - La VC14 au stade depuis le giratoire de Keradrien;
- ▶ Du jalonnement indiquant les accès VIP est pris en compte pour limiter les véhicules errants ;

Parkings dédiés aux visiteurs (non-VIP)

Figure 6 : parkings mis à disposition pour les spectateurs (source : étude transitec)



2.5.2. Hypothèses d'occupation des parkings

L'ensemble du site compte un total de 3 700 places de stationnement mobilisables les jours de match. L'offre disponible dans les parkings à proximité des entrées piétonnes est faible 1 heure avant le match.

Principes d'accès parkings VIP

- ▶ 100% des places disponibles pour les VIP dans le stade, les parkings IFAC / Eau du Ponat à proximité immédiate seront utilisés (principes de réservation);
- ▶ Les places VIP et les parkings des entreprises à proximité du stade se remplissent à 100% de manière progressive sur les 2h avant le match (places réservées);

2.6. Hypothèses liées au trafic généré par le projet

2.6.1. Détermination des flux globaux

Le trafic généré par le projet est déterminé suivant une approche prenant en compte les capacités des parkings et les horaires de remplissage

2.6.1.1. Accès spectateurs (zone commerciale)

- ▶ **Seule 80% de l'offre disponible** dans les parkings de la zone commerciale est utilisée par les spectateurs qui n'ont pas de place réservée et qui n'utilisent pas les parkings déportés (hypothèse Transitec) ;
- ▶ Les parkings à proximité immédiate du stade (Ikea, Leroy Merlin...) seront privilégiés par les spectateurs. Ce seront les premiers parkings à se remplir avant d'aller chercher une offre plus lointaine (Décathlon...);

Figure 7 : Hypothèses de remplissage des parkings



2.6.1.2. Errance des véhicules ne trouvant pas de place sur les parkings à proximité immédiate

- ▶ Tous les véhicules se dirigent vers les parkings dans la zone verte en priorité (cf figure 7);
- ▶ Une partie de ces flux ne trouvant plus de place se redirige vers les parkings plus éloignés (zones orange et rouge); sur la situation la plus péjorative 1h avant le match (samedi) 720 véhicules accèdent dans ces parkings et seuls 260 trouvent une place :
 - ▶ Entre 1h et 15 min avant le début du match : une partie des véhicules ne trouvant plus de place se redirigent vers les parkings plus éloignés ;
 - ▶ Moins de 15 min avant le match :

- Vendredi : la totalité des véhicules se gare en illicite dans les zones autour des accès piétons (commerces fermés);
- Samedi après-midi : une partie des véhicules ne trouvant plus de place se redirigent vers les parkings plus éloignés et une partie se gare en illicite dans les zones autour des accès piétons (près de 300 véhicules en errance entre les parkings)

2.6.1.3. Analyse de la disponibilité des stationnements

Le calcul de la disponibilité horaire des places s'est fait sur une analyse itérative en trois temps :

- Analyse itérative à partir de l'offre mobilisable et des hypothèses de remplissage
- Puis déduction des véhicules arrivant 2 heures avant (45% des spectateurs) → disponibilité estimée 1h avant le match,
- Puis affectation des véhicules arrivant 1 heure avant le match à partir des places disponibles ;

Tableau 1 : analyse du remplissage du stationnement à -2h avant le match

cas courant	vendredi soir		Samedi après-midi (sorties match 13h +entrées)	
	5714	1792	5030	1792
offre totale >1h avant le match	5714	1792	5030	1792
Arrivées avant l'heure du match (45%)	1792	1792	1792	1792
Disponibilité VIP >1h avant le match	927	869	869	912
zone commerciale	1581	927	927	1305
Leroy Merlin	287	123	123	203
Ikea	361	86	86	146
Jardiland	108	22	22	45
Disponibilité à 1h avant match	527	451	451	679
Disponibilité à 1h avant match	126	64	64	101
restaurants	126	147	147	77
P+R	47	33	33	53
Site 2 IFAC...	323	386	386	405
Le Saint	172	193	193	203
Parking	577	541	541	567
aéroport+navette	343	322	322	338
Arkea	3922	3238	3238	3730
Total véhicules >1h avant le match	3922	3238	3238	3730
Arrivées dans l'heure avant match				
total des voitures arrivant dans l'heure avant (55%)	2040	2040	2040	2040
total arrivant Parkings relais+navettes	430	430	430	430

cas courant	vendredi soir	samedi après-midi	samedi soir
arrivées à + d'1h avant match	927	869	912
Disponibilité VIP >1h avant le match	927	869	912
zone commerciale	848	721	770
Leroy Merlin	287	123	203

Ikea	361	86	146
Jardiland	108	22	45
Décathlon	0	245	144
king jouet	46	64	101
maisons du monde	0	147	77
restaurants	47	33	53
P+R	323	386	405
Site 2 IFAC...	92	150	120
Le Saint	195	227	187
Parking	85	117	77
aéroport+navette	2040	2040	2040
Arkea	2040	2040	2040
total des voitures arrivant dans l'heure avant (55%)	2040	2040	2040
Disponibilité VIP >1h avant le match	0	0	0
zone commerciale	733	206	535
Leroy Merlin	0	0	0
Ikea	0	0	0
Jardiland	0	0	0
Décathlon	527	206	535
King jouet	80	0	0
maisons du monde	126	0	0
restaurants	0	0	0
P+R	0	0	0
Site 2 IFAC...	80	43	83
Le Saint	382	314	381
Parking	258	204	260
aéroport+navette	1452	768	1260
Arkea	1452	768	1260
Disponibilité totale	1452	768	1260

- Une disponibilité totale après arrivée des spectateurs estimée entre 760 et 1450 places avec :
 - Au niveau des parkings réservés – aucune disponibilité ni vendredi ni samedi ;
 - Au niveau de la zone commerciale, une occupation totale des places le samedi après-midi et une disponibilité d'environ 500 places vendredi soir ;
 - Au niveau des parkings déportés près de 500 places de libres le samedi et près de 700 vendredi soir.

Au total près de 2 200 véhicules supplémentaires arrivant dans l'heure avant le match:

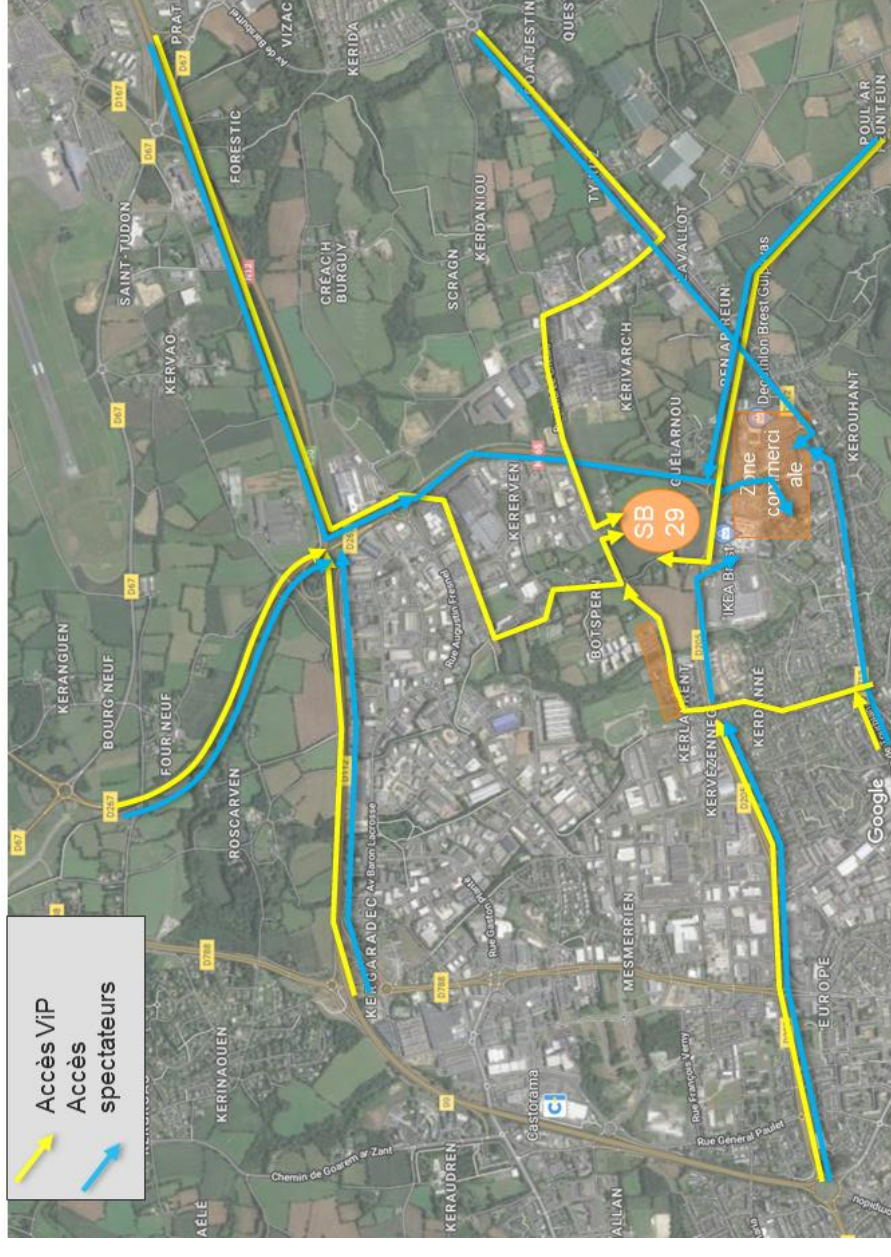
- Q1: ~400 véh
- Q2: ~600 véh
- Q3: ~600 véh
- Q4: ~600 vé

- ▶ Dont près de 200-300 véhicules en errance entre les parkings les plus proches des accès au stade (visiteurs à la recherche d'une place de parking);
- ▶ Des temps perdus pour chaque véhicule passant par les contrôles d'accès VIP et parkings réservés ;
- ▶ Des reports de circulation qui se feront depuis les voies d'accès exclusif au stade (voies réservées VIP et riverains);

2.6.2. Affectation des flux sur les accès et dans les parkings (affectation des itinéraires)

- ▶ Hypothèse : les spectateurs arrivant depuis le nord arrivent par :
 - VIP : La N265 puis la Rue Lavoisier;
 - Autres spectateurs ; N265 puis giratoire de Quelarnou ou giratoire de Keradrien en direction de la zone commerciale;
- ▶ Depuis le Sud: arrivées depuis la N265 par le giratoire de Quelarnou ou par la zone commerciale;
- ▶ Depuis l'ouest et sud-ouest – Kerlaurent- VC 14
- ▶ Depuis l'Est :
 - VIP: RD712 puis VC27
 - Autres : RD712 vers zone commerciale

Figure 8 : principes d'accès spectateurs



2.6.3. Sorties des parkings

L'hypothèse de répartition des flux en sortie de match est la suivante : 100% des flux spectateurs non-VIP sortent dans l'heure après le match. En ce qui concerne les VIP, la première hypothèse était que 100% d'entre eux sortaient dans l'heure suivant la fin du match. Par conséquent, on avait :

- ▶ Au total près de 4 000 véhicules supplémentaires sortant dans l'heure après le match (VIP + visiteurs).
- ▶ Il est considéré que l'ensemble de véhicules présents sort dans l'heure après le match. La répartition au quart d'heure de ces sorties est la suivante :
 - ▶ Q1 : 15%
 - ▶ Q2 : 35%
 - ▶ Q3 : 35%
 - ▶ Q4 : 15%

Tableau 2 : sorties des véhicules après le match

cas courant	Vendredi soir	Samedi après-midi	Samedi soir
total voitures	4480	4480	4480
Occupation VIP >1h avant le match	1350	1350	1350
zone commerciale	1795	1458	1621
Leroy Merlin	492	268	402
Ikea	600	212	318
Jardiland	232	112	168
Décathlon	178	325	330
king jouet maisons du monde	129	261	150
restaurants	96	228	114
P+R	68	52	78

► Sorties VIP :

Au regard du trafic émis trop concentré sur une courte période (hypothèse initiale prévoyant la sortie simultanée de 100% des flux pour tous les flux, VIP et visiteurs), il est proposé d'ajuster le volume des sorties VIP par la mise en place d'animations à destination du public VIP selon les principes suivants :

- Sortie de 33% des voitures VIP dans l'heure
- Sortie de 67% des voitures sur l'heure d'après

Il est finalement considéré que 33% des flux VIP (450 voitures sur 1350) sortent dans l'heure après le match et le reste sort sur les heures après (flux retardés en lien avec des événements sur site).

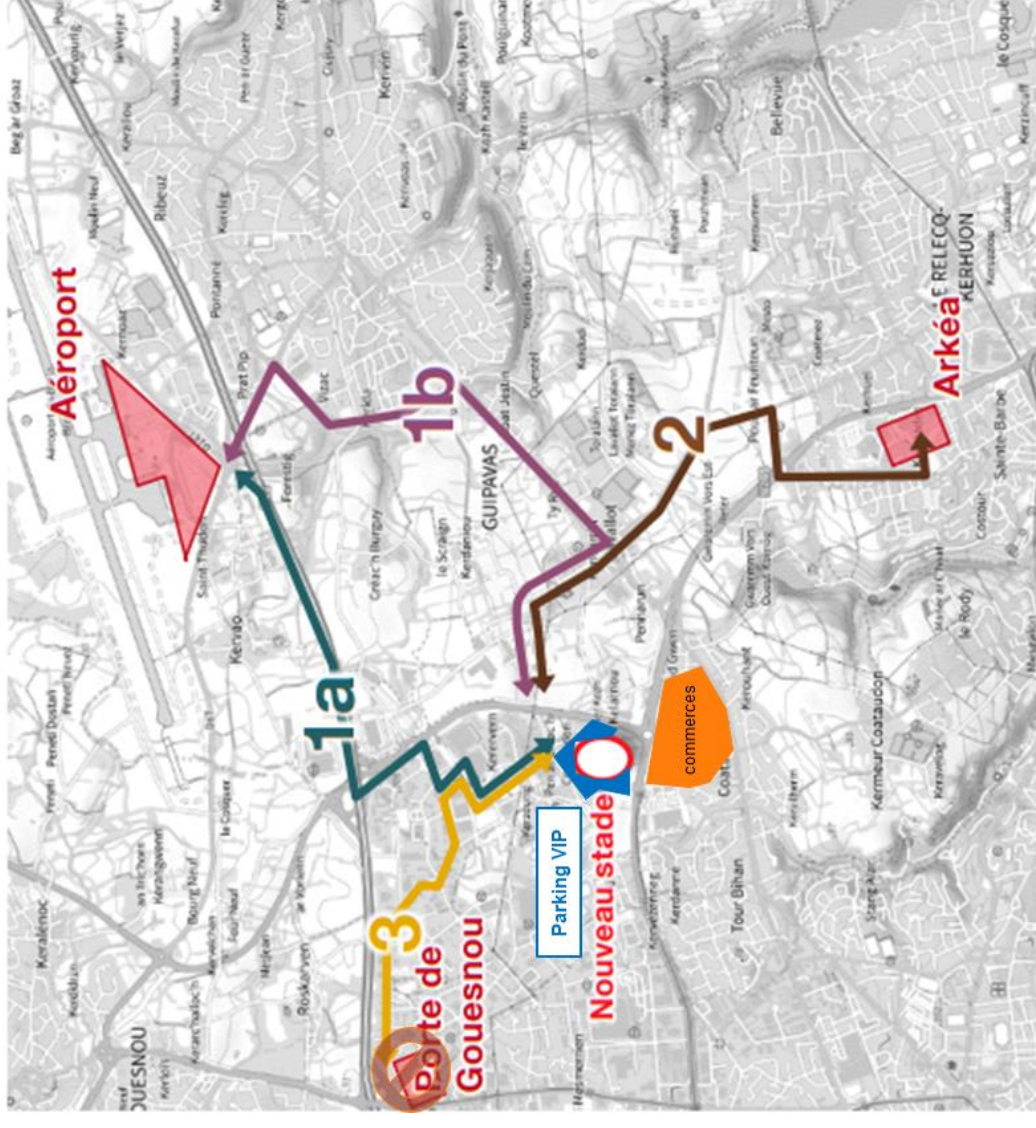
2.7. Hypothèses liées aux déplacements alternatifs

2.7.1. Tramway

Le site est directement relié par la ligne A permettant une fréquence d'environ 6 à 8 minutes les jours de match. La part modale liée aux TC et particulièrement au tramway est de 16% soit près de 1300 spectateurs en accès et près de 2 200 à 2400 spectateurs sur l'heure après le match.¹

2.7.2. Navettes et parkings déportés.

Au total, près de 25 navettes en rabattement depuis les parkings déportés (toutes les 5 minutes depuis l'aéroport et toutes les 8 minutes depuis Arkéa);



2.7.3. Modes actifs

Le site est actuellement desservi par une piste cyclable permettant de relier le centre de Brest vers le stade. Les hypothèses de fréquentation tiennent en compte une part modale vélo de 1% soit entre 50 et 100 spectateurs s'y rendant à vélo.¹

Figure 9 : principes d'affectations des itinéraires d'accès retenus pour les navettes (source Transitec)

¹ Source étude Transitec

3. Proposition d'invariants et de variantes à tester

Phase 2 : simulation de scénarios

3.1. Objectifs & démarche mise en œuvre

Plusieurs cas de fonctionnement de la circulation dans le secteur ont été testés dans les deux cas de figure, accès et sorties de match. Les périodes étudiées sont :

- ▶ Le vendredi soir ;
- ▶ Le samedi après-midi .
- ▶ Le samedi soir.

Les principaux flux impactant la circulation dans le secteur sont liés a :

- ▶ Les sorties des zones d'activité le vendredi
- ▶ La fréquentation des commerces le samedi

Au total 5 scénarios ont été étudiés pour mesurer le niveau des impacts.

Vendredi soir :

- ▶ **Scénario 1 : Vendredi soir** – entrées des matchs débutant à 21h, (test avec et sans prise en compte des traversées piétonnes)
- ▶ **Scénario 2 : Vendredi soir**– sorties des matchs finissant à 23h, (test avec et sans prise en compte des traversées piétonnes)

Samedi :

- ▶ **Scénario 3 : Samedi après-midi** – entrées des matchs débutant à 17h, (test avec et sans prise en compte des traversées piétonnes)
- ▶ **Scénario 4 : Samedi après-midi** – sorties des matchs finissant à 15h, (test avec et sans prise en compte des traversées piétonnes)
- ▶ **Scénario 5 : Samedi soir** – sorties des matchs finissant à 19h, (test avec et sans prise en compte des traversées piétonnes)

3.2. Variantes de configuration du réseau routier

3.2.1. Contrôle d'accès

Dans le but d'estimer le mode de gestion des contrôles d'accès, 2 temps d'arrêt ont été testés avec :

- ▶ Tout d'abord 15 secondes d'arrêt (un contrôle manuel et plus long)
- ▶ Puis un temps des arrêts à 5 secondes assimilé à un contrôle d'accès automatisé (badge ou macaron)

3.2.1.1. Avec un temps de contrôle de 15 secondes

Des remontées de file importantes sont constatées sur l'ensemble des accès au secteur VIP. Des impacts existent sur l'écoulement du trafic sur les accès principaux notamment pour les contrôles d'accès à proximité de l'axe D205, comme le montre l'image ci-dessous.

Figure 10 : extrait des remontées de file constatées avec des temps de contrôle de 15s



3.2.1.2. Avec un temps de contrôle de 5 secondes

- ▶ Une nette amélioration des conditions d'accès avec une prise en compte des temps d'arrêt diminués ;
- ▶ Cela nécessite une organisation en amont permettant la fluidification des temps de contrôle.
- ▶ Le fonctionnement avec des temps d'attente de 5 secondes est maintenu pour les modélisations

Figure 11 : extrait des remontées de file constatées avec des temps de contrôle de 5s

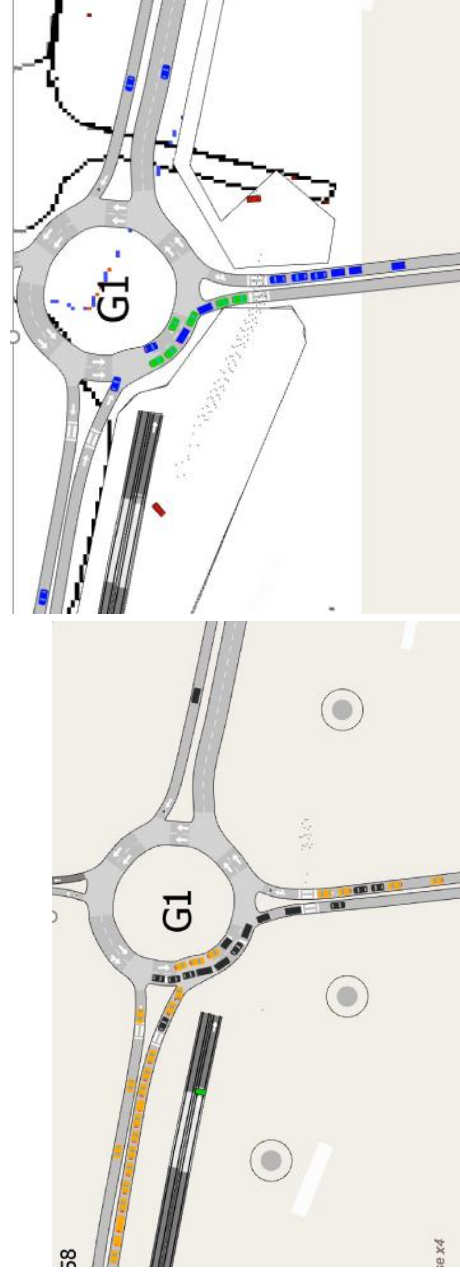


3.2.2. Gestion des flux piétons au giratoire Keradrien

- ▶ Près de 2 700 piétons sortent vers le tramway et les parkings des commerces sur une heure;
- ▶ Les piétons arrivent de manière dispersée, mais traversant par « groupes toutes les 2 minutes » pour ne pas interrompre la circulation de manière constante → fonctionnement type feu piéton ou avec un agent de régulation;
- ▶ Les flux piétons sont trop importants et impliqueraient des traversées constantes impactant de manière trop importante la circulation ;

Un premier test des simulations montre que les traversées piétonnes non régulées provoquent des perturbations trop fortes sur les flux automobiles : les piétons arrivant des parkings et du tram arrivent sur différentes temporalités. Ainsi il est préconisé de réguler les flux piétons par un feu piéton ou un agent pour condenser les traversées et limiter le nombre d'interruptions du flux de voitures. Cette régulation permet également de sécuriser les traversées piétonnes.

Figure 12 : exemple de perturbations sans régulation (gauche) et avec régulation des flux piétons



3.3. Synthèse des scénarios modélisés

3.3.1. Méthodologie

La comparaison des scénarios s'est faite sur la base de 3 indicateurs :

- ▶ Les remontées de file moyenne : correspondant au nombre de voitures moyennes en attente sur une section sur l'heure modélisée.
- ▶ Les remontées de file maximales : correspondant au nombre de voitures maximales en attente sur une section, généralement au moment de l'hyperpointe sur l'heure modélisée.
- ▶ Le comparatif des temps de parcours : mesurant le temps de parcours (sec) modélisé entre une section de départ et une section d'arrivée

3.3.2. Scénario 1 –vendredi soir : entrées de match

3.3.2.1. Fonctionnement global

Une circulation globalement plus dense qu'en période de référence, avec notamment un réseau plus chargé au niveau des axes structurants induisant des phénomènes importants de remontées de file au niveau de Quelarnou et de Kervao.

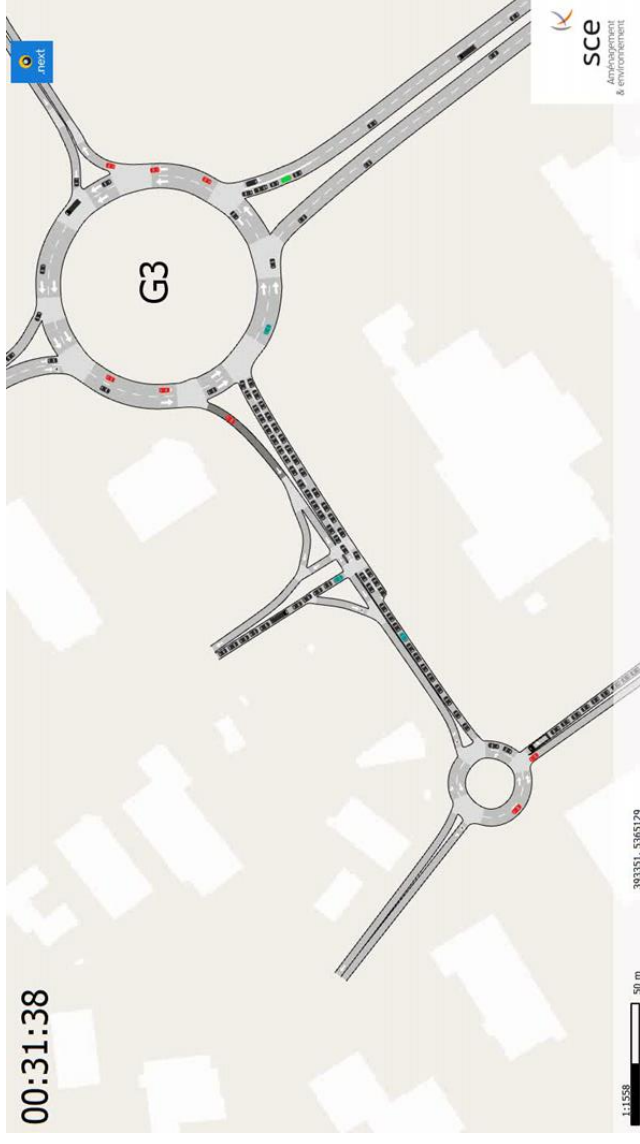
Les accès VIP depuis le nord sont privilégiés par les entrées réservées au stade (Rue Lavoisier (60%) et VC14/rue Tabarly (40%))

3.3.2.2. Dysfonctionnements

Le trafic accentué sur le giratoire Kervao Sud (G3) en direction vers la RN265 et la VC14 rendent l'insertion des véhicules sortant des entreprises en direction de la RN265 plus difficiles. Les impacts suivants sont observés :

- ▶ Des remontées de file en sortie du secteur
- ▶ Difficultés d'insertion des véhicules sortant par la rue Jules Janssen

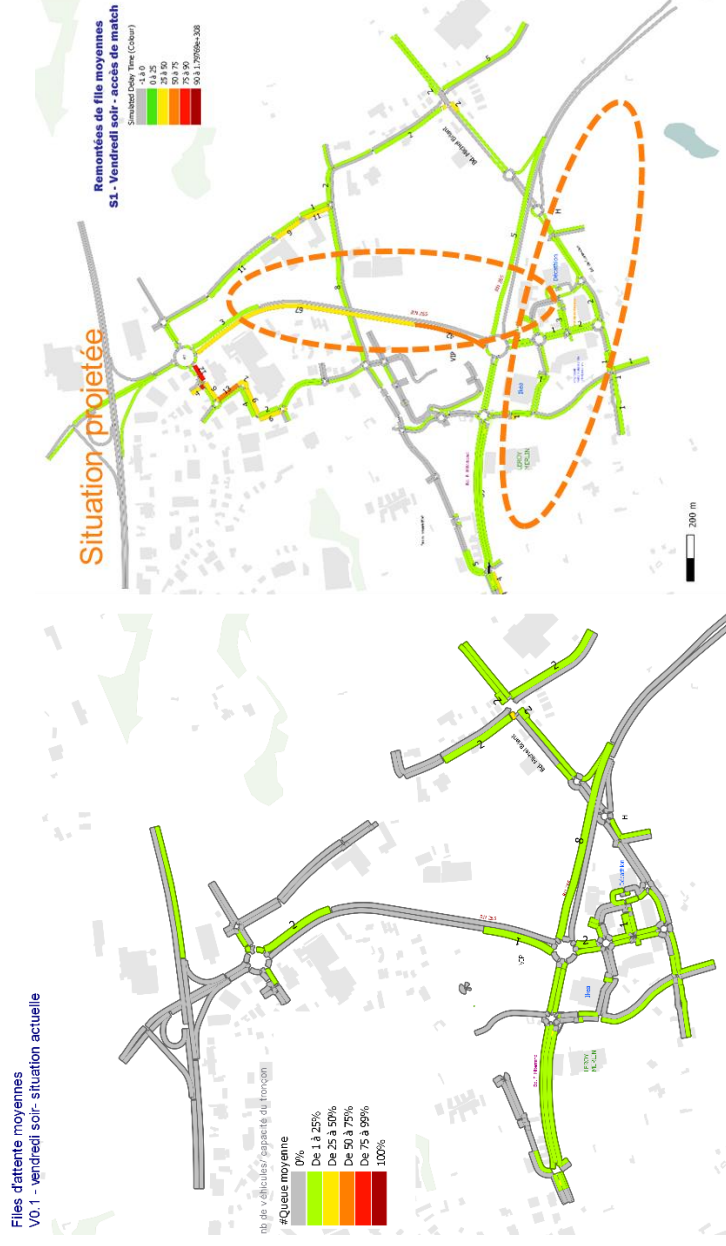
Figure 13 : exemple de perturbations observées au niveau des sorties de la zone d'activités Kergaradec au nord



3.3.2.3. Remontées de file moyennes

Des files d'attente persistantes sur l'heure qui se créent au niveau de la RN265.

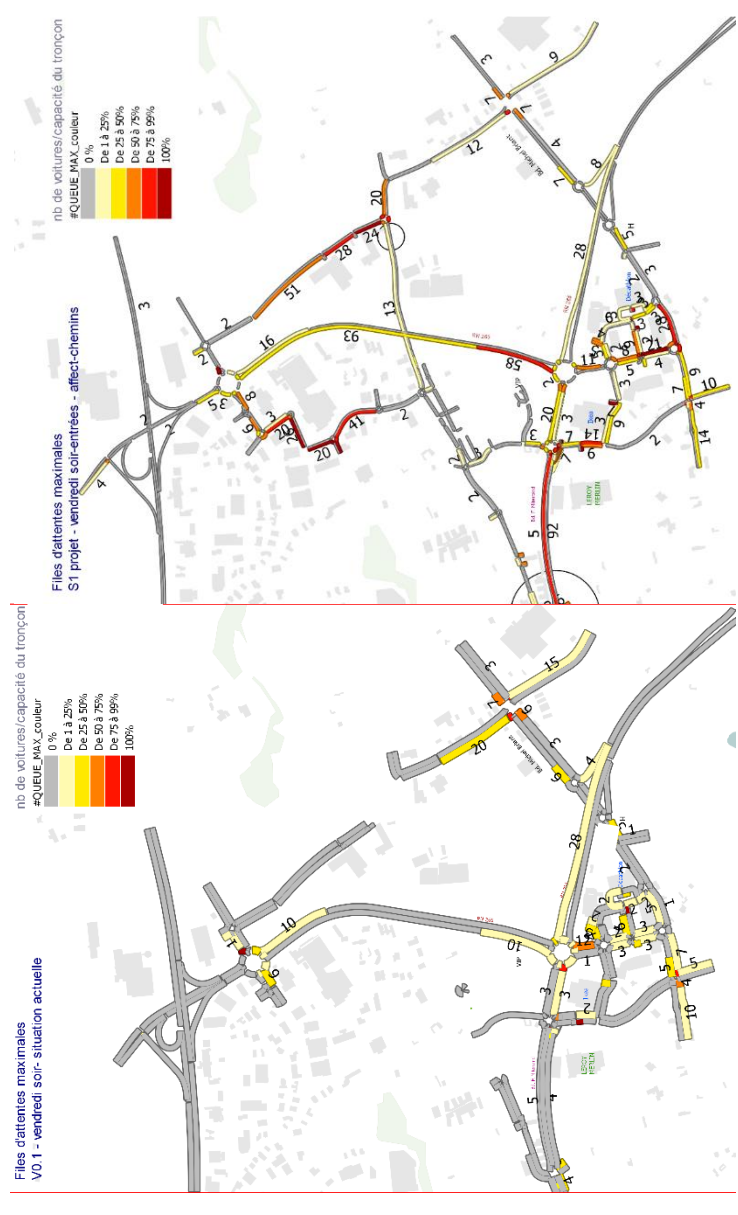
Figure 14 : Scénario 1 – entrées de match vendredi soir – remontées de file moyenne



3.3.2.4. Remontées de file maximales

Des files d'attentes maximales très importantes impactant l'écoulement du flux en transit notamment sur les itinéraires nord-sud et en accès au stade (contrôle d'accès).

Figure 15 : Scénario 1 – entrées de match vendredi soir – remontées de file maximales



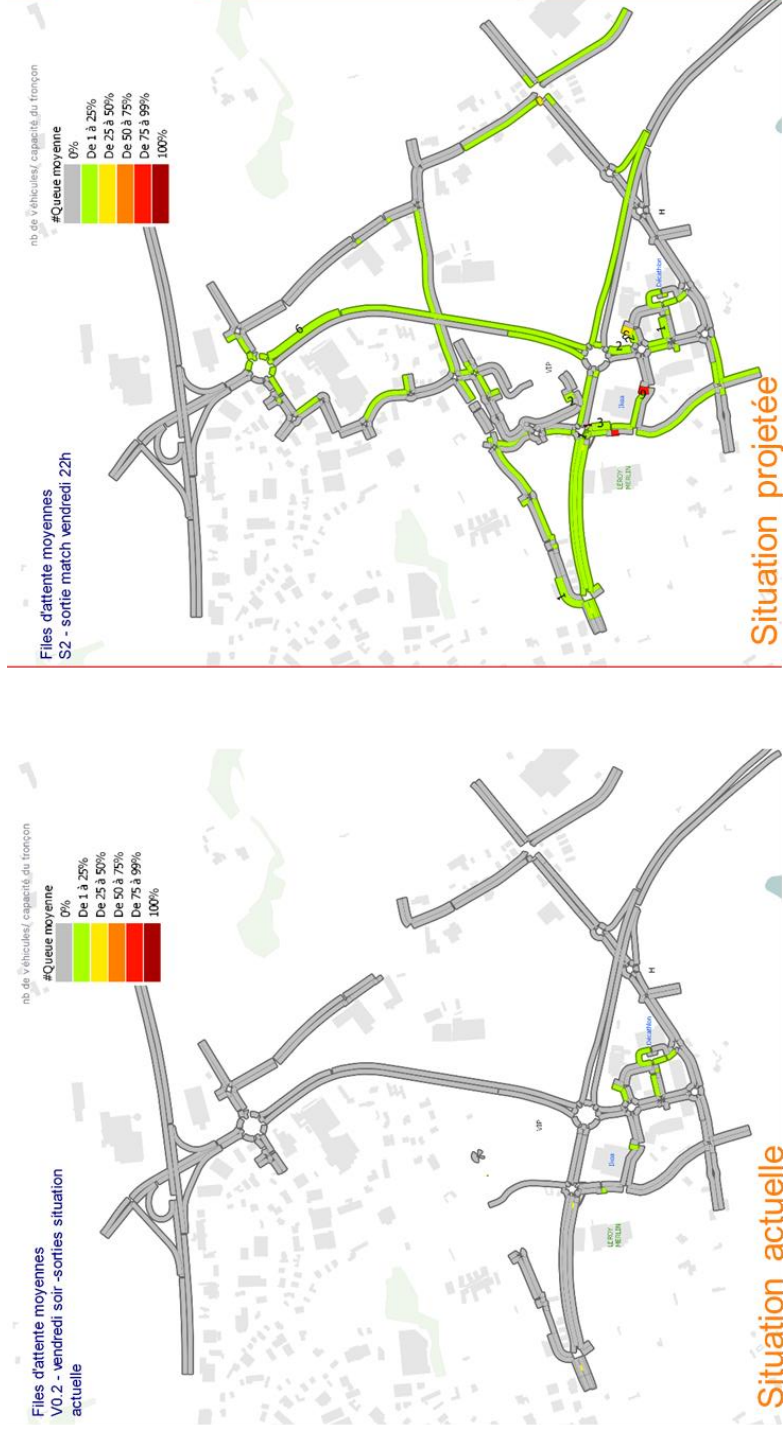
3.3.2.5. Temps de parcours

- ▲ Des temps perdus principalement sur les itinéraires nord-sud avec plus de 9 minutes de retard sur les itinéraires passant par la RN 265;
- ▲ Près de 4 minutes de retard sur les itinéraires ouest-est passant par le Bd. F Mitterrand;
- ▲ Peu d'impact sur les autres itinéraires;

Figure 16 : Scénario 1 – entrées de match vendredi soir – temps de parcours par rapport à la situation actuelle



Figure 17 : Scénario 2 – sorties de match vendredi soir – remontées de file moyennes



3.3.3. Scénario 2 –vendredi soir : sorties de match (avec piétons)

3.3.3.1. Fonctionnement global

- ▶ Une circulation globalement fluide du fait du trafic de fond faible ;
- ▶ Quelques ralentissements en sortie des parkings dus aux sorties simultanées des voitures;
- ▶ Aucun dysfonctionnement majeur constaté sur le réseau structurant.

3.3.3.2. Dysfonctionnements

En sortie de match, une régulation des flux piétons est nécessaire au giratoire Keradrien pour éviter un flux piéton constant qui pénaliserait la fluidité des sorties VP

Impacts : temps de parcours légèrement augmentés pour les VP sortant de la zone commerciale

3.3.3.3. Remontées de file moyennes

Des files d'attente constantes qui se créent sur l'ensemble du réseau structurant, mais qui restent faibles (entre 3 et 6 véhicules en attente)

3.3.3.4. Remontées de file maximales

Des remontées de file maximales accentuées en sortie des parkings, mais ayant un faible impact sur les temps de parcours. Seules les sorties des navettes peuvent être perturbées au moment de quitter le parking du stade (accès/sorties des navettes perturbées par le flux VP sortant permanent).

Figure 18 : Scénario 2 – sorties de match vendredi soir – remontées de file maximales

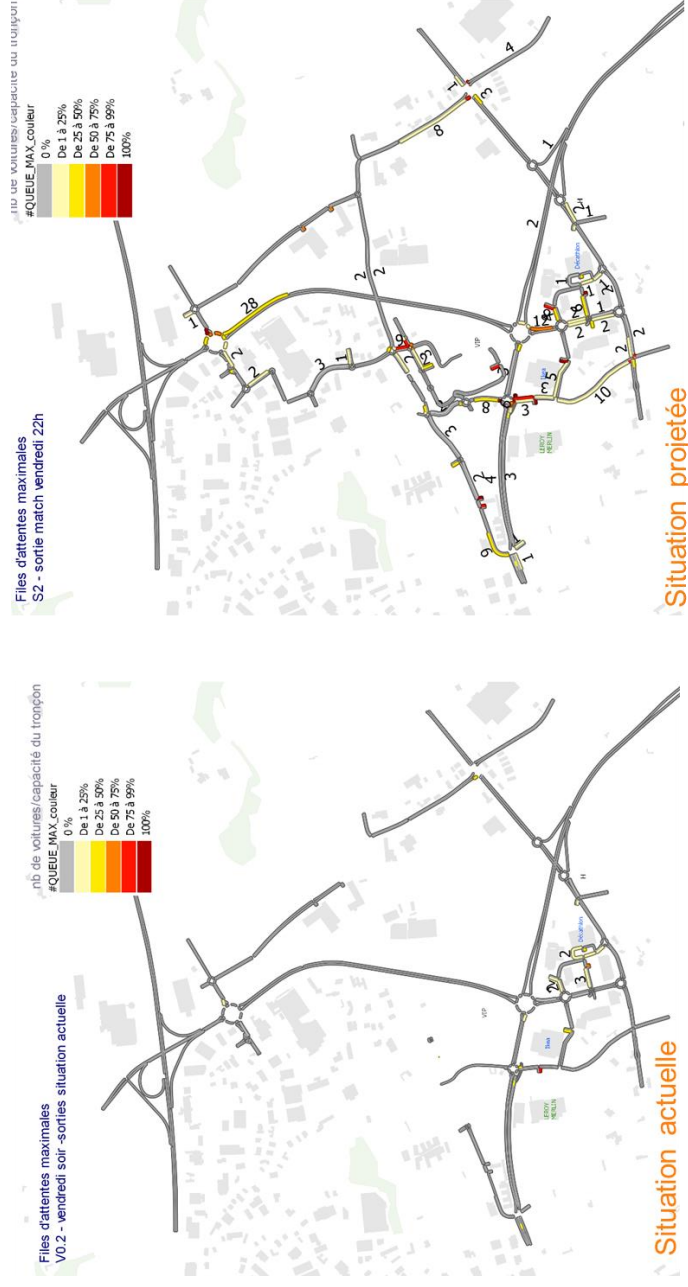
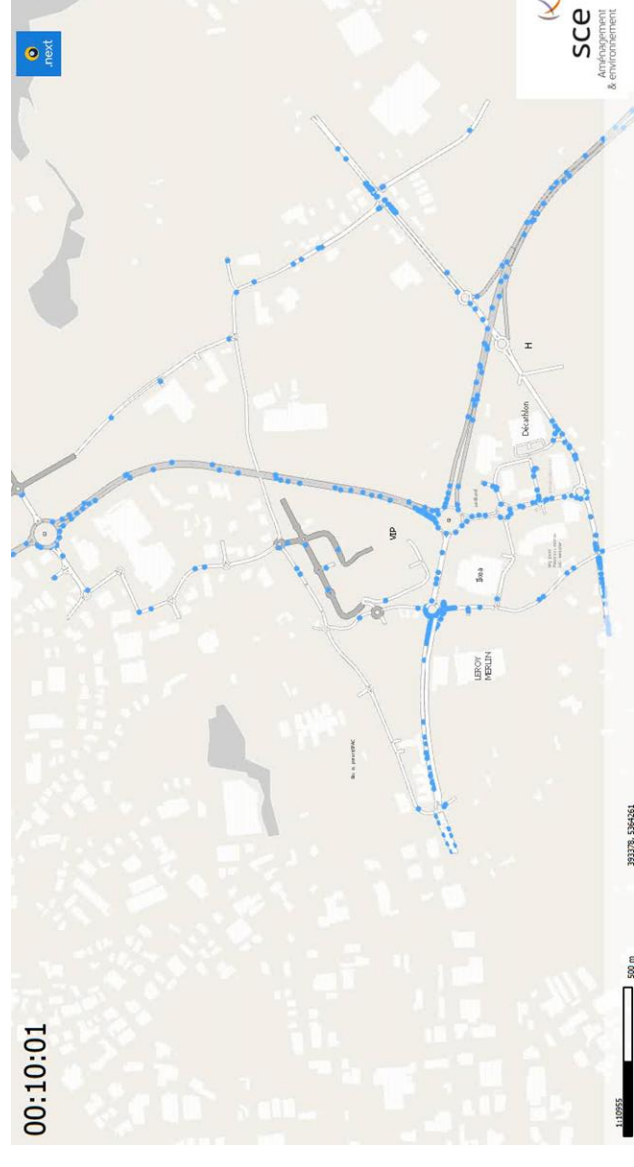


Figure 19 : Scénario 3 – entrées de match samedi après-midi – fonctionnement global



3.3.3.5. Temps de parcours

Compte-tenu des faibles dégradations des conditions de circulation, les temps de parcours vont se dégrader à la marge.

3.3.4. Scénario 3 – samedi après-midi entrées de match

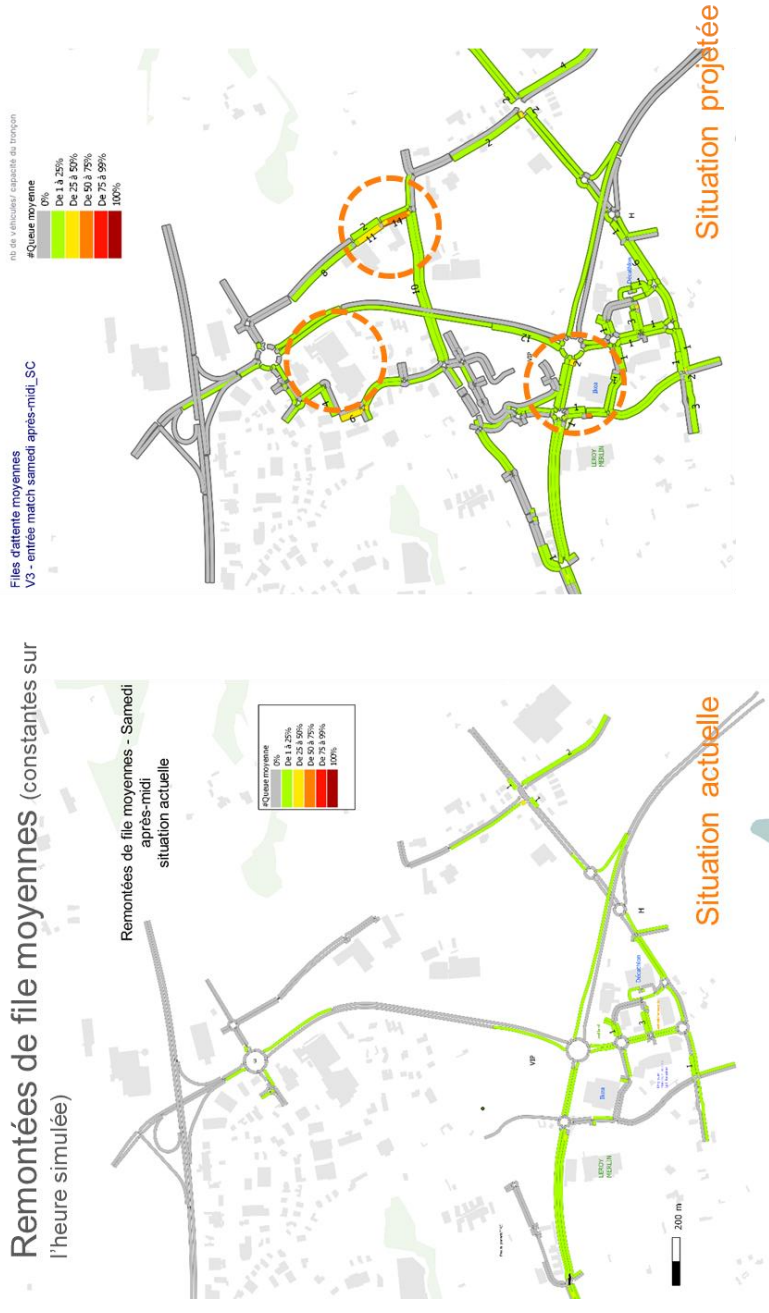
3.3.4.1. Fonctionnement global

Une circulation globalement plus dense qu'en période normale, avec notamment un réseau plus chargé en trafic au niveau des accès à la zone commerciale ; Des arrivées des spectateurs qui s'accroissent à partir du 2^{ème} quart d'heure et qui génèrent des remontées de file au niveau du Bd. Mitterrand (ouest-est) et la RN265 (nord-sud).

3.3.5. Remontées de file moyennes

- ▶ Des remontées de file moyennes accentuées, mais qui restent faibles (<25% de la capacité de stockage des tronçons, soit 1 à 3 véhicules environ)
- ▶ Des remontées de file moyennes accentuées au niveau des contrôles d'accès au stade et en accès vers les parkings des commerces

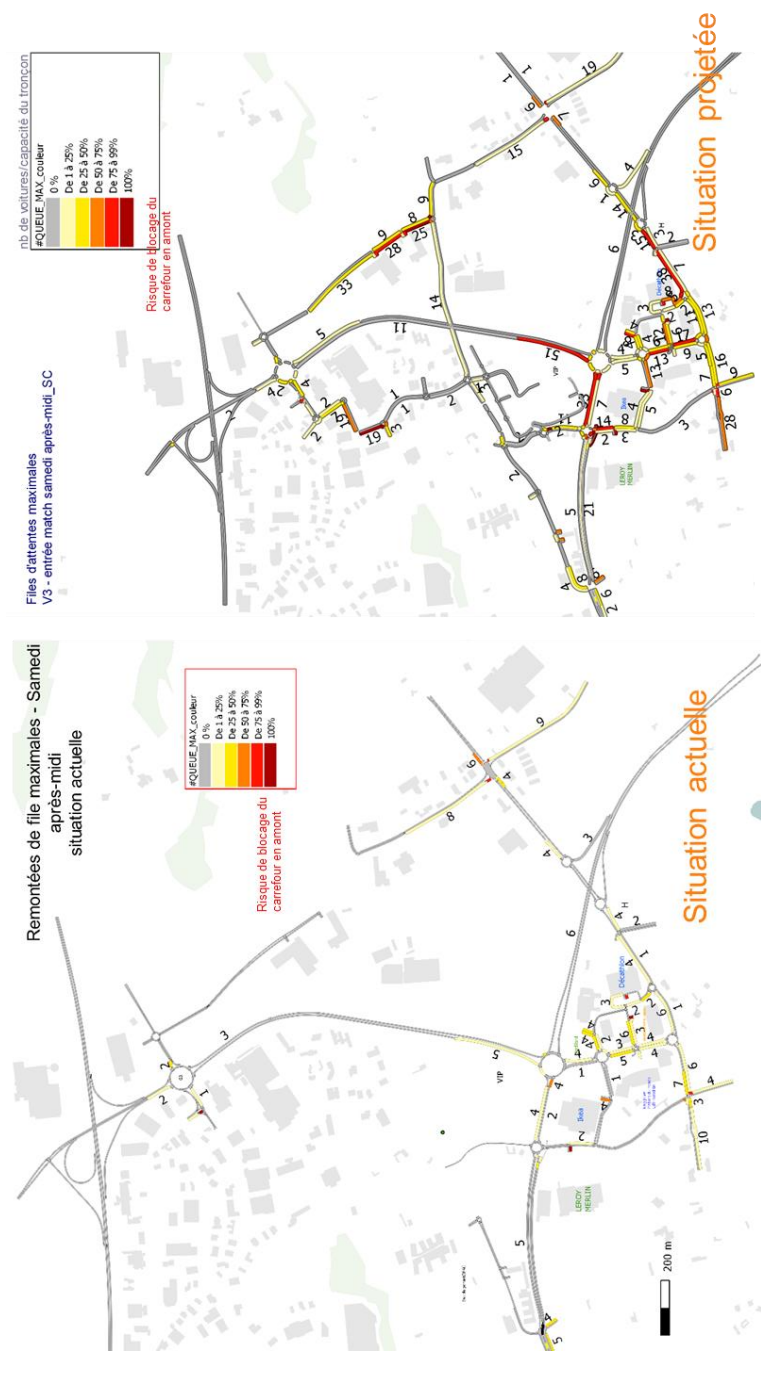
Figure 20 : Scénario 3 – entrées de match samedi après-midi – remontées de file moyennes



3.3.5.1. Remontées de file maximales

- ▶ Des remontées de file maximales accentuées sur la RD712, le Bd Mitterrand et la RN265, mais beaucoup moins fortes que le vendredi soir.
- ▶ Une augmentation des temps d'attente au niveau de la zone commerciale est observée.
- ▶ Des files d'attente modérées au niveau des contrôles d'accès se créent.

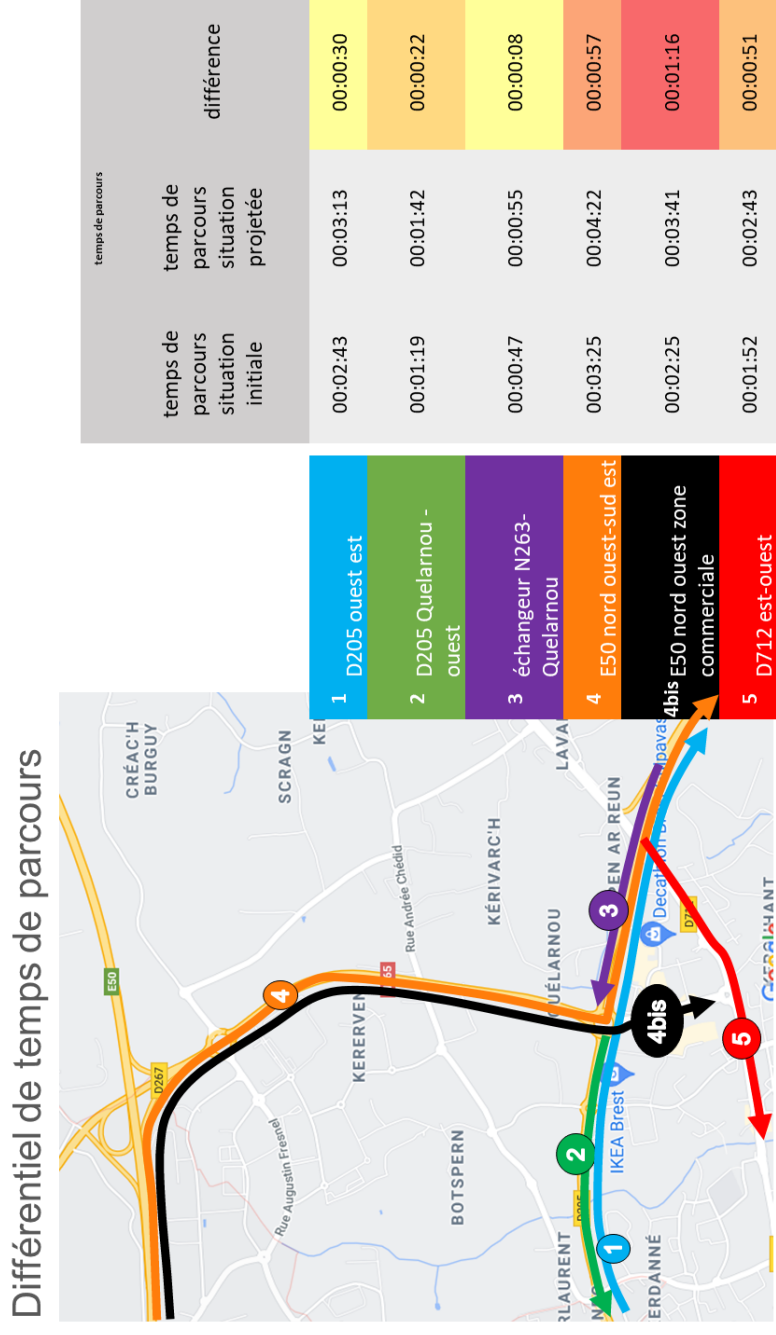
Figure 21 : Scénario 3 – entrées de match samedi après-midi – remontées de file maximales



3.3.5.2. Temps de parcours

Des retards modérés sont constatés sur la majorité des axes (en comparaison avec la situation actuelle). Les itinéraires les plus impactés sont ceux en lien avec la RN et la zone commerciale (entre 1 et 2 minutes de temps perdus supplémentaires/véhicule).

Figure 22 : Scénario 3 – entrées de match – temps de parcours par rapport à la situation de référence



3.3.6. Scénario 4 – samedi après-midi : sortie de match

3.3.6.1. Fonctionnement global

Un trafic plus dense qu'en situation sans match avec des véhicules concentrés principalement sur les derniers quarts d'heure (sortie de 100% des flux dans l'heure après le match).

Des dysfonctionnements importants au niveau des sorties VIP, avec notamment un volume important de véhicules se dirigeant vers la N265, occasionnant des remontées de file sur la sortie des navettes (rue André Chédid).

Figure 23 : Scénario 4 – sorties de match samedi après-midi – extrait des modélisations

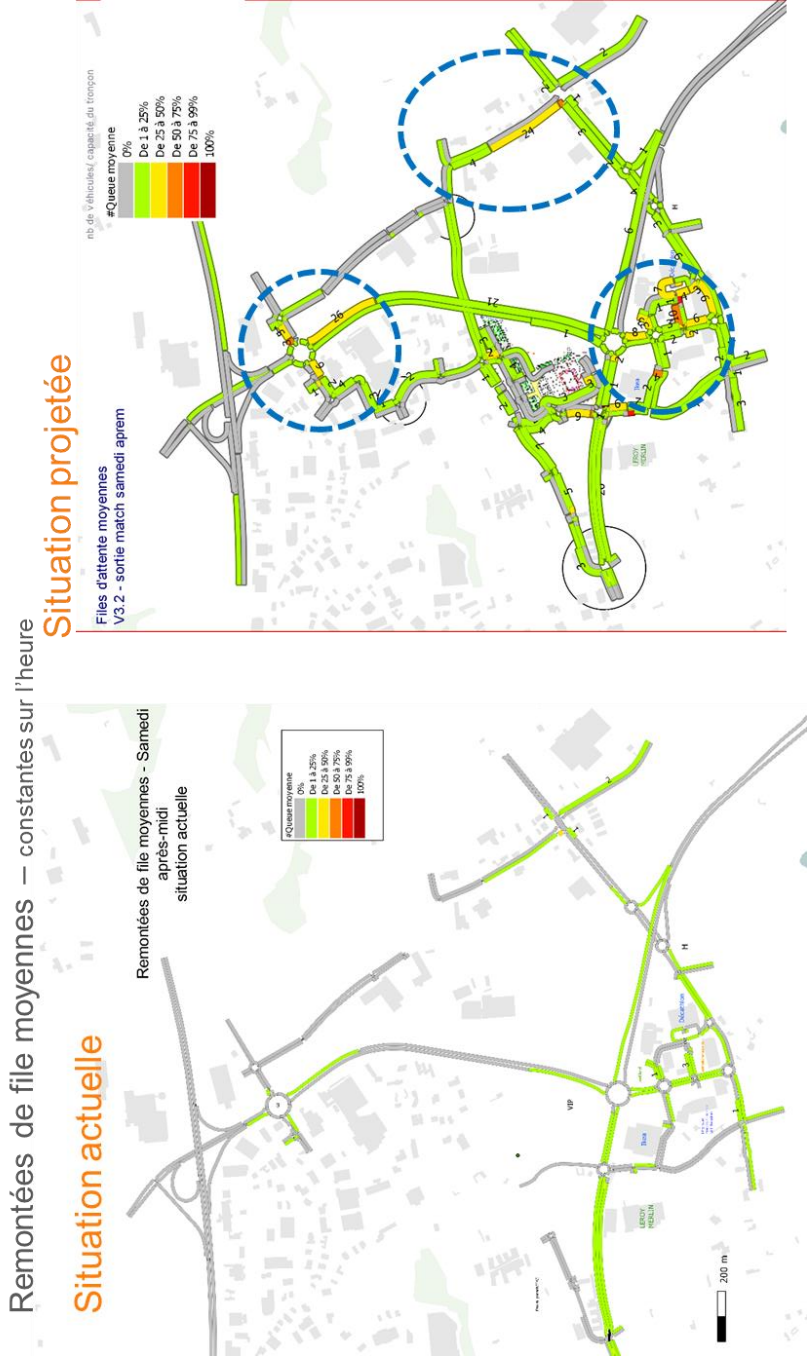


3.3.6.2. Remontées de file moyennes

Des remontées de file moyennes accentuées sont constatées notamment au niveau des principaux carrefours en sortie du stade. Les files d'attente se créent également au niveau de la sortie VC14 vers le Bd. Mitterrand et peuvent provoquer un blocage du giratoire en amont et rendre difficile les sorties du parking ;

Les remontées de file persistantes peuvent également rendre difficiles les sorties depuis les parkings de la zone commerciale et la circulation des navettes.

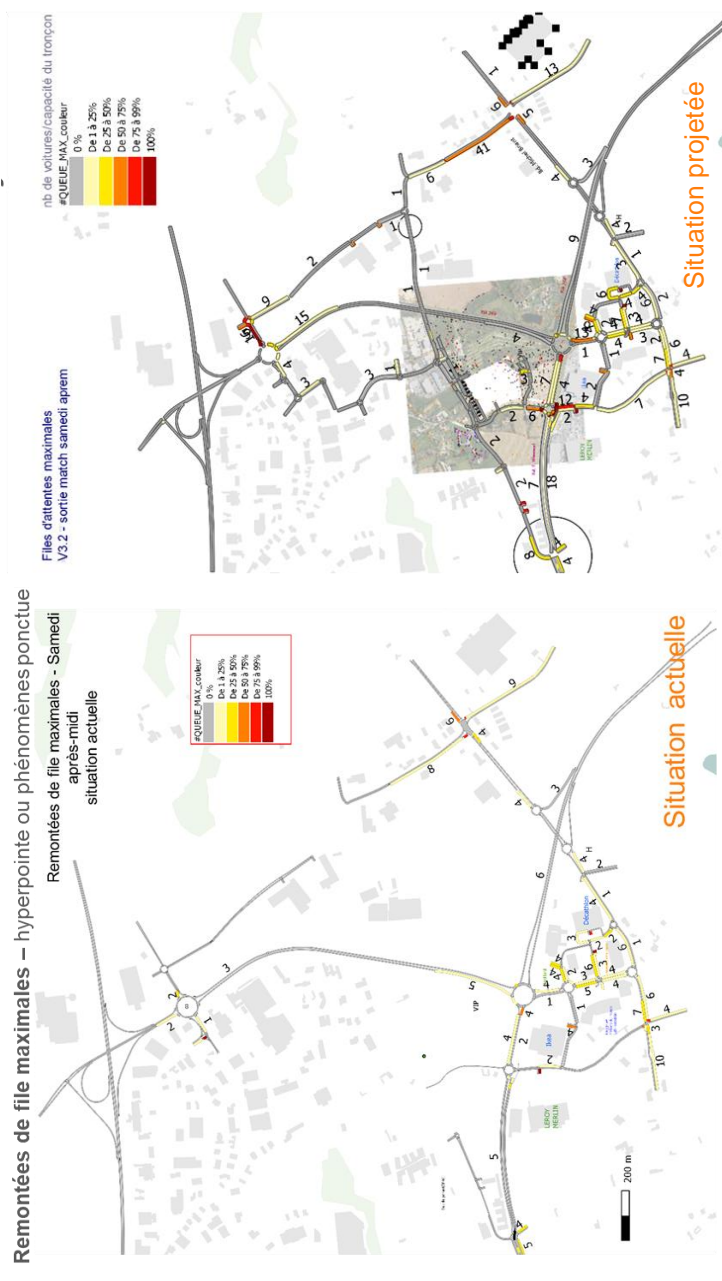
Figure 24 : Scénario 4 – sorties de match samedi après-midi – remontées de file moyenne



3.3.6.3. Remontées de file maximales

Les remontées de file sont concentrées sur les sorties des parkings. La rue Andrée Chedid est également impactée au droit du feu avec le Bd Michel Briant. Ces dysfonctionnements peuvent avoir un impact important sur le fonctionnement des navettes en rabattement vers les parkings déportés. Dans cette plage horaire, il est indispensable d'éviter autant que possible le transit des véhicules en sortie du parking VIP par la zone commerciale. En effet, une saturation de l'axe Pierre Jakez pourrait entraîner un auto-blocage du réseau routier.

Figure 25 : Scénario 4 – sorties de match samedi après-midi – remontées de file maximales



3.3.6.4. Temps de parcours

Les itinéraires les plus impactés sont ceux qui sortent des parkings pour rejoindre le réseau structurant, car ces voies ne sont pas prioritaires aux carrefours ou giratoires. La RN265 sens sud-nord est elle aussi fortement impacté notamment sur Kervao Sud et sur la section en amont (perte de 5 min en moyenne).

Figure 26 : Scénario 4 – sorties de match samedi après-midi – temps de parcours par rapport à la situation de référence

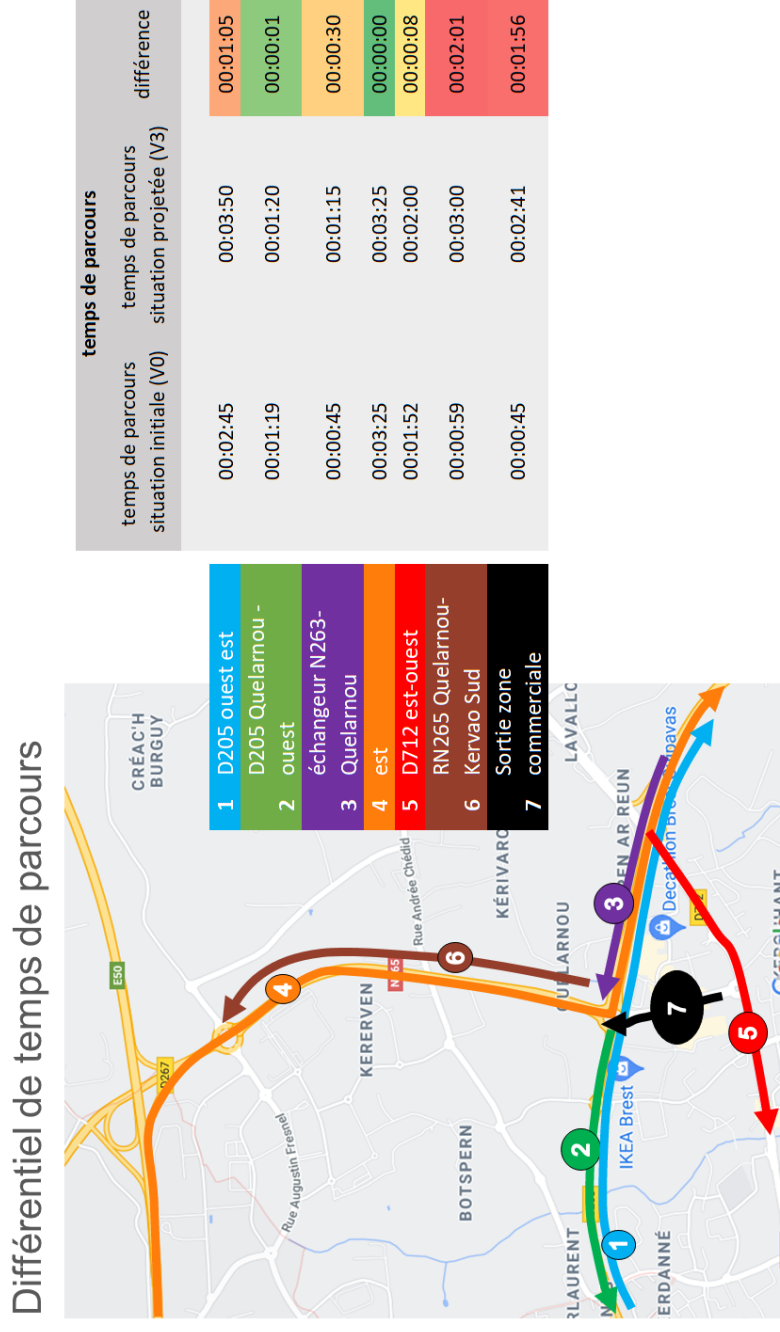
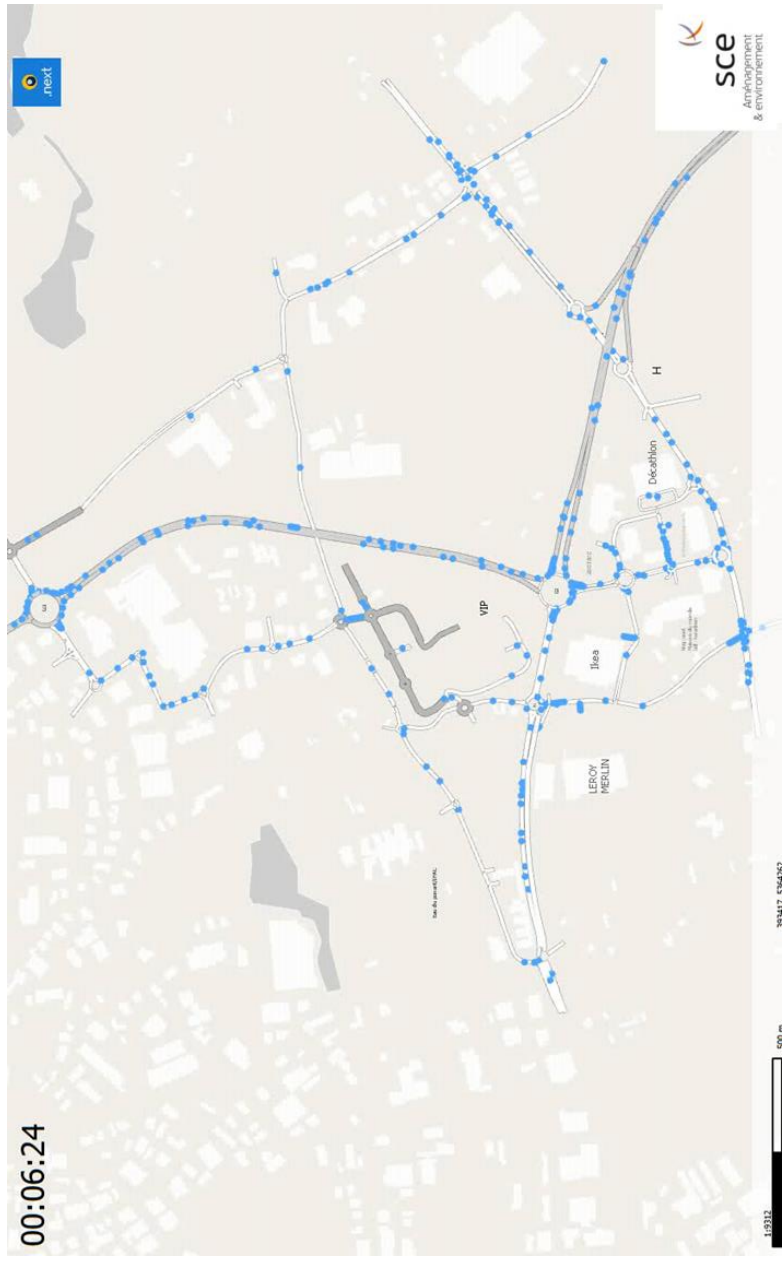


Figure 27 : Scénario 5 – sorties de match samedi soir – extrait de la modélisation



3.3.7. Scénario 5 – samedi soir : sortie de match

3.3.7.1. Fonctionnement global

La circulation est globalement moins dense que l'après-midi, mais les sorties concentrées au niveau de la zone commerciale rendant les sorties des parkings difficiles.

3.3.7.2. Remontées de file moyennes

Des remontées de file modérées (environ 3 à 4 voitures) se créent sur les principaux carrefours. Une circulation très dense au niveau des sorties de la zone commerciale est observée.

Figure 28 : Scénario 5 – sorties de match samedi soir – remontées de file moyennes

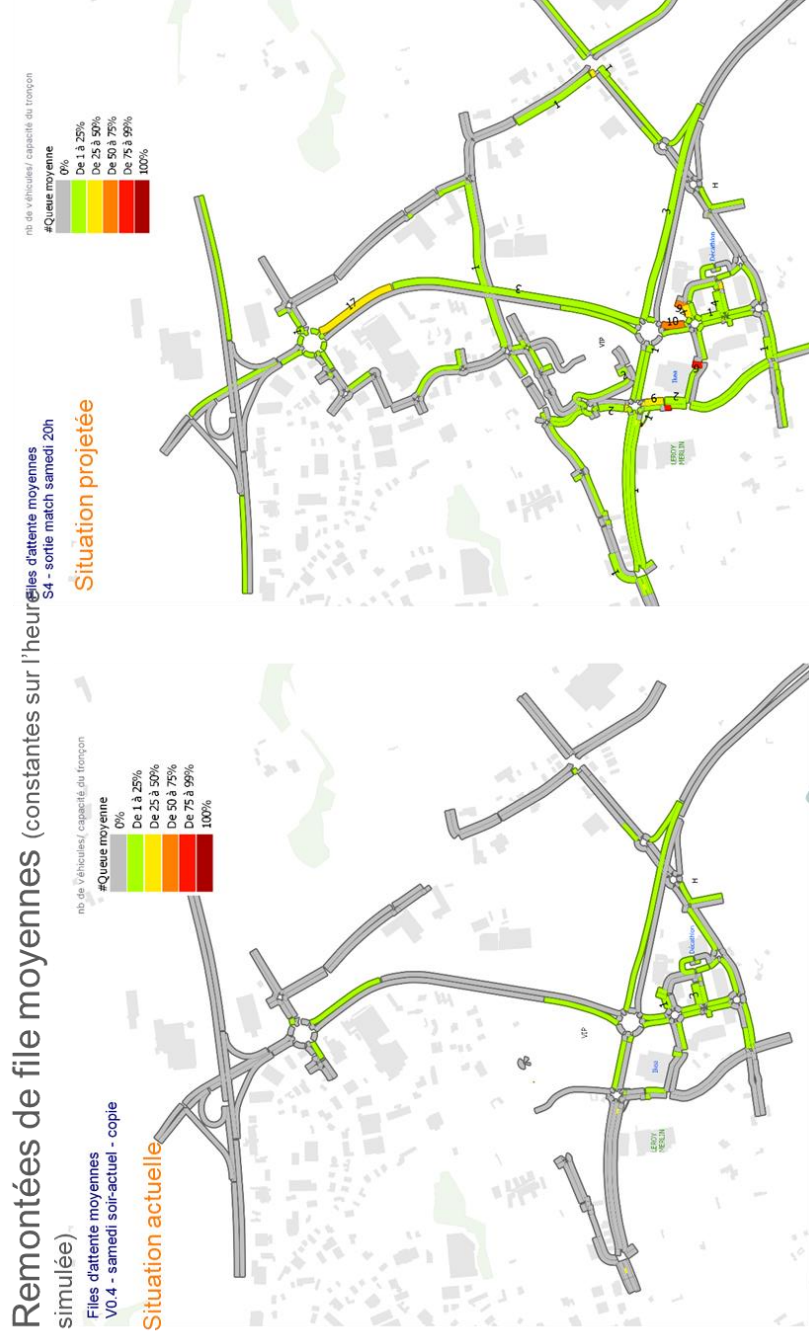
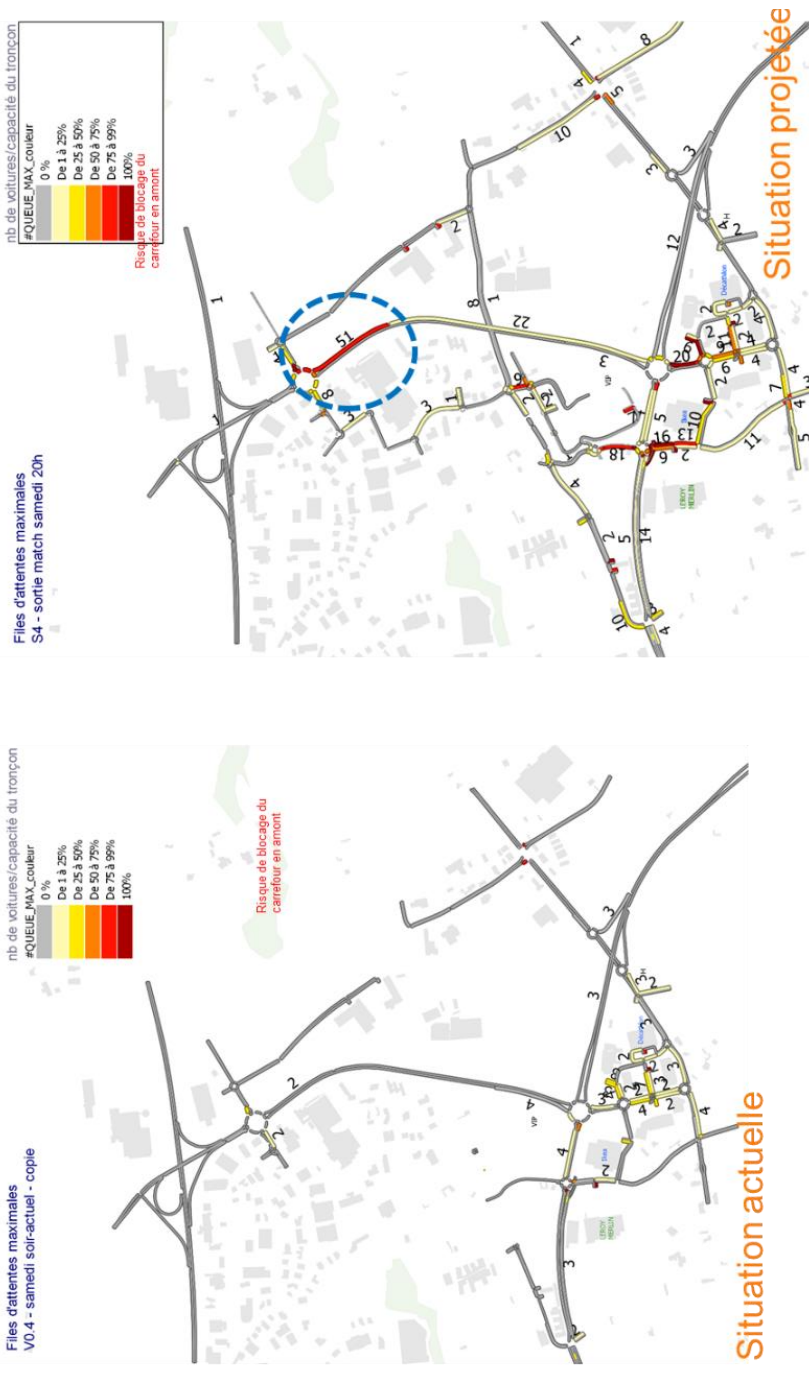


Figure 29 : Scénario 5 – sortie de match samedi soir – remontées de file maximales



3.3.7.3. Remontées de file maximales

Des files d'attente se créent principalement au niveau du giratoire de Kervao sud et au giratoire de Keradrien ainsi qu'en sortie de zone commerciale.

3.3.7.4. Temps de parcours

Des temps de parcours peu modifiés par rapport à un réseau à vide. Des différentiels de temps de +1à+2 minutes indiquant principalement des temps perdus au niveau des sorties des parkings de la zone commerciale.

3.4. Conclusion des premières modélisations

3.4.1. Les accès au stade

- ▶ En accès au stade, le flux de voitures supplémentaires génère des dysfonctionnements autour des 2 principaux giratoires (Keradrien et Quelarnou).
- ▶ Les impacts sont plus importants le vendredi soir étant donné que le réseau routier est plus chargé (trafic de fond plus important); notamment au niveau de l'échangeur de Kervao. Les remontées de file sont plus importantes au niveau des principaux carrefours et occasionnent un dysfonctionnement global de l'ensemble de carrefours du système (temps de parcours très ralentis sur l'accès général au secteur dans l'heure avant le match ~5 min à 10 minutes de temps perdus sur les accès passant par la RN265); les accès navettes sont a priori peu concernés par les dysfonctionnements (30 sec-1min de retard sur l'hyper-pointe).
- ▶ Le samedi après-midi, les impacts sont plus concentrés au niveau de la zone commerciale. La densité de flux en accès vers les parkings peut occasionner des ralentissements importants dans le secteur, il est primordial de conserver une répartition des flux au sein du réseau routier de la zone commerciale pour éviter une agglomération des trafics pouvant se traduire en phénomènes d'auto-blocage des giratoires de la zone commerciale et sur le Bd de Coataudon. Au global, les files d'attente créées le samedi engendrent des pertes de temps, mais ne bloquent pas le système dans les simulations.

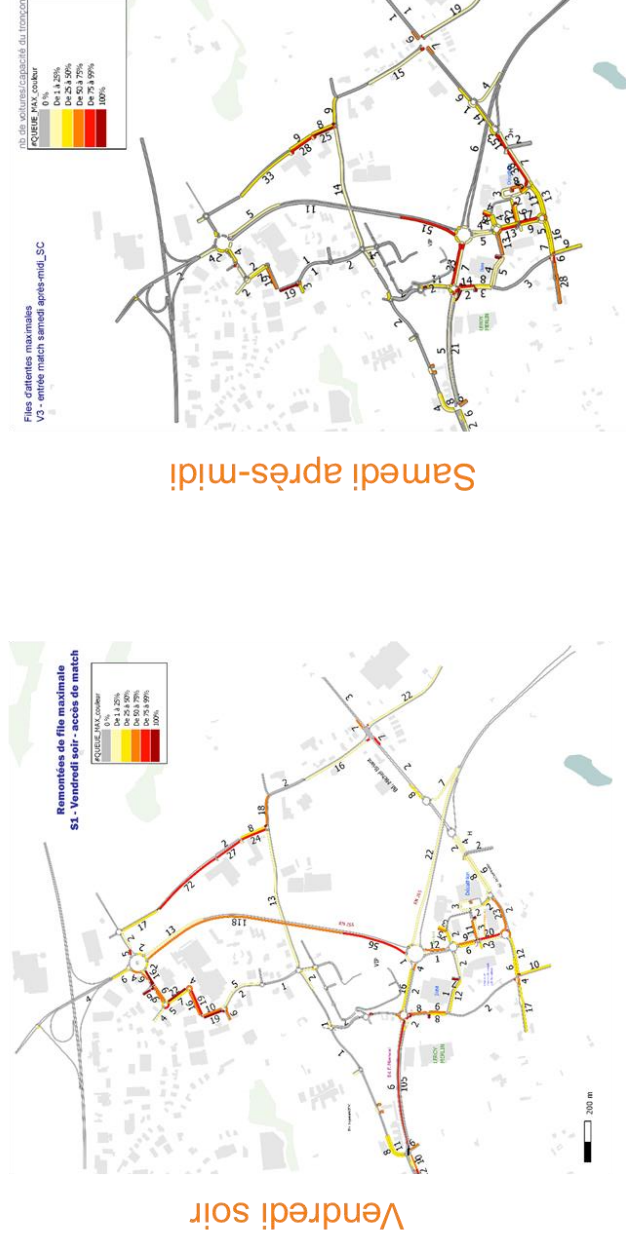


Figure 30 : synthèse des remontées de file maximales - en entrée de match

En ce qui concerne les piétons :

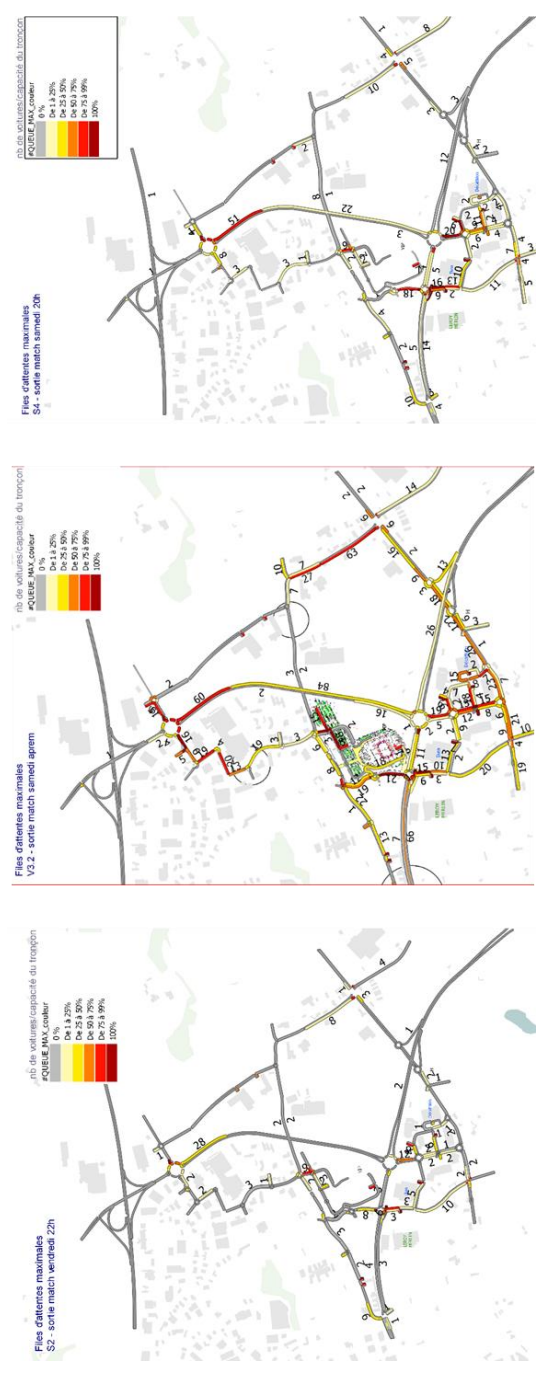
- ▶ Une régulation naturelle se fait par l'arrivée des tramways, les impacts sur la circulation sont très modérés
- ▶ Le maintien des traversées piétonnes au moment des accès au match représente des phénomènes de dégradation du trafic ponctuels qui se résorbent rapidement (< 2 minutes), ceci

s'explique notamment par l'arrivée condensée des piétons sur des temps assez espacés (en lien avec la fréquence du tramway)

3.4.2. Les sorties du stade

- ▶ Les sorties de match impliquent une augmentation très importante du trafic avec près de 2 800 véhicules supplémentaires sur l'heure après le match ;
- ▶ Les sorties du vendredi soir génèrent très peu de dysfonctionnement du fait que le trafic de fond dans le secteur est très faible, seules les sorties des parkings sont problématiques du fait de l'accumulation des sorties simultanées ;
- ▶ Les sorties de match samedi après-midi génèrent le plus de dysfonctionnements, en effet le trafic dans le secteur est déjà important avec le fonctionnement des activités commerciales. Les remontées de file se concentrent au niveau des principaux carrefours et impliquent une perte de temps importante sur les sorties et accès des navettes sur cette période.

Figure 31 : synthèse des remontées de file maximales - en sortie de match



En ce qui concerne les piétons :

- ▶ Une régulation est nécessaire pour éviter un flux permanent perturbant fortement la circulation (régulation en amont des traversées)
- ▶ Les tests de sensibilité réalisés sans régulation des flux piétons montrent une perturbation quasi permanente du trafic avec des remontées de file trop importantes.

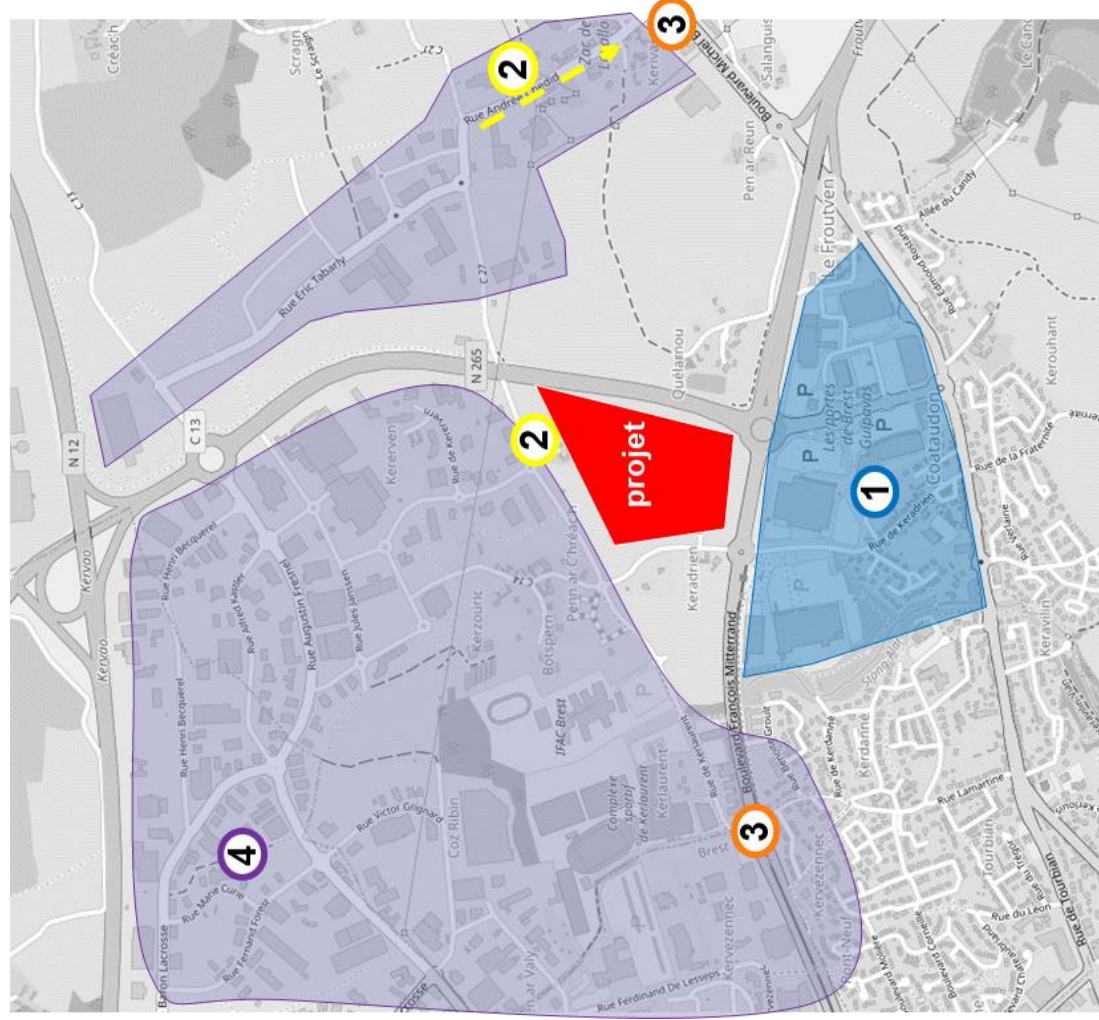
3.4.3. Préconisations globales

Au regard de la périodicité des matchs, les impacts sur le réseau routier seront modérés, à raison de quelques fois par an. De ce fait, la réalisation d'aménagements « lourds » dans le but de fluidifier le trafic (bretelles, échangeur...) semble peu pertinent.

À ce stade quelques actions plus « légères » sont envisageables à l'échelle du secteur afin de minimiser les risques de bouchons. Ces actions sont les suivantes :

1. Redirection des flux en temps réel pour fluidifier les entrées vers les parkings ;
2. Réguler la circulation des navettes notamment lors des sorties → accès/sortie réservé navettes ;
3. Un paramétrage spécifique des feux pour faciliter l'évacuation des flux ;
4. Prévoir une stratégie de communication pour éviter certains flux de circulation dans le secteur les jours de match.

Figure 32 : zonage des préconisations



3.4.4. Conclusion globale

Il ressort de ces analyses que 2 périodes sont critiques sur les 5 testées :

- ▶ Vendredi en entrée de match (avec des temps de retard à prévoir)
- ▶ Samedi lors des sorties de match avec une attention particulière à porter au niveau des sorties des navettes et du fonctionnement de la circulation au sein de la zone commerciale (transit à éviter).

Un point de vigilance est à noter : le contrôle d'accès au site ne doit pas être trop long (5s en moyenne d'arrêt des véhicules) pour éviter toute réaction en chaîne

4. Scénarios approfondis

Les 2 scénarios critiques en termes de fonctionnement précédemment cités ont été retenus pour les approfondissements. Les enjeux sur ces situations sont les suivants :

- ▶ Circulation des navettes
- ▶ Gestion des piétons
- ▶ Accès commerces
- ▶ Localisation des contrôles d'accès

4.1. Mise à jour des principes d'accès

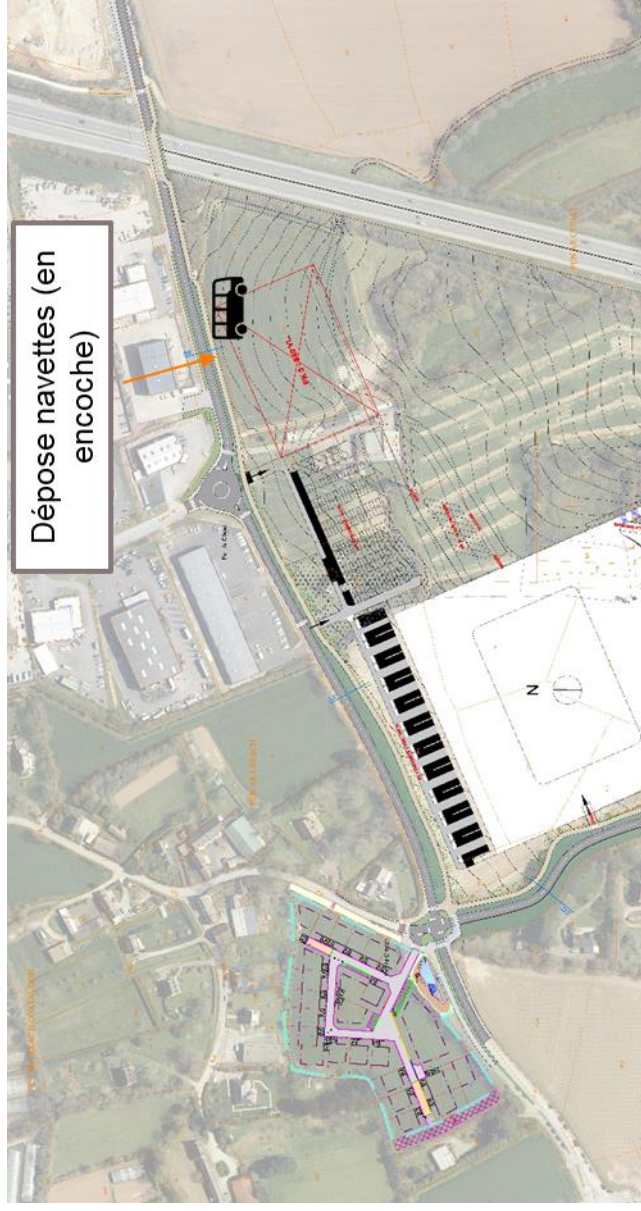
4.1.1. Conditions de circulation, trafic de fond :

Le trafic issu de la ZA Lavallot nord a déjà été pris en compte lors des comptages (2018). Des nouvelles activités ont été créés entre 2018 et 2022 générant principalement des flux logistiques, circulant en dehors des heures concernées par les accès/sorties du stade.

4.1.2. Circulation navettes

Le quai navettes sera situé le long de la rue Alphonse Penaud, à l'est du giratoire (face à la déchetterie professionnelle). Elles font ½ tour sur le giratoire de la VC27 et ne viennent plus dans l'enceinte du stade. Une encoche est prévue à cet emplacement pour éviter les blocages de la circulation. Il n'y a pas de voies réservées en sorties des matchs, la rue Andrée Chedid reste circulée dans les 2 sens à tout moment.

Figure 33 : emplacement de la dépose navettes



4.1.3. Accès visiteurs VP

Les hypothèses d'accès/sorties sont conservées.

4.1.4. Principes d'accès VIP

Les capacités prévues pour les parkings VIP restent inchangées (PK1 189 places, PK2 193 places, PK3 (Brest métropole) 340 places, PK4 617 places, PK5 15 places, PK6 103 places).
Le plan d'aménagement final montre des accès aux parkings laissant une faible marge de manœuvre sur la gestion des contrôles d'accès depuis le sud. Il a donc été proposé de relocaliser certains contrôles d'accès pour éviter que les remontées de file ne bloquent le giratoire de la zone commerciale.

Plusieurs hypothèses d'accès VIP ont été analysées :

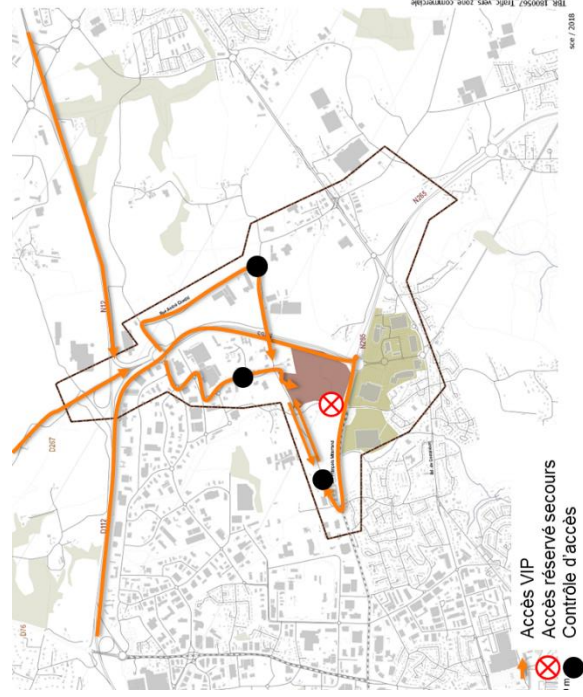
Figure 34 : variantes des principes d'accès et localisation des contrôles

Principes d'accès VIP	Base : Maintien de 4 accès VIP	Variante 1 : Passage à 3 accès VIP, accès non exclusifs	Variante 2 : Passage à 3 accès VIP, accès affectés
Gestion rue Kerlaurent	maintien de la circulation VP sur la rue Kerlaurent traversée piétons à sécuriser par un plateau + zone 20+ des agents	maintien de la circulation VP sur la rue Kerlaurent traversée piétons à sécuriser par un plateau + zone 20+ des agents	piétonisation de la rue Kerlaurent devant le stade, aucune connexion nord-sud possible pour les VL
Accès VIP			
Accès Parkings VC14, IFAC et eau du Ponant	possible depuis tous les accès (véhicules arrivant depuis le nord accèdent par Rue Lavoisier ou E. Tabarly) globalement maintenus	possible depuis tous les accès (véhicules arrivant depuis le nord accèdent par Rue Lavoisier ou E. Tabarly) test 1 : contrôle d'accès maintenus	accès parkings nord du stade possibles uniquement par les 2 accès nord Accès Parkings sud, IFAC et eau du ponant possibles uniquement par l'accès Kerlaurent test 1 : contrôle d'accès maintenus
localisation des contrôles d'accès		test 1 : contrôle d'accès maintenus test 2 : barrière d'accès après parkings de la salle polyvalente et fermeture de la VC14 test 3 : barrière d'accès au niveau du giratoire IFAC et fermeture de la VC14	test 2 : barrière d'accès après parkings de la salle polyvalente et fermeture de la VC14 test 3 : barrière d'accès au niveau du giratoire IFAC et fermeture de la VC14

La base a été analysée précédemment, le chapitre suivant illustre les résultats des 2 variantes.

4.2. Synthèse des scénarios approfondis

4.2.1. Passage à 3 accès VIP (fermeture de l'accès VC 14)



L'analyse du fonctionnement des variantes 1 et 2 a été réalisée le vendredi soir sur l'heure avant l'accès au match, soit le moment le plus chargé du réseau.

Les objectifs de cette variante sont :

- ▶ D'éviter les blocages au niveau du Bd Mitterrand ;
- ▶ D'éviter les accès non VIP dans le secteur réservé ;

Points d'alerte :

- ▶ fermeture accès VIP VC-14 → passage de 4 à 3 accès : (avec contrôle d'accès)
- ▶ une majorité de flux qui arrivent depuis les 3 axes structurants au nord (D112, N12, D257) et qui privilégient les accès par la rue A. Chédid et par la Rue Lavoisier ;

Figure 35: extrait de la modélisation variante 1- test 1 remontées de file – vendredi soir



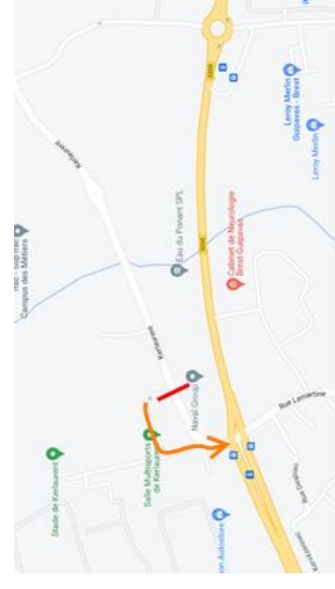
Points d'alerte :

- ▶ **Au nord :** La fermeture de l'accès VC14 provoque une plus forte sollicitation des 2 accès au nord, générant ainsi des remontées de file plus importantes au niveau de la rue A. Chédid et Lavoisier pouvant résulter dans des blocages du carrefour de Kervao.
- ▶ **Au sud :** Les véhicules arrivant depuis la D205 ouest ne pouvant pas accéder sur Kerlaurent peuvent potentiellement se stocker au milieu du carrefour et créer des gênes importantes pour la circulation tramway. Les remontées de file au niveau de la D205 Est, peuvent occasionner des blocages au niveau du giratoire en amont (sortie zone commerciale).

4.2.1.1.2. Test 2 : barrière d'accès après parkings de la salle polyvalente et fermeture de la VC14

Fonctionnement global :

- ▶ Facilite le retournement pour les véhicules errants (retournement par la voie de desserte derrière le gymnase) ;
- ▶ Une capacité de stockage des flux légèrement plus importante que dans le test 1 (+15 véhicules), mais qui reste faible vis-à-vis des temps d'attente au niveau des contrôles d'accès



Localisation du contrôle d'accès

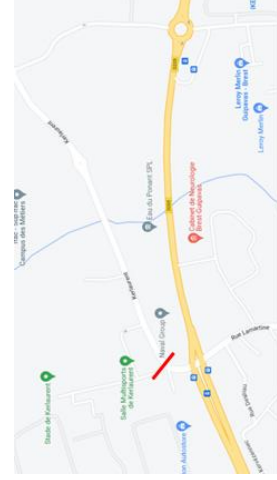
- ▶ **Analyse des remontées de file :** fonctionnement similaire au test 1 avec néanmoins des dysfonctionnements qui subviennent légèrement plus tard (dans les 10 minutes avant le début du match). Le carrefour d'accès sud est à la limite de sa capacité et le risque de remontée jusqu'au giratoire Keradrien est important.

4.2.1.1. Variante 1 - Passage à 3 accès VIP accès non exclusifs

4.2.1.1.1. Test 1 : maintien des contrôles d'accès et fermeture de la VC14

Fonctionnement global :

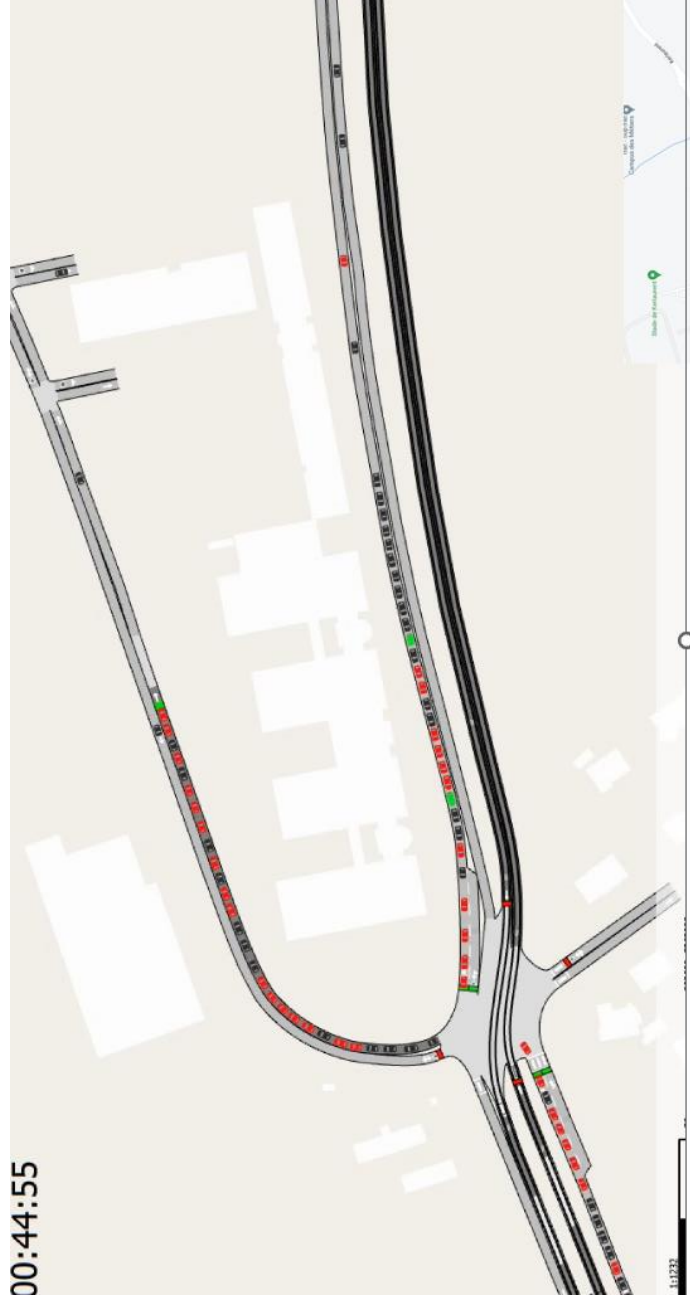
- ▶ Difficulté de retournement pour les véhicules errants ;
- ▶ Un stockage de véhicules en attente limitée avant le contrôle d'accès (~10véh).
- ▶ Des remontées de file trop importantes sur le dernier quart d'heure bloquant l'axe F Mitterrand ;
- ▶ Utilisation plus forte des accès Nord notamment celui de Kergaradec.



Localisation du contrôle d'accès

- ▶ **Analyse des remontées de file :** des remontées de file importantes bloquant l'écoulement des flux principaux au niveau de la D205.

Figure 36 : extrait de la modélisation variante 1 - Test 2 - remontée de file - vendredi soir



4.2.1.1.3. Test 3 : barrière d'accès au niveau du giratoire IFAC et fermeture de la VC14



▶ Fonctionnement global :

- Facilite les retournements pour les véhicules errants au niveau du giratoire :
- Permet **une capacité de stockage des flux plus importante** entre le contrôle d'accès et le carrefour à feux tramway (~80 véh.). Cela réduit fortement les dysfonctionnements sur le Bd Mitterrand
- Mais nécessite un principe de gestion « dynamique » des flux (agents) au niveau du giratoire de Kervao pour rediriger les flux selon la sollicitation des accès, ainsi qu'un contrôle supplémentaire en accès des parkings Eau du ponant et Naval Group ;
- Utilisation plus forte des accès Nord.

- ▶ **Analyse des remontées de file** : aucun dysfonctionnement constaté avec cette configuration du fait que la capacité de stockage en amont des contrôles d'accès est plus importante. la répartition des flux se fait de manière homogène avec les accès secondaires au nord (Andrée Chedid et Lavoisier) limitant les impacts au niveau de la RN.

Figure 37 : remontées de file moyennes - variante 1 test2

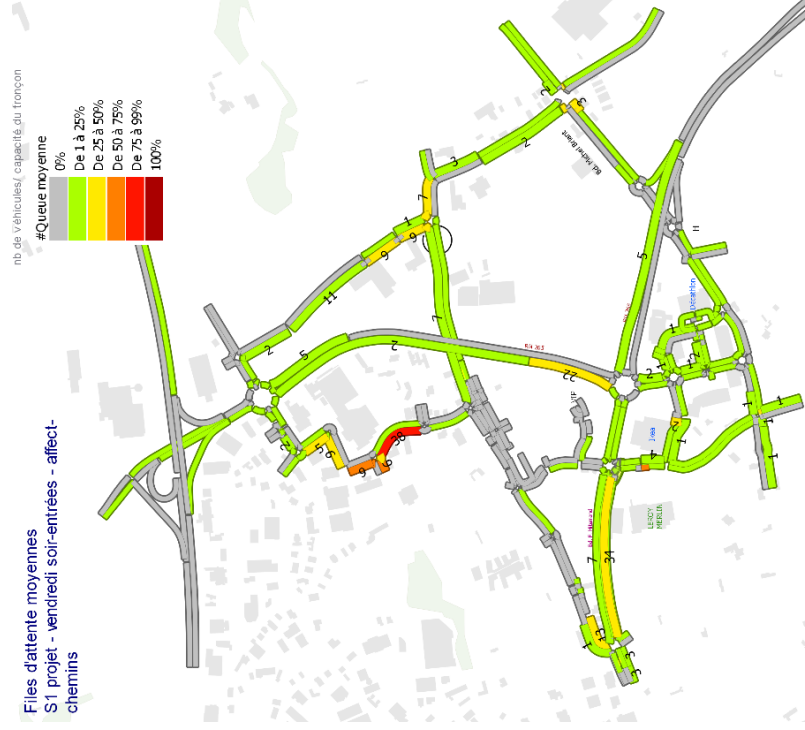


Figure 38 : extrait des simulations dynamiques variante 1 test 3 - fonctionnement avec contrôle d'accès au droit du giratoire IFAC - vendredi soir

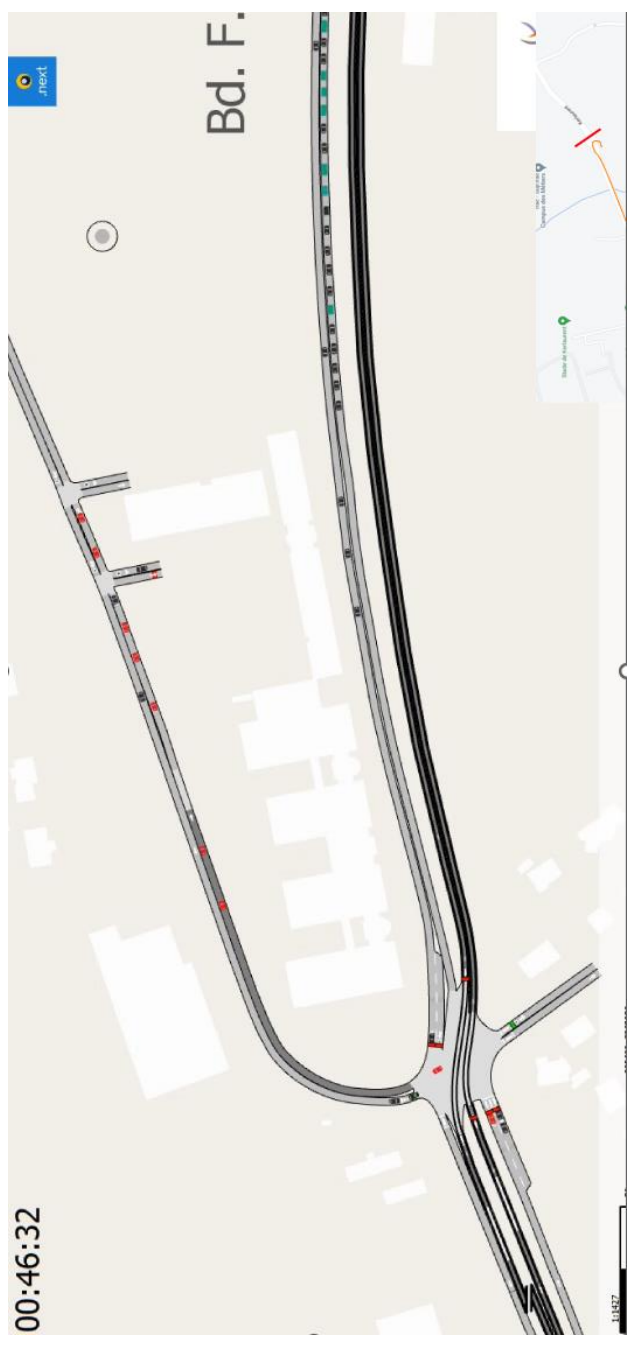
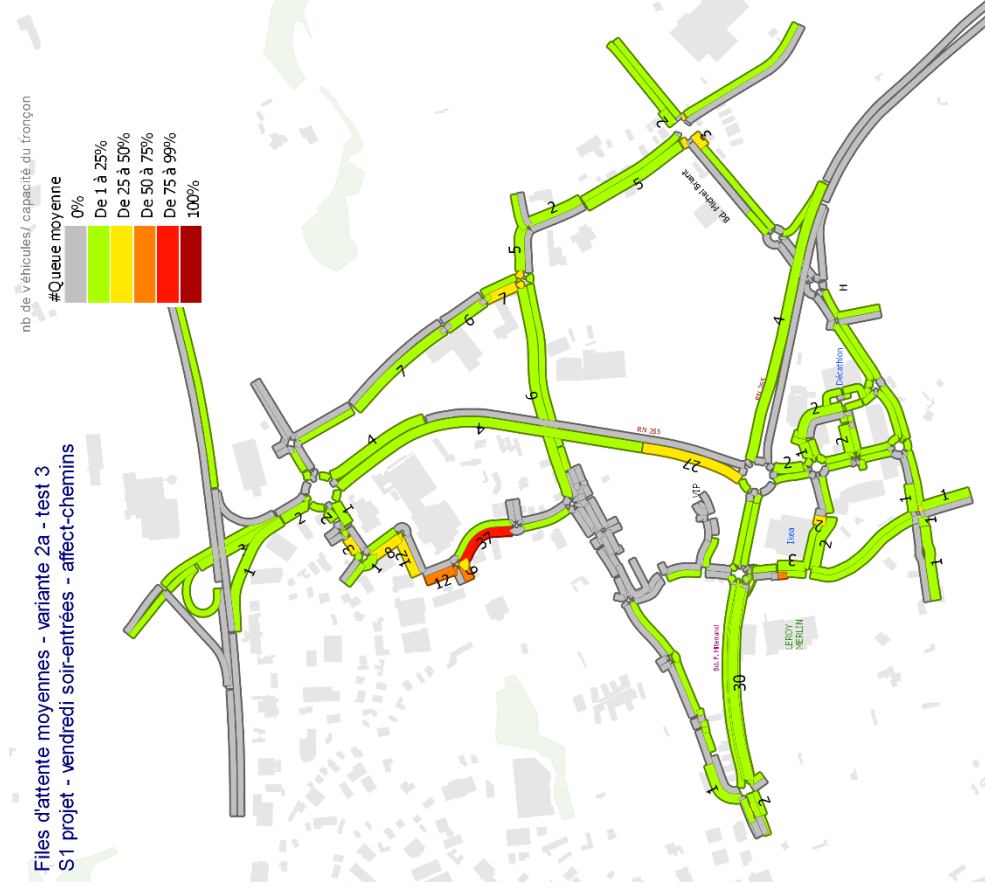


Figure 39: remontées de file moyennes - variante 1 test 3



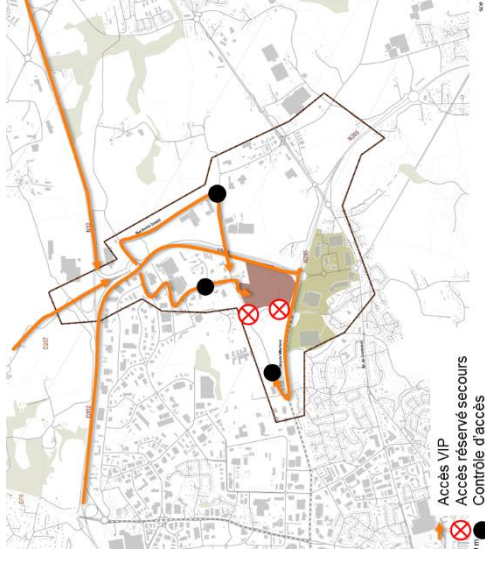
- Les remontées de file moyennes constatées sont similaires pour le test 1 et 2 avec :
- Des files modérées au niveau des deux accès nord et des remontées de file moyennes autour de 7 véhicules au niveau du Bd. Mitterrand (véhicules ne passant pas dans un cycle de feu).
- test 3 : des remontées de file maintenues au niveau des accès nord mais une situation fluidifiée au niveau du Bd Mitterrand.

Variante 1

Synthèse :

- Sollicitation importante des accès au nord induite par une fermeture de l'accès VC14 mais qui permet de réduire la sollicitation au niveau de la RN265 ;
- une redistribution des flux vers le sud au niveau des voiries autour du stade impliquant un échange important du trafic motorisé entre le nord et le sud (environ 400 véhicules/heure en circulation sur la rue Alphonse Penaud entre la rue Lavoisier et la VC14)
- une nécessité de sécuriser les traversées piétonnes sur la rue Alphonse Penaud devant le parking nord du stade
- le maintien des échanges entre le secteur nord et sud du stade permet de réduire le trafic sur la RN265 grâce à un équilibre des accès par Lavoisier et A. Chedid (accès secondaires permettant de stocker les flux liés au stade et minimiser les impacts sur le réseau routier structurant)

4.2.1.2. Variante 2 - Passage à 3 accès VIP – piétonnisation rue Alphonse Penaud face au stade



La variante 2 propose un fonctionnement avec toujours 3 accès vers les parkings VIP (accès par la VC14 sud réservé aux véhicules de secours) ainsi qu'une piétonnisation d'une section de la rue Alphonse Penaud devant le parking nord.

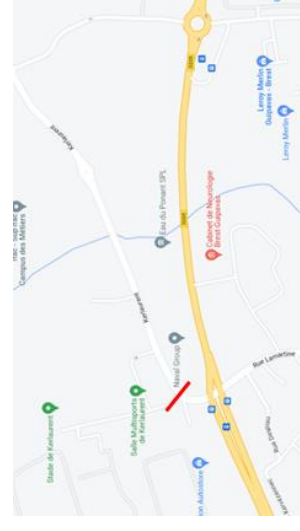
Cette piétonnisation permet de sécuriser complètement les flux piétons arrivant depuis le nord du secteur sans besoin de contrôles complémentaires mais implique une coupure des échanges motorisés entre le nord et le sud du quartier.

Ainsi, la totalité des véhicules accédant vers les parkings eau du ponant, Ifac et VC14 (320 + 617 places) doivent passer par l'unique contrôle d'accès sud.

Le nombre de véhicules en entrée par cet accès est donc plus élevé que dans les autres variantes. Pour rappel la majorité des flux VP arrive depuis le nord, dans cette variante ils sont donc contraints de passer par la RN265.

4.2.1.2.1. Test 1 : maintien des contrôles d'accès et fermeture de la VC14

- ▲ **Fonctionnement global** : l'ensemble de véhicules en accès vers les parkings situés au sud (VC14, Ifac et Eau du ponant) accède par Kerlaurent en passant par la RN265.
- ▲ Analyse des remontées de file :



- Une plus forte sollicitation de l'itinéraire N265/D205 qui intensifie les remontées de file au niveau de la RN265 par rapport aux variantes précédentes.
- Les dysfonctionnements au niveau de la RD205 sont intensifiés par rapport à la variante V1 créant des blocages potentiels au niveau des deux giratoires.

Figure 41 : remontées de file moyenne - variante 2- test2 - sollicitation plus importante de la RN265

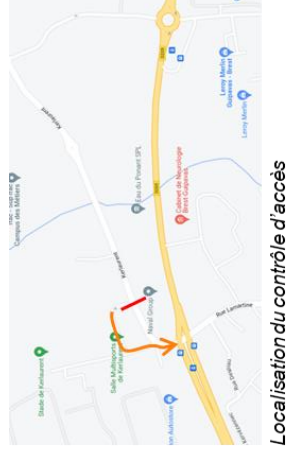


Figure 40: extrait des simulations dynamiques -variante 2, test 1 - fonctionnement avec contrôle d'accès au droit de l'accès Kerlaurent – vendredi soir



- ▲ **Points d'alerte** : une plus forte sollicitation de la RN265 (des nombreux flux ne pouvant plus accéder par les accès secondaires (rue Andrée Chérid, rue Lavoisier).
- ▲ Un risque avéré de blocage du carrefour tramway.

4.2.1.2.2. Test 2 : barrière d'accès après parkings de la salle polyvalente et fermeture de la VC14



- ▲ **Fonctionnement global** : même constat que le test 1
- ▲ **Analyse des remontées de file** : des dysfonctionnements trop importants sur la dernière demi-heure avant le début du match. Des remontées de file bloquant la RN 265
- ▲ **Points d'alerte** : des risques avérés de blocage du carrefour tramway

Figure 42: extrait des simulations dynamiques -variante 2, test 2- fonctionnement avec contrôle d'accès après la salle polyvalente – vendredi soir

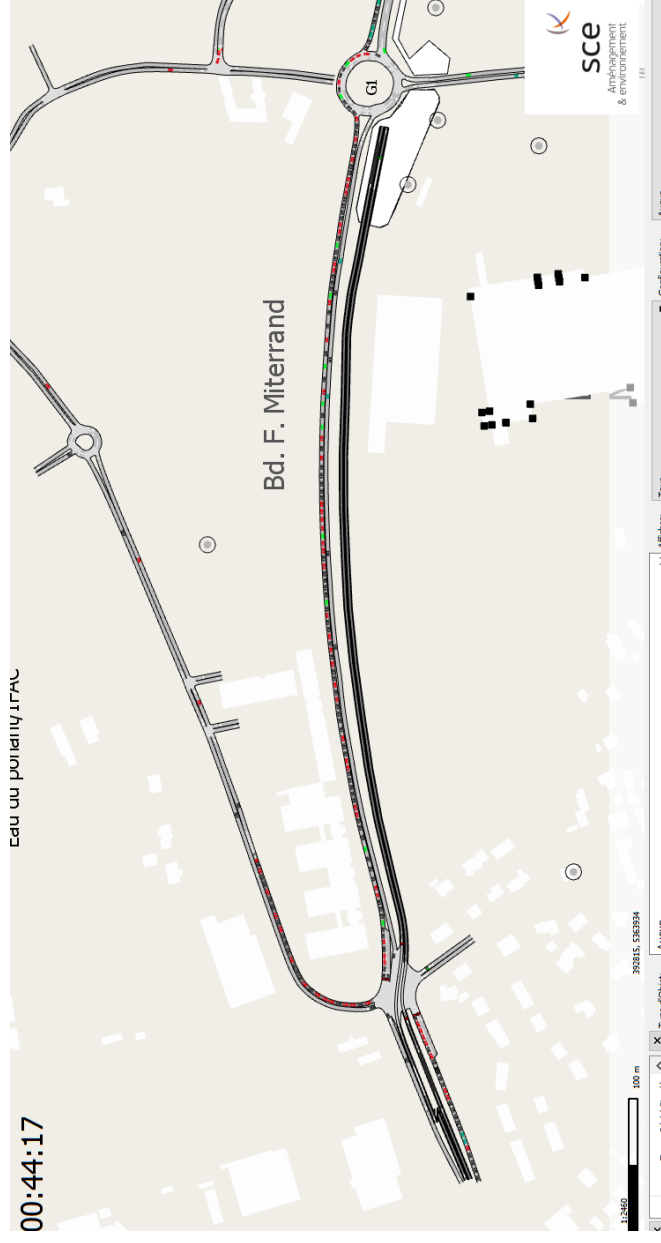
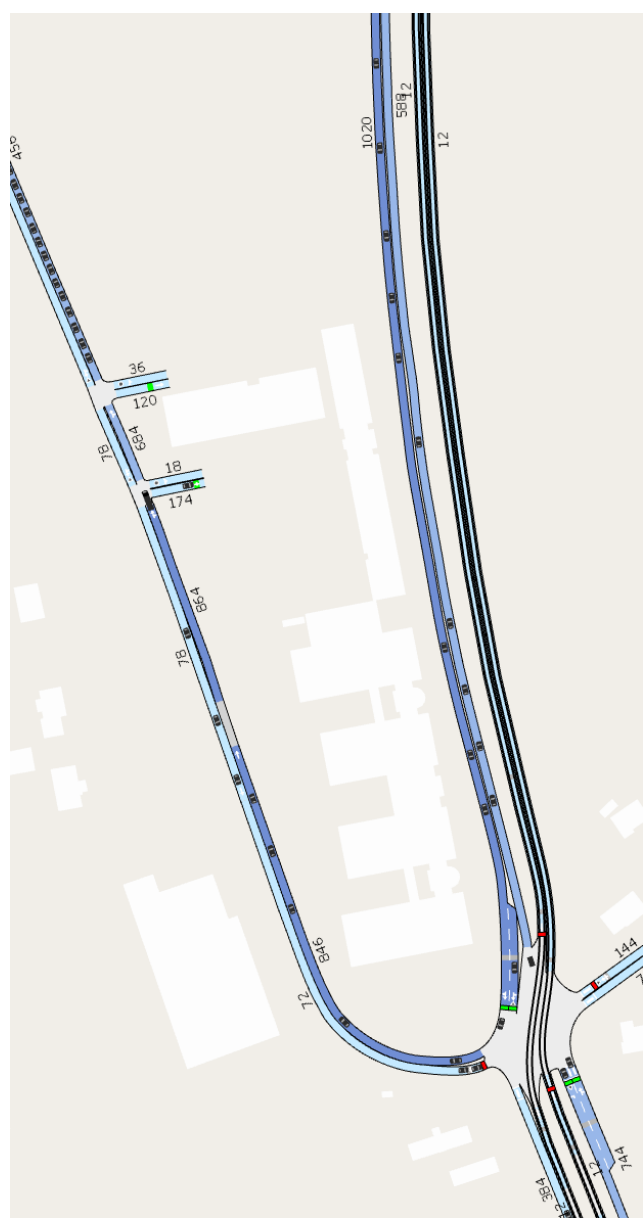


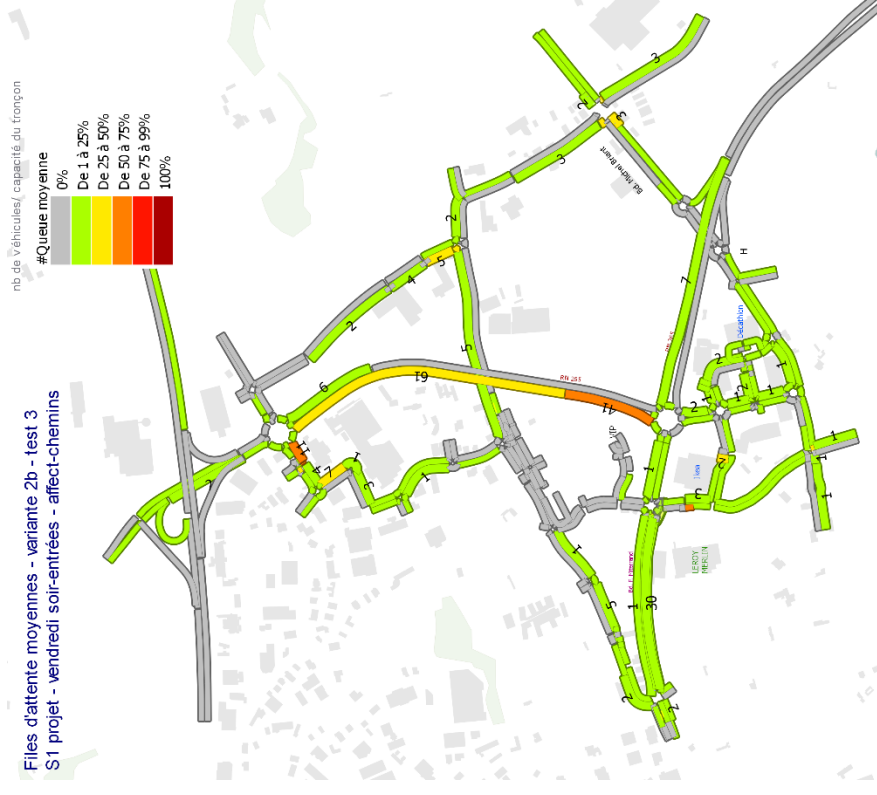
Figure 43: extrait des simulations dynamiques -variante 2, test 3- fonctionnement avec contrôle d'accès après le giratoire – vendredi soir



4.2.1.2.3. Test 3 : barrière d'accès au niveau du giratoire IFAC et fermeture de la VC14

- ▶ **Fonctionnement global** : le même volume de véhicules entrant que sur les deux tests précédents du fait que les échanges entre le nord et le sud ne sont plus possibles.
- ▶ **Analyse des remontées de file** : une légère réduction des remontées de file moyennes au niveau de la RN du au fait d'une meilleure fluidité du trafic au niveau du Bd. Mitterrand. Des remontées de file moyennes persistantes au niveau des accès au nord.

Figure 44 : remontées de file moyenne - variante 2-test 3



- ▶ Points d'alerte :
une situation fluidifiée au niveau de la RD205 mais une sollicitation plus importante de la RN265 qui implique des dysfonctionnements plus importants sur cet axe structurant (temps de parcours rallongés .

Variante 2
Synthèse :

- ▶ Une sécurisation des flux piétons arrivant du nord du quartier (arrivant depuis les entreprises);
- ▶ Une sollicitation importante de l'unique accès au sud du fait d'une forte concentration du nombre de places de stationnement disponibles sur le parking sud (accès VC14) et les parkings de l'Ifac et eau du Ponant ;
- ▶ Une plus forte sollicitation de la RN265 avec des dysfonctionnements accentués ;

4.2.2. Conclusion

Les tests d'accès permettent de conclure sur le fonctionnement sur les entrées avant le match les jours les plus chargés (vendredi/samedi) :

- ▶ Fermeture des accès VIP par la VC14 et maintien des échanges nord-sud par l'intérieur du quartier :
 - Concentration des accès par le nord du fait des nombreuses arrivées par l'échangeur de Kervao mais une redistribution des flux qui se fait au niveau des axes internes (Kerlaurent) permettant de soulager la RN265 ;
 - Garantit des accès sorties exclusives pour les véhicules de secours ;
 - mais implique le recul du contrôle d'accès de Kerlaurent au niveau du mini giratoire à l'entrée de l'IFAC et donc la mise en place d'un contrôle supplémentaire au niveau des accès du parking d'Eau du Ponant ;
 - **des conflits piétons à sécuriser au niveau des traversées , devant le parking nord pour les piétons arrivant depuis la zone d'activités par la mise en place d'un plateau surélevé pour donner une meilleure lisibilité des traversées**

- ▶ Fermeture des accès VIP par la VC14 et piétonisation de Kerlaurent devant le parking nord :
 - **Traversées piétonnes sécurisées au niveau devant le parking nord pour les piétons arrivant depuis la zone d'activités** (pas de circulation VP)
 - Concentration des accès par Ker laurent (sud) du fait d'une plus forte offre de stationnement disponible (IFAC+Eau du Ponant + parkig VC14) et de l'impossibilité des échanges nord-sud par l'intérieur du secteur ;
 - mais des véhicules arrivant principalement depuis Kervao passant obligatoirement par la RN265, occasionnant ainsi des remontées de file plus importantes sur cet axe.
 - implique le recul du contrôle d'accès de kervao au niveau du mini giratoire à l'entrée de l'IFAC et donc la mise en place d'un contrôle supplémentaire au niveau des accès du parking d'Eau du Ponant ;

Au global :

Avec 3 ou 4 accès, les entrées au stade se feront sans blocage majeur du réseau structurant, les temps de parcours seront dégradés mais la situation sera acceptable.

Les principaux enjeux pour limiter les dysfonctionnements circulatoires dans le secteur les jours de match et notamment pendant les périodes où la circulation est déjà contrainte sont liés à la réduction du nombre de flux motorisés présents dans le secteur. Ceci est issu de plusieurs leviers, mais impacte principalement les politiques et l'organisation des activités locales (entreprises, commerces, systèmes de covoiturage, communication autour des alternatives...).

Phase 3 : Propositions d'amélioration

5. Préconisations

5.1. Liste des préconisations

A l'issue des différentes phases de modélisations, 2 types de préconisations avec deux niveaux d'ambition sont possibles :

- ▶ Un premier levier consiste à agir sur les habitudes de déplacements, avec une action spécifique lors des matchs pour éviter au maximum les déplacements motorisés dans le secteur pendant l'heure la plus critique ;
 - A. Prévoir une stratégie de communication pour éviter certains flux de circulation dans le secteur les jours de match
 - B. Encourager l'usage des navettes, du tramway et du vélo pour accéder aux matchs
- ▶ Un deuxième levier concerne les actions plus ponctuelles pouvant être déployées dans le périmètre immédiat du stade :
 1. Séparer les flux piétons des flux VP
 2. Travailler avec les entreprises pour inciter à modifier les horaires de travail ou les modes utilisés pour travailler (encourager le télétravail)
 3. Localisation stratégique des contrôles d'accès
 4. Optimiser le carrefour Andrée Chedid pour ajuster son fonctionnement aux flux attendus
 5. Clarification des flux visiteurs au niveau des parkings des commerces

5.2. Mise en œuvre des actions ponctuelles

Au regard des analyses du fonctionnement sur les périodes les plus contraintes, quelques actions les plus adaptées parmi celles préconisées initialement sont détaillées ci-dessous :

PRECONISATION N2 : LOCALISATION STRATEGIQUE DES CONTROLES D'ACCES
Déployer un système de contrôle de gestion des accès optimisé limitant au maximum les temps d'arrêt des véhicules (en moyenne 5 sec) pour limiter les longueurs des remontées de file :

- Accès par reconnaissance automatique (badge, carte, QR code...)
- Contrôles visuels par des agents de sécurité (macarons, ayants droits)

Figure 45 : exemple de dispositifs de contrôle d'accès optimisé



- ▶ Impact de la mesure : fort

PRECONISATION N3 : PREVOIR UNE STRATEGIE DE COMMUNICATION POUR EVITER CERTAINS FLUX DE CIRCULATION DANS LE SECTEUR LES JOURS DE MATCH

- ▶ **Objectifs** : Prévoir une stratégie de communication pour éviter certains flux de circulation dans le secteur les jours de match

- ▶ **Description de l'action** : travailler avec les entreprises du secteur pour tenter d'aménager des horaires de travail plus flexibles les jours de match en intégrant :

- Des horaires décalés
- Le télétravail
- Redirection des flux en sortie (accès ouest)

- ▶ **Impact de la mesure** : modéré du fait de la difficulté de mise en œuvre

Figure 46 : exemple d'actions de communication



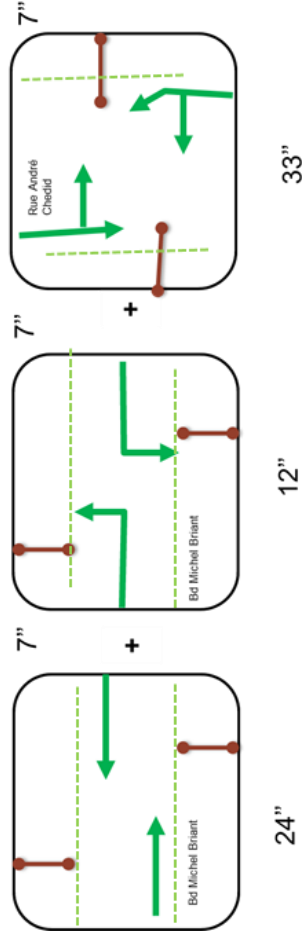
PRECONISATION N4 : OPTIMISATION DE DU CARREFOUR RUE ANDREE CHEDID/D712

- ▶ **Objectifs** : Un paramétrage spécifique des feux pour faciliter l'évacuation des flux.
- ▶ **Description de l'état actuel** : fonctionnement complexe avec des micro-phases par mouvement
- ▶ **Principe de mise en œuvre** : augmenter le temps de vert de la rue Andrée Chedid à ce carrefour pour faciliter l'évacuation des flux sortant du stade. Nécessite a priori d'une reprise du carrefour.

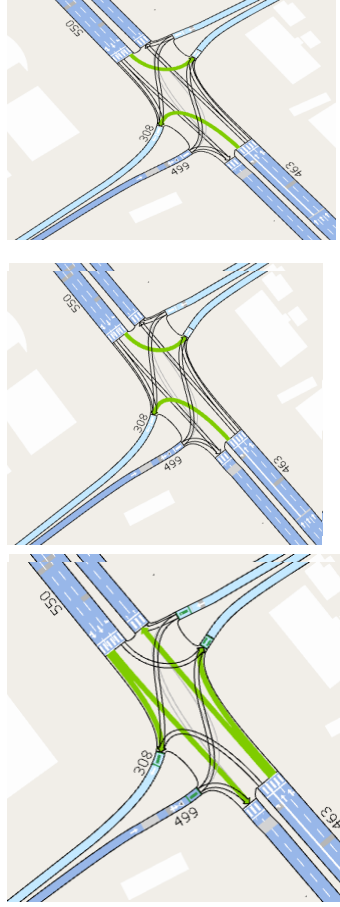


Déplacement de l'îlot
Pour mise en place
d'un feu R11V

Figure 47 : Diagramme de fonctionnement proposé :



- ▶ **Proposition** : phasage optimisé en 3 temps

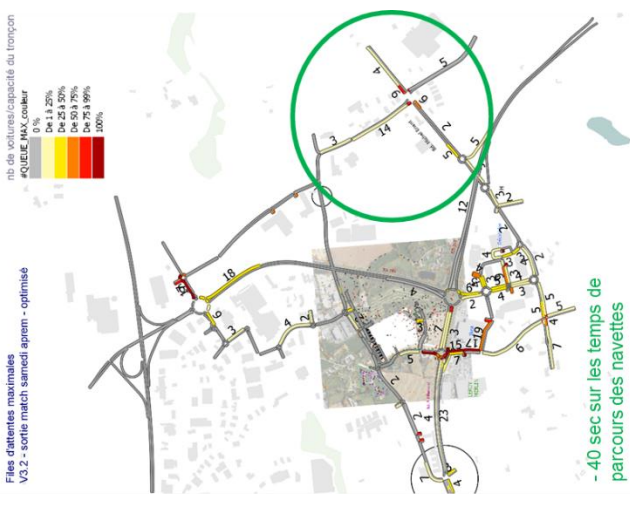


- ▶ **Test de sensibilité**

Résultat de la mise à jour



Optimisation

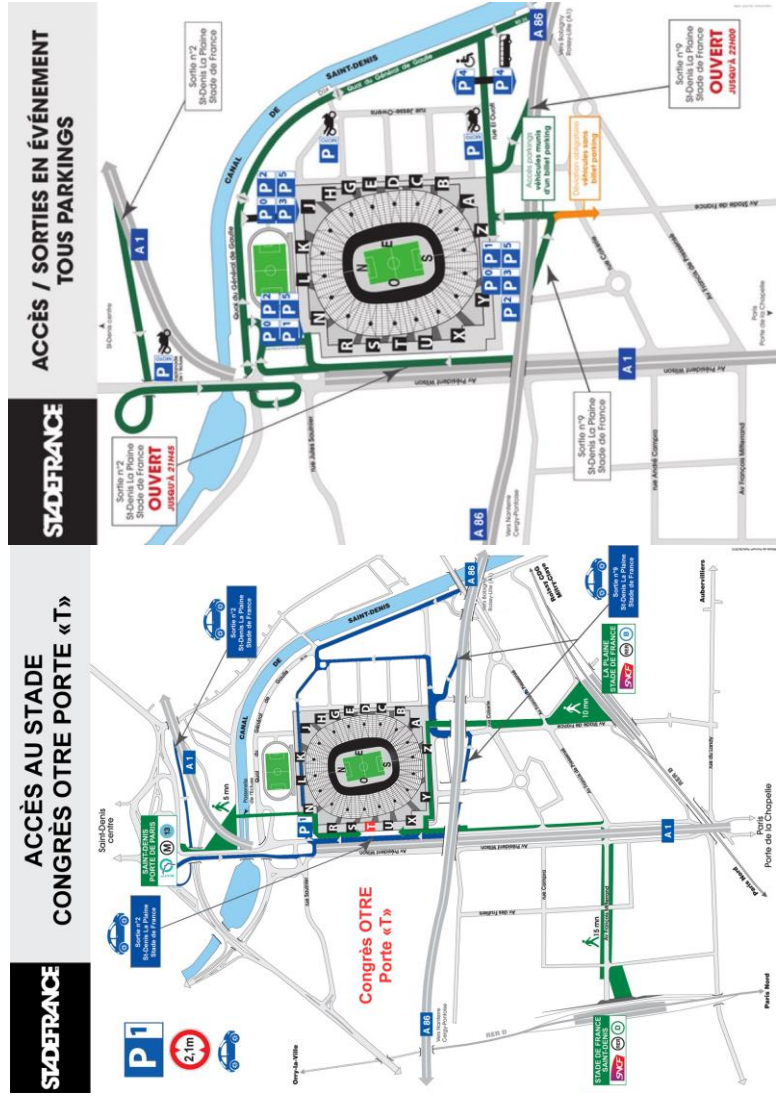


- ▶ **Impact de la mesure** : modéré – (-40 secondes pour le temps de parcours des navettes)

PRECONISATION N5 : CLARIFICATION DES FLUX VISITEURS AU NIVEAU DES PARKINGS DES COMMERCES

- ▶ **Objectifs** : Fluidifier les entrées vers les parkings
- ▶ **Description de l'état actuel** : jalonnement statique des parkings
- ▶ **Principe de mise en œuvre** :
 - Mettre en place une stratégie de communication en amont pour clarifier l'offre de stationnement existante et réduire le trafic parasite dans le secteur (jalonnement entrées/sorties).

Figure 48 : exemple de plans d'accès en fonction des origines/destination et catégorie des visiteurs – source - Stade de France



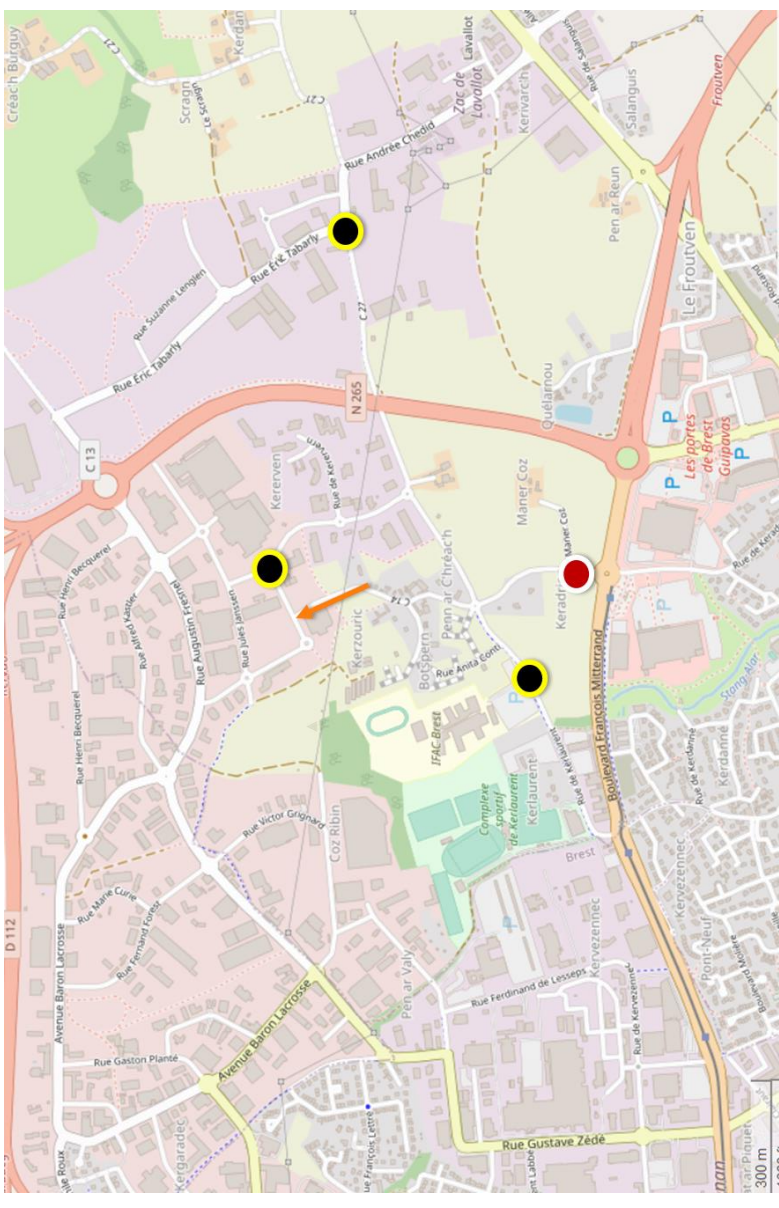
- Clarifier les disponibilités en matière de stationnement pour orienter les flux de voiture,
- Régulation dynamique des flux : rediriger les flux au niveau des parkings de la zone commerciale pour optimiser le remplissage des parkings (agents de sécurité);
- ▲ Proposition : rediriger les flux des visiteurs en temps réel vers les stationnements ayant des disponibilités avec un remplissage commençant par les parkings les plus éloignés.
- ▲ Impact de la mesure : modéré du fait de l'organisation importante nécessaire pour la mise en place

PRECONISATION N6 : MISE EN PLACE DE BARRIERES AU NIVEAU DE LA RUE PEN AR CREAC'H POUR EVITER LE TRANSIT DEPUIS LA ZAE VERS LE PERIMETRE DU STADE

- ▲ Objectifs : éviter les accès non contrôlés vers le périmètre du stade
- ▲ Description de l'état actuel : rue d'accès double sens
- ▲ Principe de mise en œuvre :
 - fermeture de la rue Pen Ar Créac'h sur l'heure avant le match,
 - Possibilité uniquement de sortir depuis les entreprises existantes

L'ensemble des accès vers le périmètre du stade possèdent un contrôle d'accès. la rue Pen Ar Créac'h est actuellement en sens unique sortant vers le nord, ne permettant pas les accès vers le secteur. Ainsi le principal enjeu est de mettre en évidence le sens unique pour éviter des accès à contre-sens.

Figure 49 : principe de fonctionnement de la rue Pen Ar Créac'h



Phase 4 : Analyse du fonctionnement alternatif – piétonnisation du Bd. Mitterrand

► Objectifs :

L'analyse présentée ci-après détaille les différentes hypothèses émises sur une piétonnisation partielle du Bd. Mitterrand ayant pour but d'assurer une sécurité des piétons entre les zones de stationnement pour les visiteurs et le stade. Les résultats présentés permettent de :

- Estimer l'impact de la fermeture à la circulation sur l'axe D205 ;
- Comparer les impacts en termes de trafic par rapport aux scénarios étudiés précédemment ;

6. Identification des reports de trafic occasionnés par la « piétonnisation », sur les grands itinéraires de transit

6.1. Reports de trafic « grands itinéraires » attendus par la fermeture du Bd. Mitterrand

6.1.1. Test de fonctionnement 1 (calibrage des hypothèses de réduction de trafic intégrées dans le modèle microscopique) :

Un premier test a été conduit en intégrant dans le modèle macroscopique de la métropole (modèle établi lors du projet Tramway et BHNS) une interdiction de circulation sur le Bd Mitterrand. Cela a permis de mettre en évidence les reports de trafics envisageables. Le modèle macroscopique a mis en avant des reports de trafic importants proches des 1000 UVP/ heure en moins sur le périmètre d'étude comme le montre la carte ci-contre.

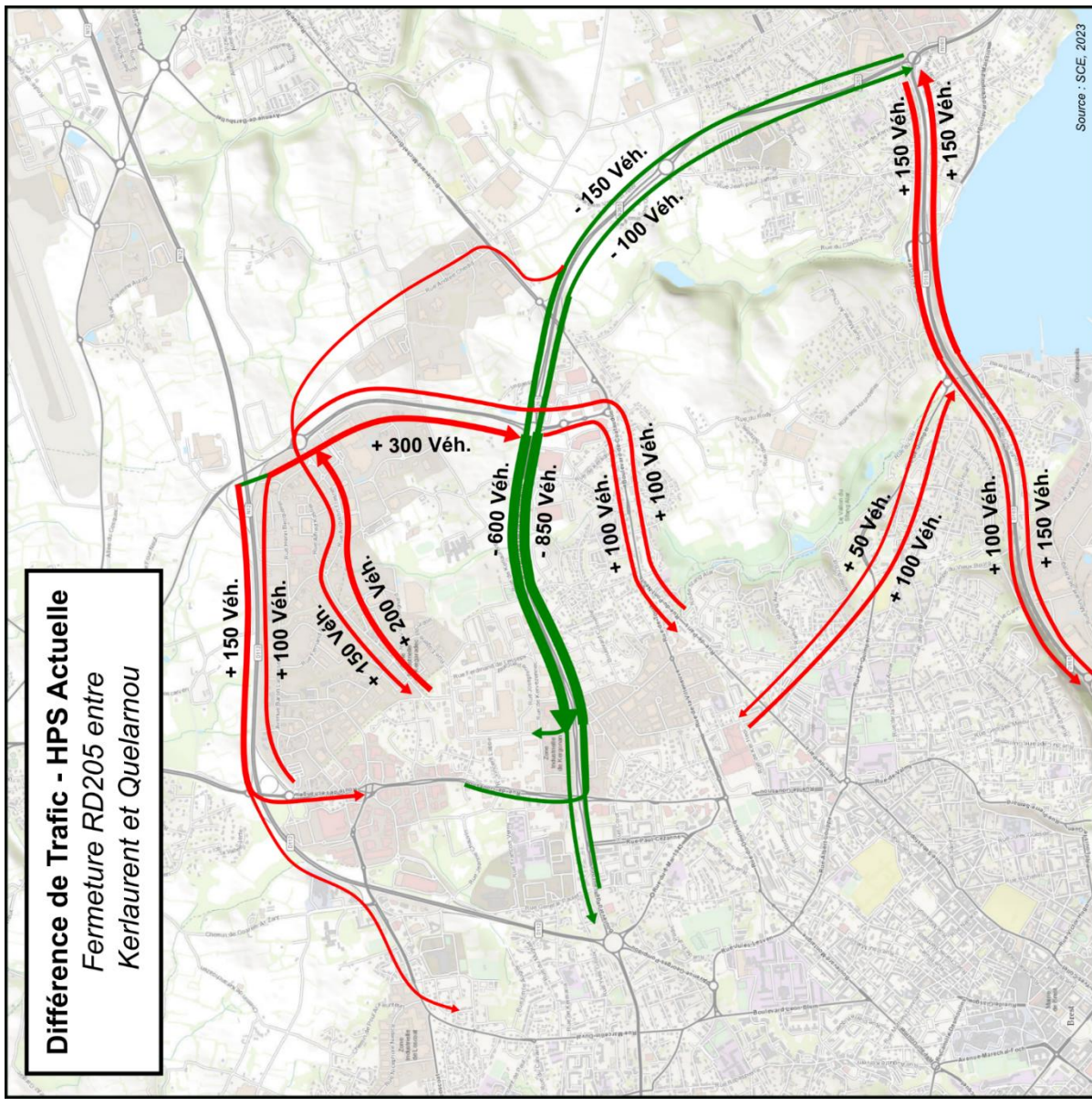


Figure 50 : reports de trafic issus du modèle macroscopique

Un test de fonctionnement dans les simulations dynamiques intégrant ces reports à mis en avant une situation fluide dans le secteur d'étude. Seules les remontées de file en lien avec les accès/ sorties des parkings persistaient.

Les dysfonctionnements pouvant avoir lieu sur les secteurs éloignés, hébergeant les trafics reportés, n'ont pas été étudiés.

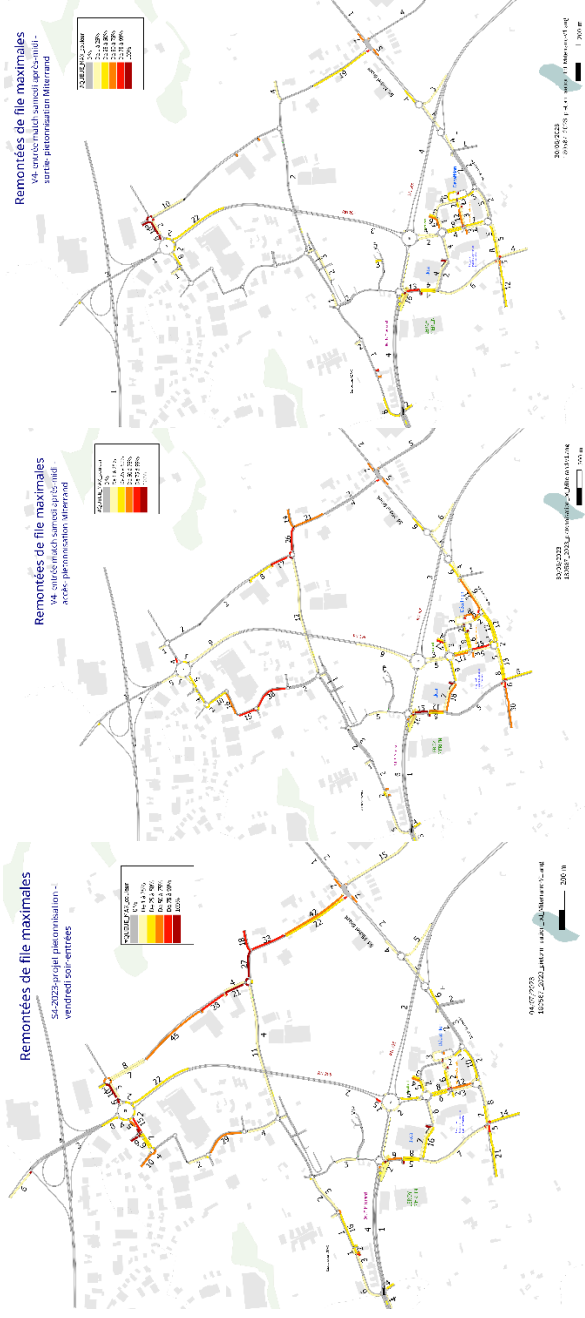


Figure 51 : synthèse des remontées de file maximales selon une hypothèse de report de trafic maximaliste
(de droite à gauche, situation vendredi soir accès au match, samedi midi accès au match, samedi après-midi sorties du match 15h30)

- ▶ **Résultats modélisés** : un fonctionnement fluide indépendamment des flux supplémentaires induits par le stade. Des remontées de file et ralentissements persistant uniquement aux accès des parkings liés au stade.
- ▶ **Analyse critique** :
La marge de réduction de trafic établie par la modélisation macroscopique a mis en évidence une forte réduction de la circulation dans le secteur et dans les matrices composant le modèle microscopique (près de 1000 véhicules/h).
Cette situation semble très optimiste vis-à-vis de la circulation actuelle dans le secteur.
- ▶ Une hypothèse de maintien de 50% de ces reports a donc été émise afin de maintenir une marge de sécurité sur le trafic de fond maintenu sur le secteur (-500 UVP dans le secteur au lieu de -1000uvp).

6.1.2. Test de fonctionnement 2 (calibrage des hypothèses de réduction de trafic intégrées dans le modèle microscopique) : estimation des impacts sans aucun report de trafic

- Un test de sensibilité permettant de mesurer la réactivité du modèle aux reports de trafic a été conduit sur la situation du vendredi soir. Ce test s'est basé sur les hypothèses suivantes :
- ▶ un maintien total du trafic de fond initial (visiteurs, VIP et trafic de fond) ;
 - ▶ Une possibilité du modèle d'affecter les flux impactés par les itinéraires coupés sur d'autres axes modélisés.

- Les résultats du modèle ont montré une saturation totale du réseau routier dès la première demi-heure, avec des remontées de file importantes :
- ▶ Sur le Bd. Mitterrand en amont de la fermeture ;

- ▶ Sur la RN 265 avec un point de blocage sur Kervao ;
- ▶ Sur la rue André Chedid par un cumul des sorties des zones d'activité et des accès au match.

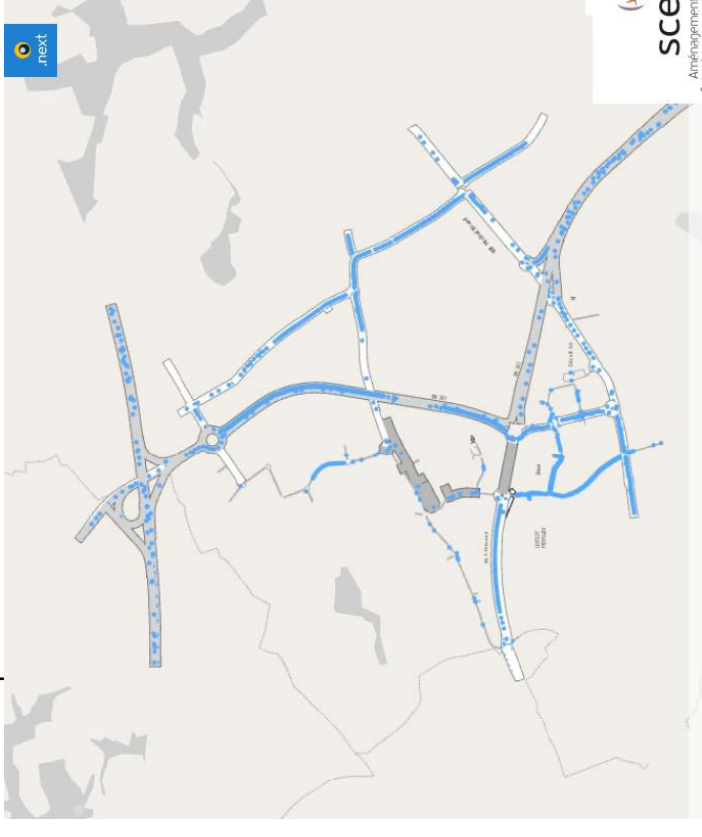


Figure 52 : test de sensibilité sans report de trafic - extraction de la modélisation dynamique vendredi soir - 30'

Au regard des blocages importants constatés sur le réseau routier, cette situation ne semble pas viable ou réaliste. Des reports d'itinéraires se feront naturellement pour éviter ces situations, notamment sur les itinéraires est-ouest. Il est d'autant plus important de prendre en compte ces reports au regard de la proportion de flux vp actuellement guidés par des systèmes GPS.

Il est ainsi nécessaire de prendre en compte une hypothèse de report de trafic mais ajustée par rapport au test 1.

6.1.3. Synthèse de la demande modélisée

Les reports estimés impactent principalement les itinéraires Est-Ouest et Ouest-Est passant par le Bd. Mitterrand.

Ces reports impliquent :

- ▶ Qu'une partie des itinéraires impactés soient reportés sur le réseau routier structurant en dehors du périmètre concerné par le stade (-500 UVP le vendredi) ;
- ▶ Que les itinéraires conservés soient reportés au sein du réseau de voiries du secteur :
 - Vers la N265 ;
 - Vers la RN12
 - Ou vers le Bd. Coataudon

	Débit total modélisé vendredi soir - accès stade	débit total modélisé samedi après-midi accès	débit total modélisé samedi après-midi sorties
V0	10 190	9 205	9 205
V1	12 600	11 555	11 260
V3	12 088	11 080	10 785

-512 (entre V0 et V1)
-475 (entre V1 et V3)

Figure 53 : synthèse des débits modélisés

Ainsi, sur l'analyse présentée ci-après il est considéré un trafic légèrement plus faible que celui initialement modélisé, mais qui reste plus important que le trafic estimé sur la situation de référence (situation actuelle).

Parmi les itinéraires reportés en dehors du secteur la majorité va s'orienter sur les autres axes structurants dont la D112 et D788 au nord et la D165 au sud. Des situations de circulation dégradées sont à attendre sur les nœuds routiers.

Parmi les reports d'itinéraires restant dans le secteur, la majorité du trafic sera orienté vers les axes structurants au nord et au sud du Bd. Mitterrand, accentuant certains dysfonctionnements déjà existant (congestions au niveau de Kervao.).

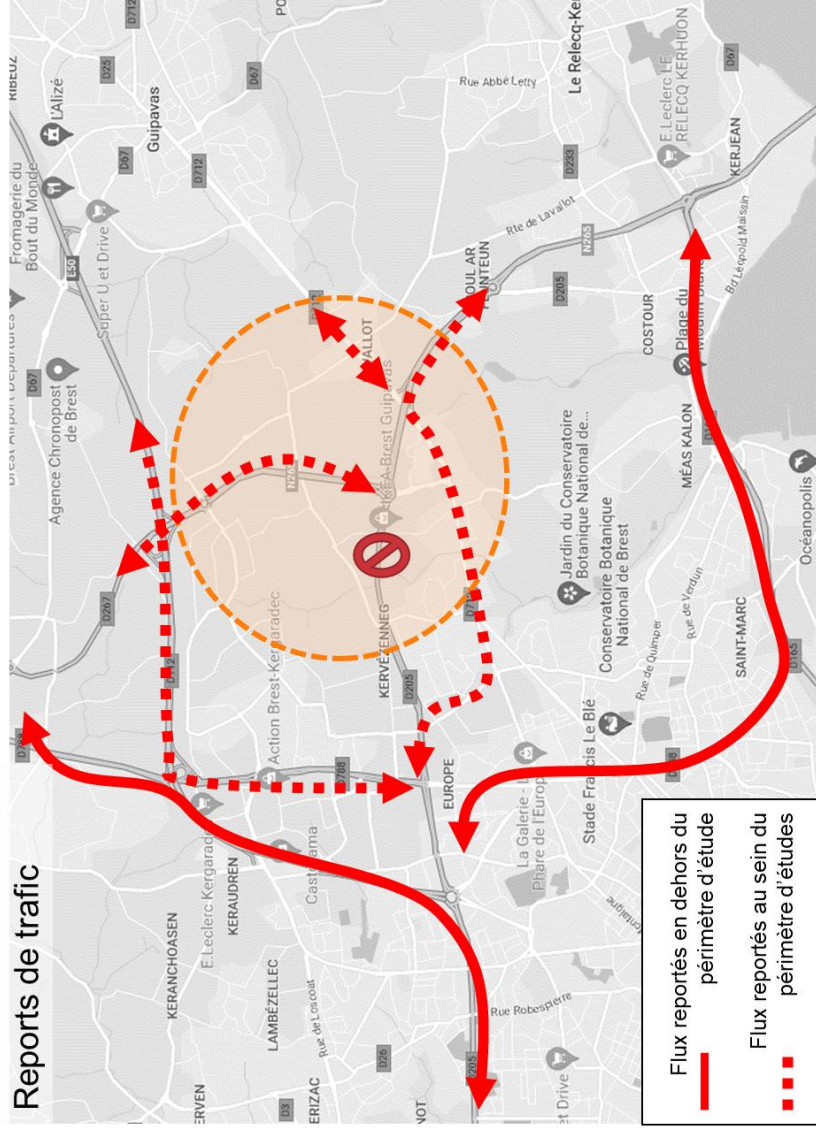


Figure 54 : principaux itinéraires de report - en dehors du périmètre d'étude

7. Synthèse des impacts de trafic selon les différentes configurations testées

7.1. Configurations envisagées

2 hypothèses de configuration ont été envisagées dans le cadre d'une fermeture à la circulation du Bd. Mitterrand dans le but de sécuriser les flux piétons.

- ▶ **Hypothèse 1 : fermeture à la circulation entre la rue Lamartine et Quelarnou impliquant :**
 - Une coupure totale des itinéraires est-ouest présents sur le Bd. Mitterrand ;
 - Une accessibilité complexifiée vers la zone commerciale depuis l'ouest ;
 - Des reports d'itinéraires à prévoir très en amont sur les itinéraires de transit ;
 - Des reports vers les axes secondaires et axes de desserte locale pour les itinéraires en échange avec le secteur.
- ▶ **Hypothèse 2 : fermeture à la circulation entre le giratoire de Keradrien et Quelarnou impliquant :**
 - Une coupure des itinéraires est-ouest présents sur le Bd. Mitterrand ;
 - Mais un maintien des accès vers la zone commerciale via la rue Keradrien ;
 - Des risques importants de transit via la zone commerciale.

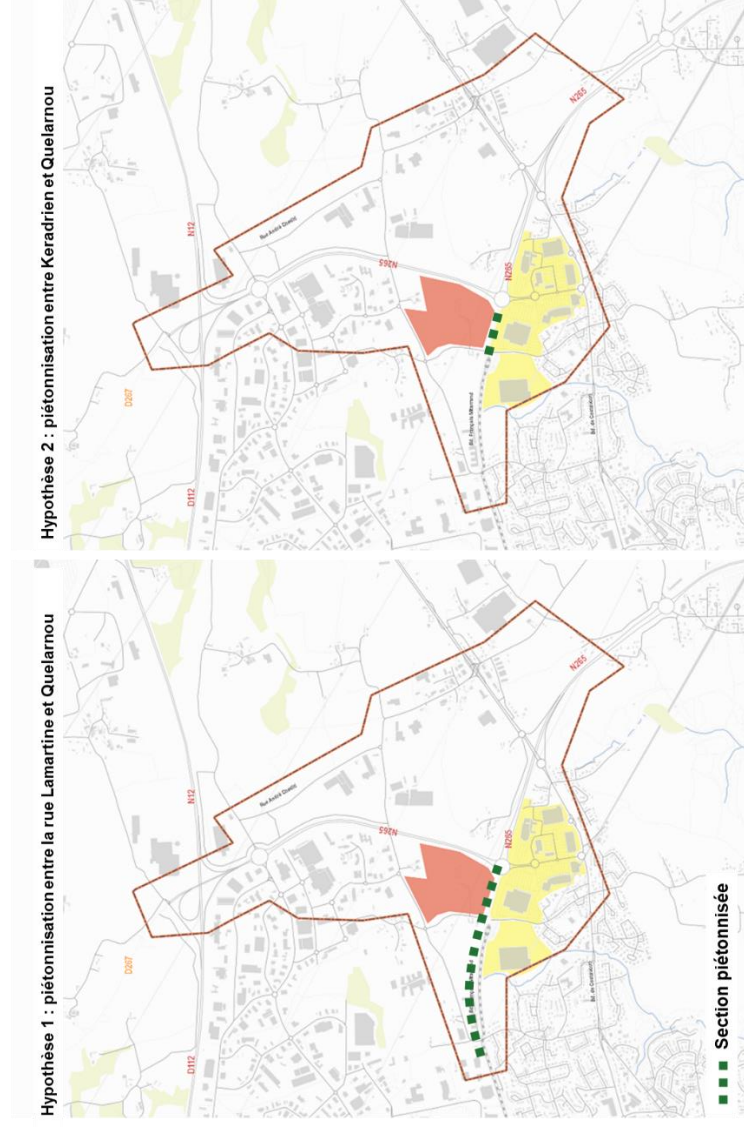


Figure 55 : hypothèses de piétonnisation du Bd. Mitterrand envisagée

7.2. Résultats des modélisations

7.2.1. Piétonnisation Bd Mitterrand - Fonctionnement vendredi soir – accès au match

7.2.1.1. Fonctionnement global

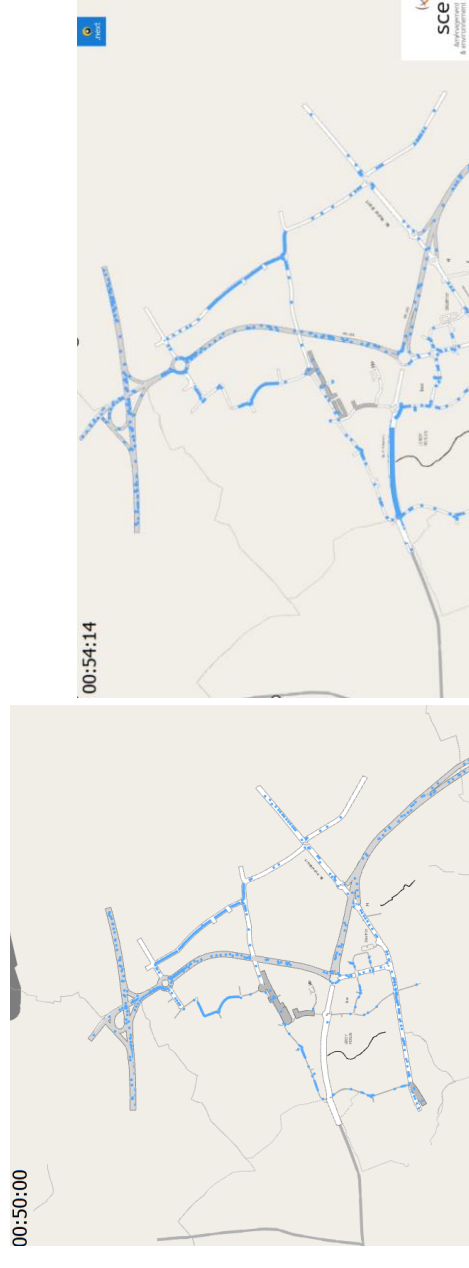


Figure 56: gauche extrait de la modélisation dynamique – Hypothèse 1 à gauche & Hypothèse 2 à droite

Hypothèse 1 : Une remontée de file importante en accès au secteur par l'ouest de Coataudon en lien avec les accès vers les parkings visiteurs, mais des dysfonctionnements résorbés dans l'heure. Des remontées de file au niveau des contrôles d'accès vers les parkings VIP sur le dernier quart d'heure.

Au global un fonctionnement chargé avec des points de blocage ponctuels concentrés principalement sur les axes d'accès vers les parkings. Une circulation globale restant fonctionnelle sur les axes structurants, même sur le dernier quart d'heure.

Hypothèse 2 : une concentration des files d'attente au niveau du Bd Mitterrand pour les véhicules en accès vers la zone commerciale.

- ▶ **Point d'alerte :** le modèle considère des accès par le Bd. Mitterrand/rue Keradrien uniquement aux véhicules en lien avec le stade et les commerces. Dans une situation réaliste, des nombreux flux n'ayant pas compris la fermeture du Bd. Mitterrand pourraient potentiellement passer, créant ainsi une forte congestion au niveau de la zone commerciale.

7.2.1.2. Différentiel de débit

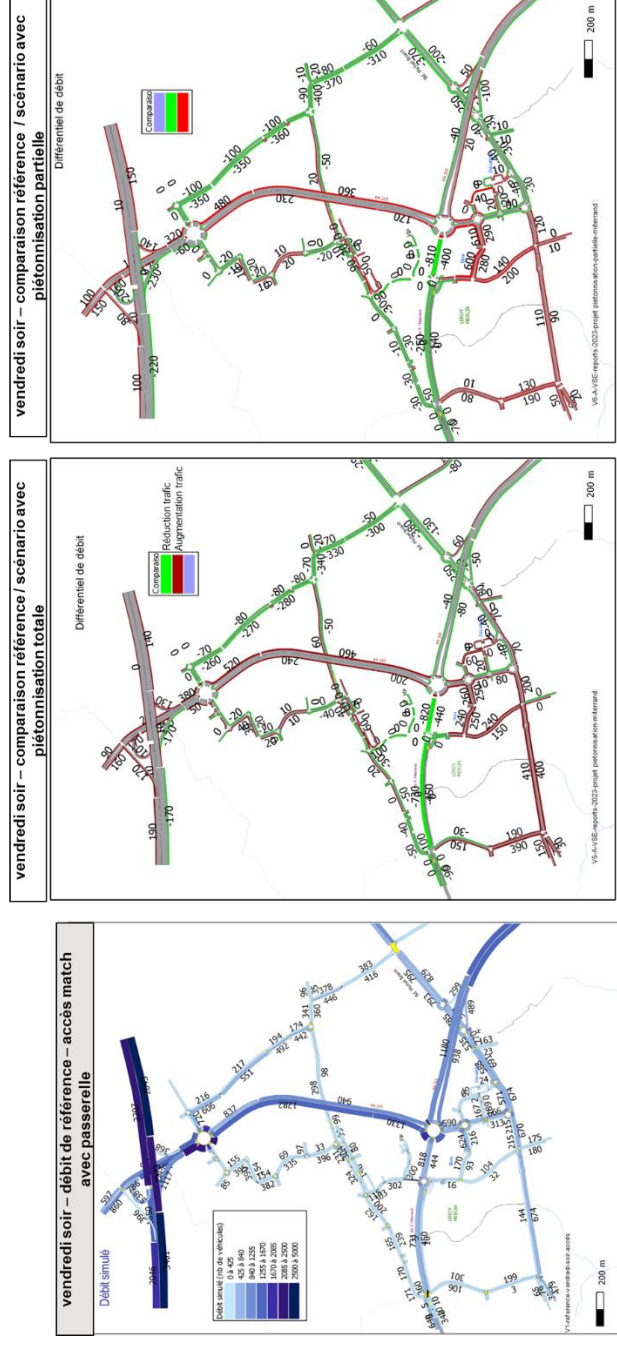


Figure 57 : à gauche : débits situation sans piétonnisation, à droite : différentiel de débit H1 puis H2

Le comparatif de débits montre une plus forte sollicitation des voiries internes à la zone commerciale lorsque la circulation est maintenue jusqu'à Keradrien. Au contraire l'hypothèse 1 présente une plus forte sollicitation du Bd Coataudon et de la RN 265 montrant des reports sur les accès locaux.

7.2.1.3. Évolution des remontées de file

▶ Remontées de file moyennes

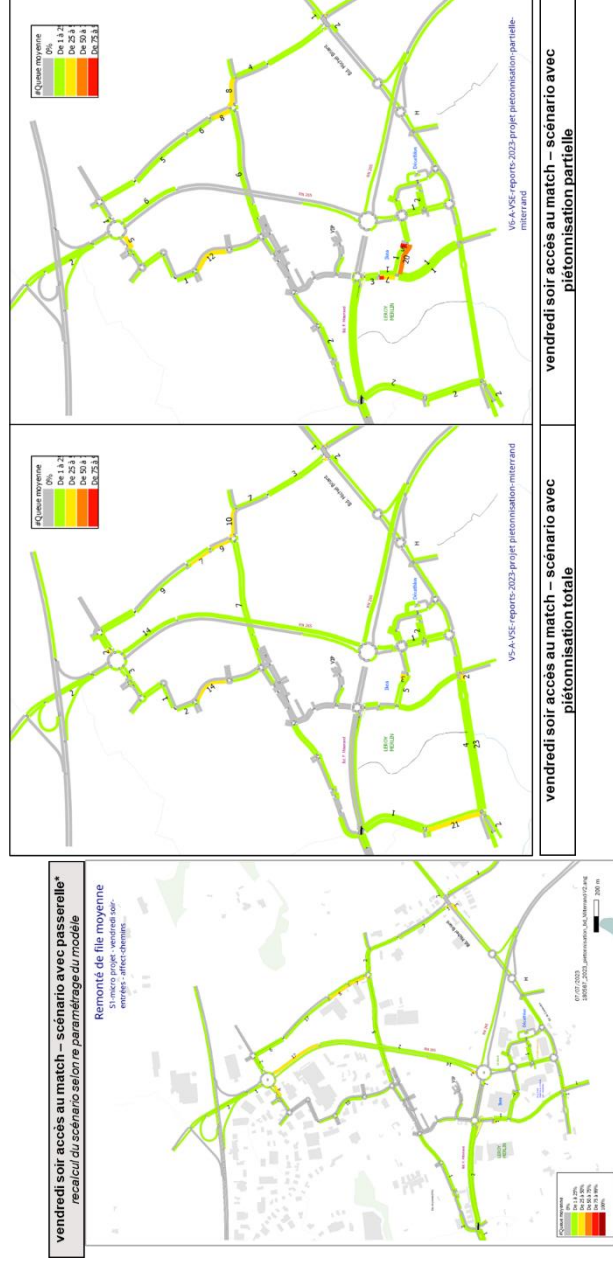


Figure 58 : gauche : remontées de file moyenne sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2

Les files d'attente correspondent aux évolutions de débits. Selon H1 il est observé une remontée de file permanente d'environ 25 véh. sur coataudon en accès à la zone commerciale, près de 20 véh. en accès par Lamartine et de près de 15 véhicules sur la N265 au Sud de Kervao.

Sur H2 les files d'attente constantes sont observées au niveau de la zone commerciale. Les files d'attente sur la rue Lamartine et les accès de desserte locale sont moins importantes.

▶ Remontées de file max

Sur l'hyperpointe du vendredi soir les principaux points de blocage sont :

H1 : au niveau des accès aux parkings, de Kervao, de Lamartine et de Coataudon.

H2 : au niveau des accès aux parkings, de Kervao, et de la zone commerciale.

Dans les 2 hypothèses, la circulation se fluidifie entre Kervao et Quelarnou : la suppression du trafic sur Mitterrand facilite l'insertion des véhicules sur l'ensemble des branches.

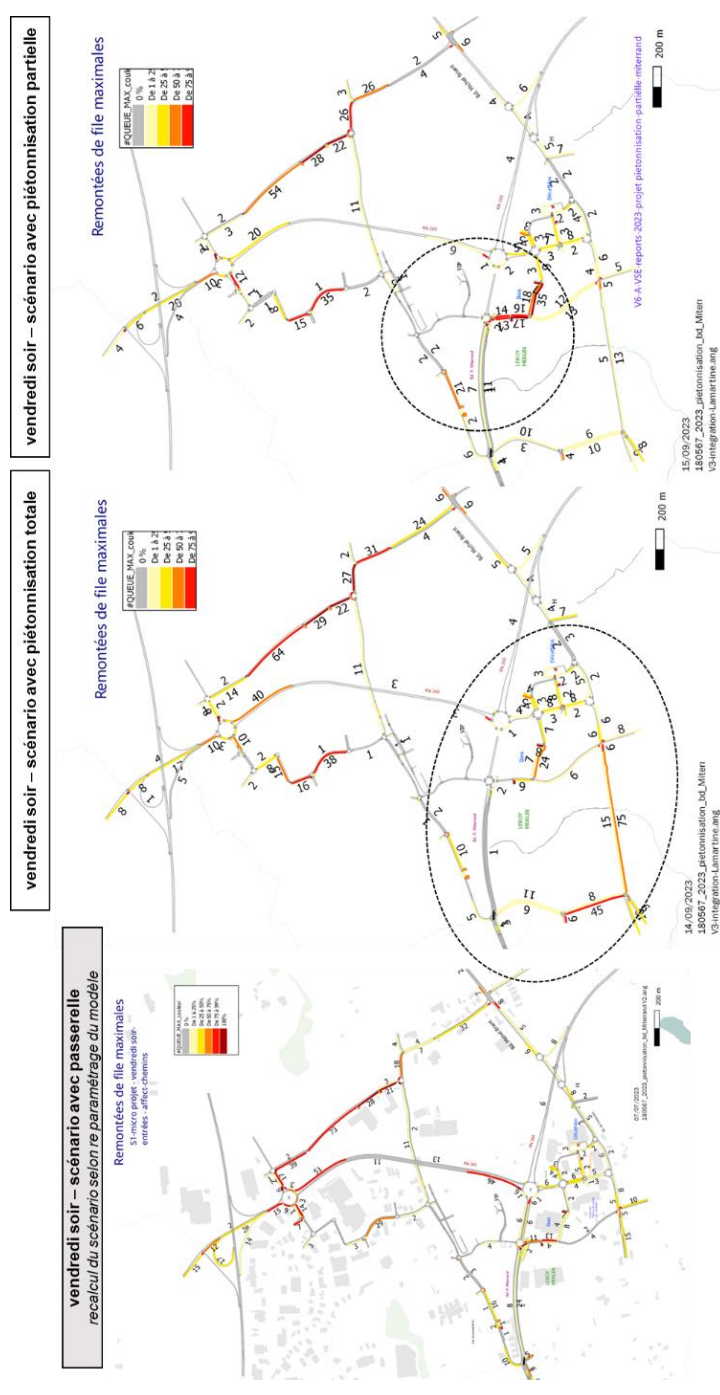
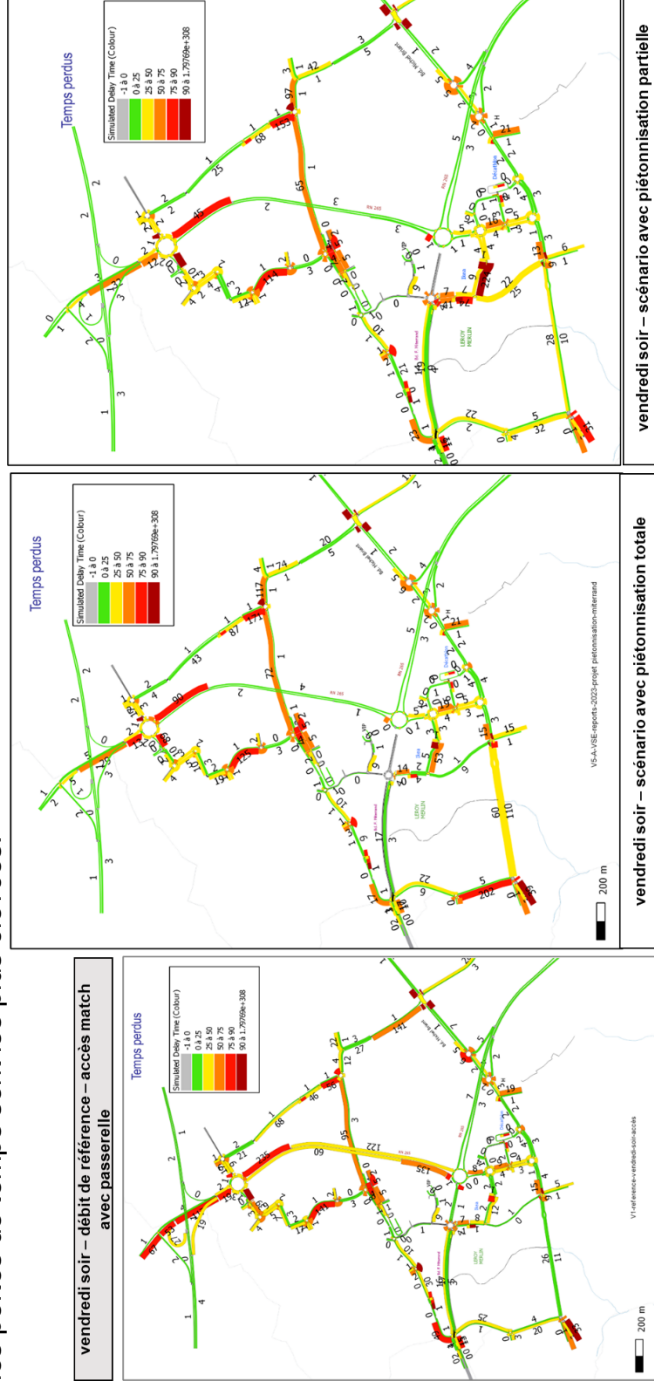


Figure 59 : à gauche : remontées de file maximale sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2

7.2.1.4. Temps perdus

Les temps perdus représentent les temps supplémentaires au temps de parcours fluide et illustrent là où les pertes de temps sont les plus élevées.



7.2.2.3. Temps perdus

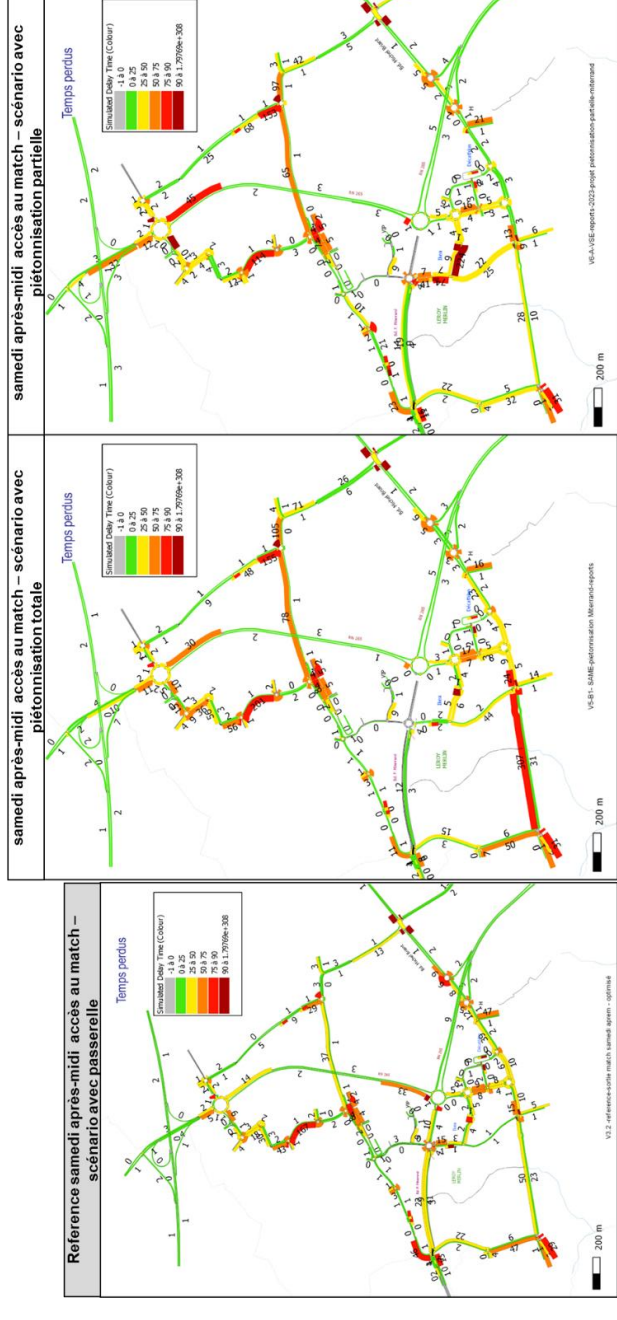


Figure 64 : à gauche : temps perdus sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2

Les temps perdus illustrent bien les secteurs où des dysfonctionnements existent : accès parkings, Kervao, Coataudon sur H1 et zone commerciale sur H2.

La simplification du fonctionnement du giratoire Quelarnou permet de fluidifier la circulation sur la N265.

7.2.2.4. Synthèse - samedi soir accès match

Au global une circulation qui présente peu de dysfonctionnement hormis :

- ▲ Des ralentissements importants sur la globalité de la zone commerciale e^t/ou sur le Bd de Coataudon,
- ▲ Une circulation très ralentie au niveau de la rue Andrée Chedid et en amont des contrôles d'accès prévus pour les parkings VIP;
- ▲ Un bon fonctionnement de la RN265 permettant d'absorber une partie du trafic reporté depuis le Bd Mitterrand

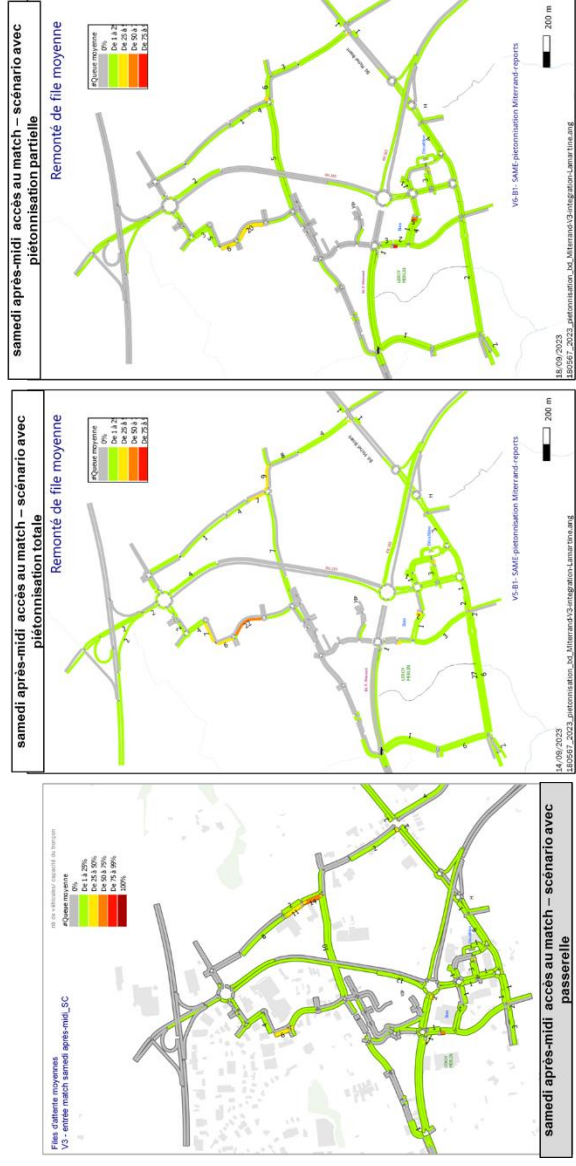


Figure 62 : à gauche : remontées de file moyennes sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2

- ▲ Remontées de file max

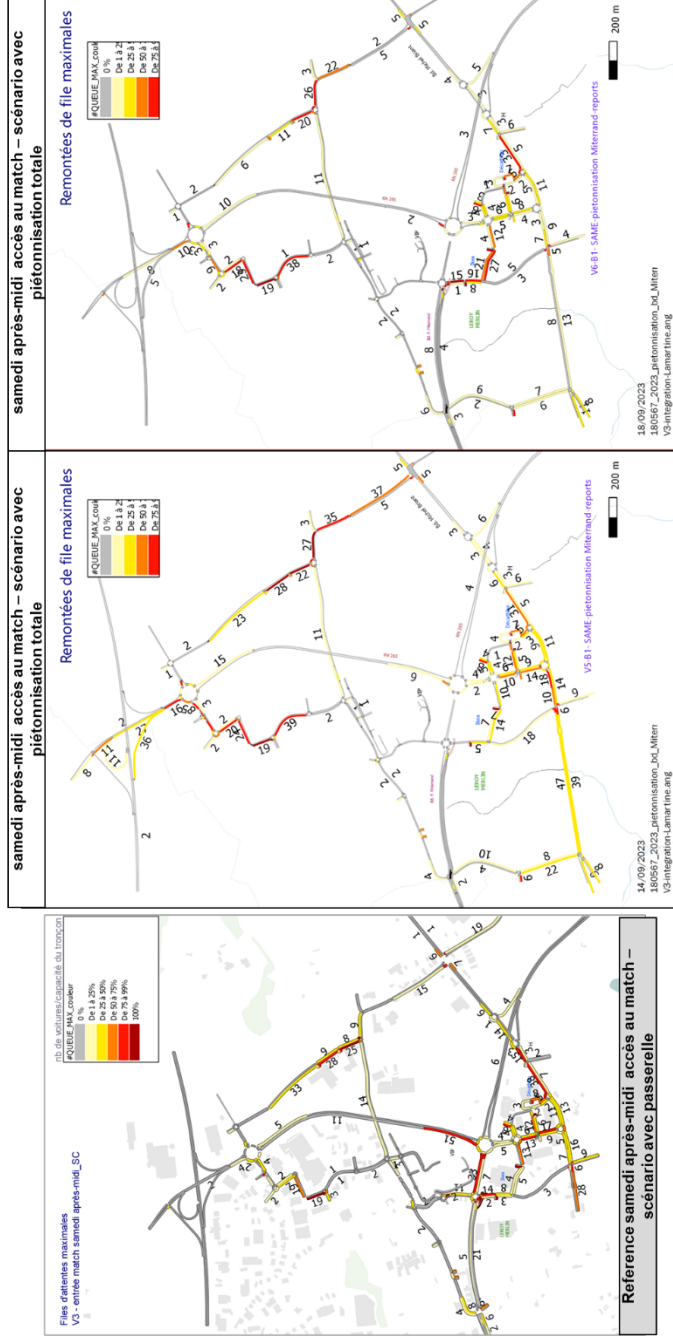


Figure 63 : à gauche : remontées de file maximale sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2

7.2.3. Fonctionnement le samedi après-midi – sortie 15h

7.2.3.1. Fonctionnement global



Figure 65: extrait de la modélisation dynamique - H1 à gauche H2 à droite

Une remontée de file importante sur la sortie ouest de Coataudon en lien avec les sorties et fermetures des commerces et flux important en accès au stade, avec des congestions impactant la circulation sur l'ensemble de l'axe D712.

7.2.3.2. Différentiel de débit

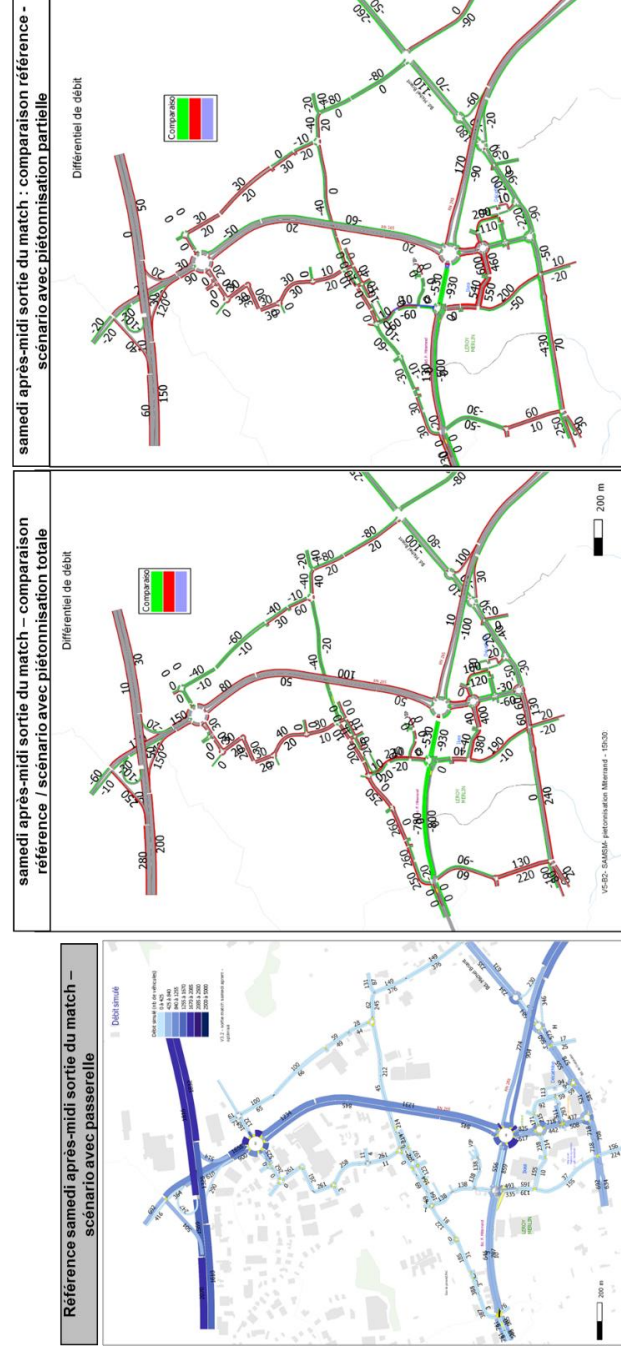


Figure 66 : à gauche : débits situation sans piétonnisation, à droite : différentiel de débit H1 puis H2

7.2.3.3. Évolution des remontées de file

Selon H1 il est observé une remontée de file permanente d'environ 40 véh. sur Lamartine et des files d'attente constantes sont observées au niveau de la zone commerciale.

Sur H2 les files d'attente constantes sont observées au niveau de la zone commerciale.

- ▶ Remontées de file moyennes

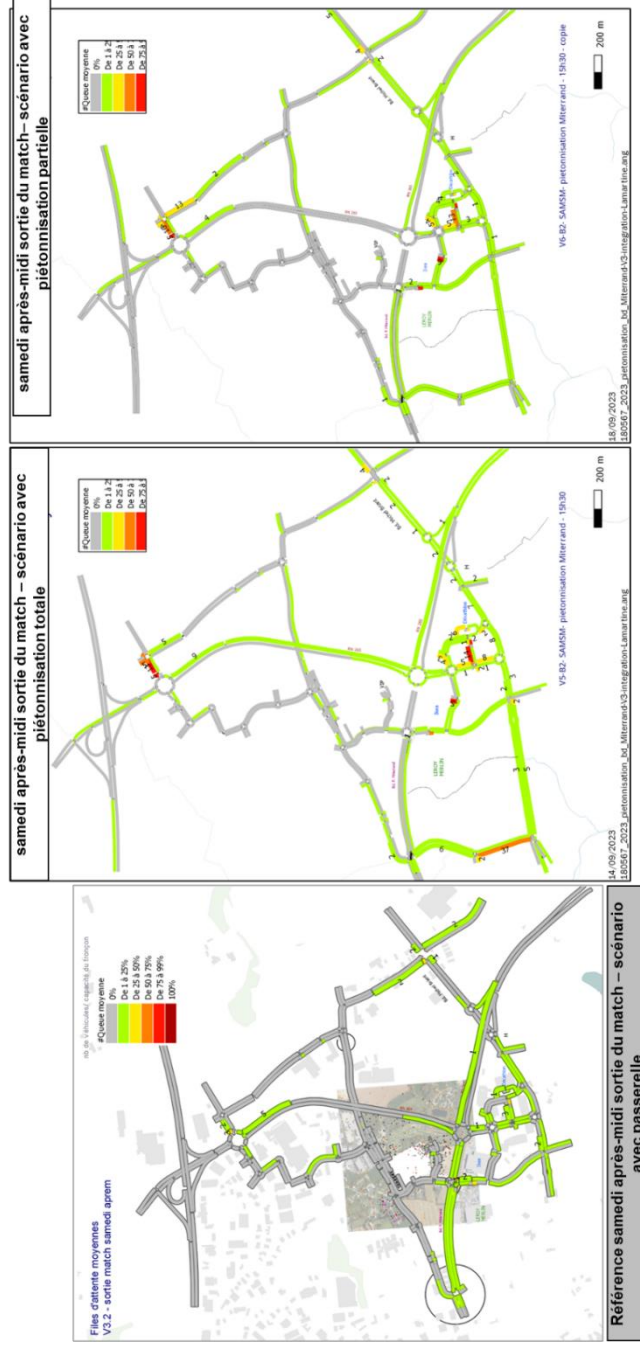


Figure 67: à gauche : remontées de file moyennes sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2

- ▶ Remontées de file max

Des ralentissements forts présents au niveau de la rue Lamartine en lien notamment avec un trafic plus important vers la zone commerciale selon H1.

7.2.3.5. Synthèse - samedi soir sorties du match

Une situation fonctionnelle le samedi en sortie du match par :

- ▶ Une forte réduction du nombre de VIP sortant (~70%)
- ▶ Une réduction globale du trafic de fond

Mais des dysfonctionnements apparaissent sur la rue Lamartine selon H1.

8. Synthèse globale

La situation avec piétonnisation du Boulevard François Mitterrand présente des résultats acceptables dus à un report important de véhicules en dehors du secteur :

- ▶ -510 véhicules le vendredi soir ;
- ▶ - 470 véhicules le samedi après-midi;

Ces reports sont principalement liés aux itinéraires est-ouest passant par la RD205 et à des sorties depuis la zone d'activités de Kererven vers Kergaradec;

Le **bon fonctionnement** du secteur aux moments les plus critiques (vendredi soir et samedi après-midi lors des sorties) **dépend de « l'évaporation » du trafic** en lien avec les reports d'itinéraires faits en amont et ne circulant plus sur les axes à proximité du stade;

Un test de sensibilité a été réalisé sans ces grands reports, une saturation totale du réseau de voirie au niveau de la zone commerciale a été observée avec des impacts importants sur la saturation de la N265.

Les impacts de ces reports sont à prendre en compte sur le secteur élargi (hors périmètre d'étude);

Une **véritable stratégie de réduction du trafic** est à adopter pour minimiser les effets de ces reports sur les secteurs voisins. Cette stratégie peut impliquer des actions telles que :

- ▶ L'incitation au télétravail ou la modification des horaires de sortie pour les salariés de Kererven;
- ▶ Une communication en amont concernant les prévisions permettant aux usagers de s'organiser sur d'autres horaires;

Le samedi, la situation peut impacter l'attractivité de la zone commerciale, mais peut aussi favoriser sa fréquentation par la mise en place d'une stratégie de foisonnement.

Quelques ajustements de programmation des feux sur Kerlaurent et les carrefours de Coataudon pourraient atténuer les dysfonctionnements.

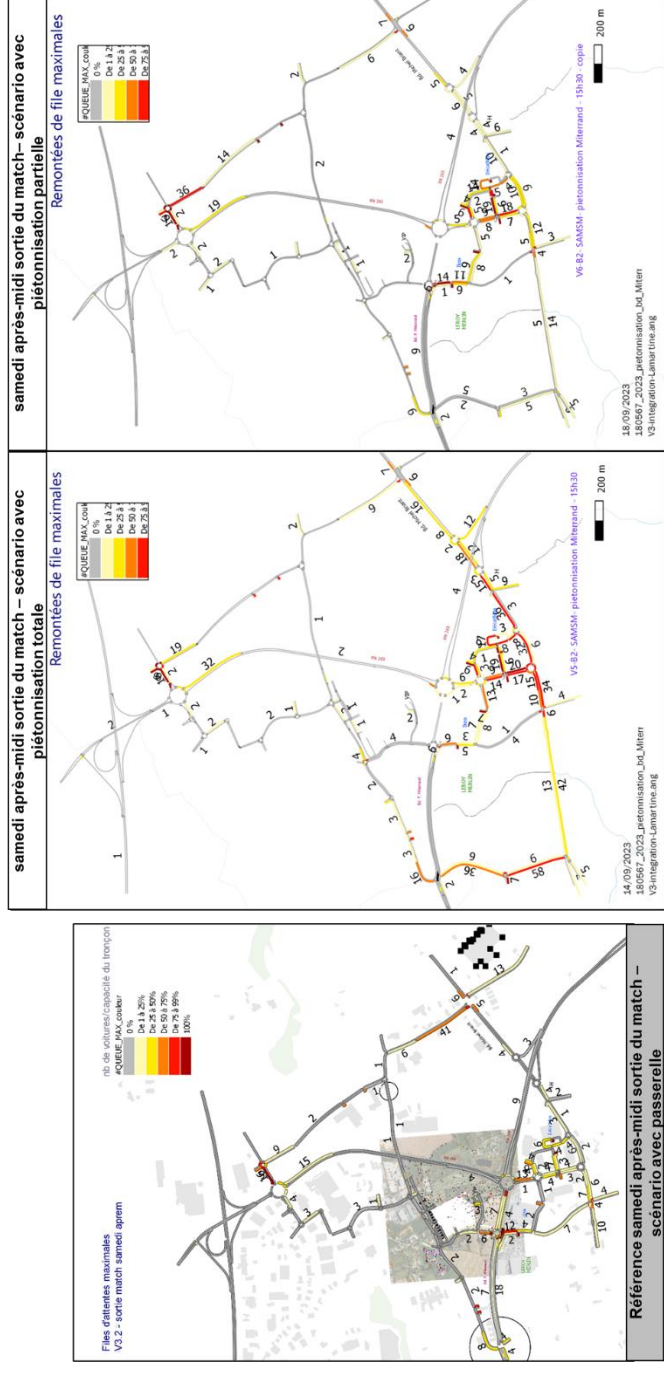


Figure 68 : à gauche : remontées de file maximale sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2

7.2.3.4. Temps perdus

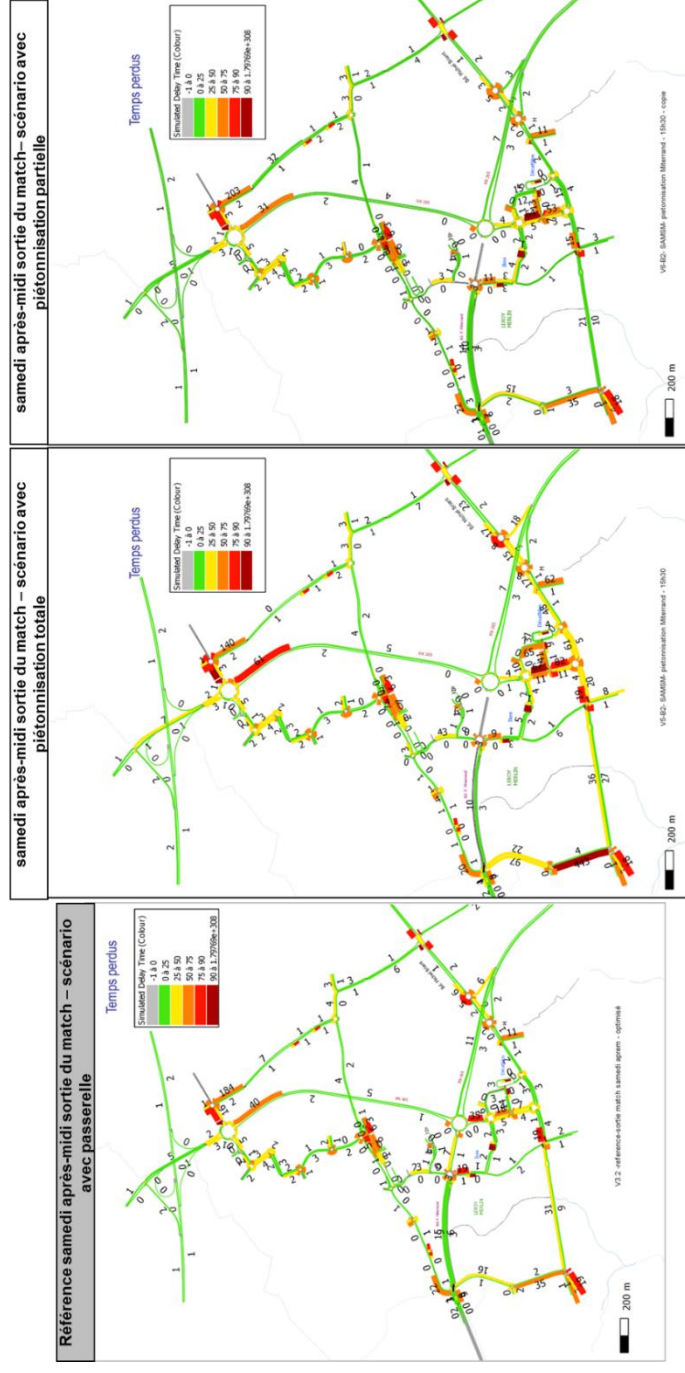


Figure 69 : à gauche : temps perdus sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2



● Améliorations de la circulation

● Points durs de circulation maintenus

Figure 70: synthèse piétonnisation H1 et H2

Table des figures

Figure 1 : Périmètre d'étude	8
Figure 2 : Enquêtes OD et comptages de trafic - 2018	10
Figure 3 : variation journalière du trafic sur les axes principaux	11
Figure 4 : esquisses d'aménagement du stade prises en compte dans les scénarios de fonctionnement	12
Figure 5 : Proposition de localisation des barrières de contrôle d'accès (traits noirs sur la carte)	12
Figure 6 : parkings mis à disposition pour les spectateurs (source : étude transitec)	12
Figure 7 : Hypothèses de remplissage des parkings	13
Figure 8 : principes d'accès spectateurs	15
Figure 9 : principes d'affectations des itinéraires d'accès retenus pour les navettes (source Transitec)	16
Figure 10 : extrait des remontées de file constatées avec des temps de contrôle de 15s	17
Figure 11 : extrait des remontées de file constatées avec des temps de contrôle de 5s	18
Figure 12 : exemple de perturbations sans régulation (gauche) et avec régulation des flux piétons	18
Figure 13 : exemple de perturbations observées au niveau des sorties de la zone d'activités Kergardec au nord	19
Figure 14 : Scénario 1 – entrées de match vendredi soir – remontées de file moyenne	19
Figure 15 : Scénario 1 – entrées de match vendredi soir – remontées de file maximales	19
Figure 16 : Scénario 1 – entrées de match vendredi soir – temps de parcours par rapport à la situation actuelle	20
Figure 17 : Scénario 2 – sorties de match vendredi soir – remontées de file moyennes	20
Figure 18 : Scénario 2 – sorties de match vendredi soir – remontées de file maximales	21
Figure 19 : Scénario 3 – entrées de match samedi après-midi – fonctionnement global	21
Figure 20 : Scénario 3 – entrées de match samedi après-midi – remontées de file moyennes	22
Figure 21 : Scénario 3 – entrées de match samedi après-midi – remontées de file maximales	22

Figure 22 : Scénario 3 – entrées de match – temps de parcours par rapport à la situation de référence	23
Figure 23 : Scénario 4 – sorties de match samedi après-midi – extrait des modélisations	23
Figure 24 : Scénario 4 – sorties de match samedi après-midi – remontées de file moyenne	24
Figure 25 : Scénario 4 – sorties de match samedi après-midi – remontées de file maximales	24
Figure 26 : Scénario 4 – sorties de match samedi après-midi – temps de parcours par rapport à la situation de référence	25
Figure 27 : Scénario 5 – sorties de match samedi soir – extrait de la modélisation	25
Figure 28 : Scénario 5 – sorties de match samedi soir – remontées de file moyennes	26
Figure 29 : Scénario 5 – sortie de match samedi soir – remontées de file maximales	26
Figure 30 : synthèse des remontées de file maximales - en entrée de match	27
Figure 31 : synthèse des remontées de file maximales - en sortie de match	27
Figure 32 : zonage des préconisations	28
Figure 33 : emplacement de la dépose navettes	29
Figure 34 : variantes des principes d'accès et localisation des contrôles	29
Figure 35: extrait de la modélisation variante 1- test 1 remontées de file – vendredi soir	30
Figure 36 : extrait de la modélisation variante 1 - Test 2 - remontée de file – vendredi soir	31
Figure 37: remontées de file moyennes - variante 1 test2	31
Figure 38 : extrait des simulations dynamiques variante 1 test 3 - fonctionnement avec contrôle d'accès au droit du giratoire IFAC - vendredi soir	31
Figure 39: remontées de file moyennes - variante 1 test 3	32
Figure 40: extrait des simulations dynamiques -variante 2, test 1 - fonctionnement avec contrôle d'accès au droit de l'accès Kerlaurent – vendredi soir	33
Figure 41 : remontées de file moyenne - variante 2- test2 - sollicitation plus importante de la RN265	33
Figure 42: extrait des simulations dynamiques -variante 2, test 2- fonctionnement avec contrôle d'accès après la salle polyvalente – vendredi soir	34

Figure 43: extrait des simulations dynamiques - variante 2, test 3- fonctionnement avec contrôle d'accès après le giratoire – vendredi soir.....34

Figure 44 : remontées de file moyenne - variante 2-test 3.....34

Figure 45 : exemple de dispositifs de contrôle d'accès optimisé.....36

Figure 46 : exemple d'actions de communication36

Figure 47 : Diagramme de fonctionnement proposé :37

Figure 48 : exemple de plans d'accès en fonction des origines/destination et catégorie des visiteurs – source - Stade de France38

Figure 49 : principe de fonctionnement de la rue Pen Ar Créac'h38

Figure 50 : reports de trafic issus du modèle macroscopique39

Figure 51 : synthèse des remontées de file maximales selon une hypothèse de report de trafic maximaliste.....40

Figure 52 : test de sensibilité sans report de trafic - extraction de la modélisation dynamique vendredi soir - 30'.....40

Figure 53 : synthèse des débits modélisés41

Figure 54 : principaux itinéraires de report - en dehors du périmètre d'étude41

Figure 55 : hypothèses de piétonnisation du Bd. Mitterrand envisagée42

Figure 56: gauche extrait de la modélisation dynamique – Hypothèse 1 à gauche & Hypothèse 2 à droite.....42

Figure 57 : à gauche : débits situation sans piétonnisation, à droite : différentiel de débit H1 puis H243

Figure 58 : gauche : remontées de file moyenne sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H243

Figure 59: à gauche : remontées de file maximale sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H243

Figure 60: à gauche : temps perdus sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2.....44

Figure 61: extrait de la modélisation dynamique - H1 à gauche H2 à droite.....44

Figure 64: à gauche : remontées de file moyennes sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H245

Figure 63: à gauche : remontées de file maximale sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2..... 45

Figure 64 : à gauche : temps perdus sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2 45

Figure 65: extrait de la modélisation dynamique - H1 à gauche H2 à droite 46

Figure 66 : à gauche : débits situation sans piétonnisation, à droite : différentiel de débit H1 puis H2..... 46

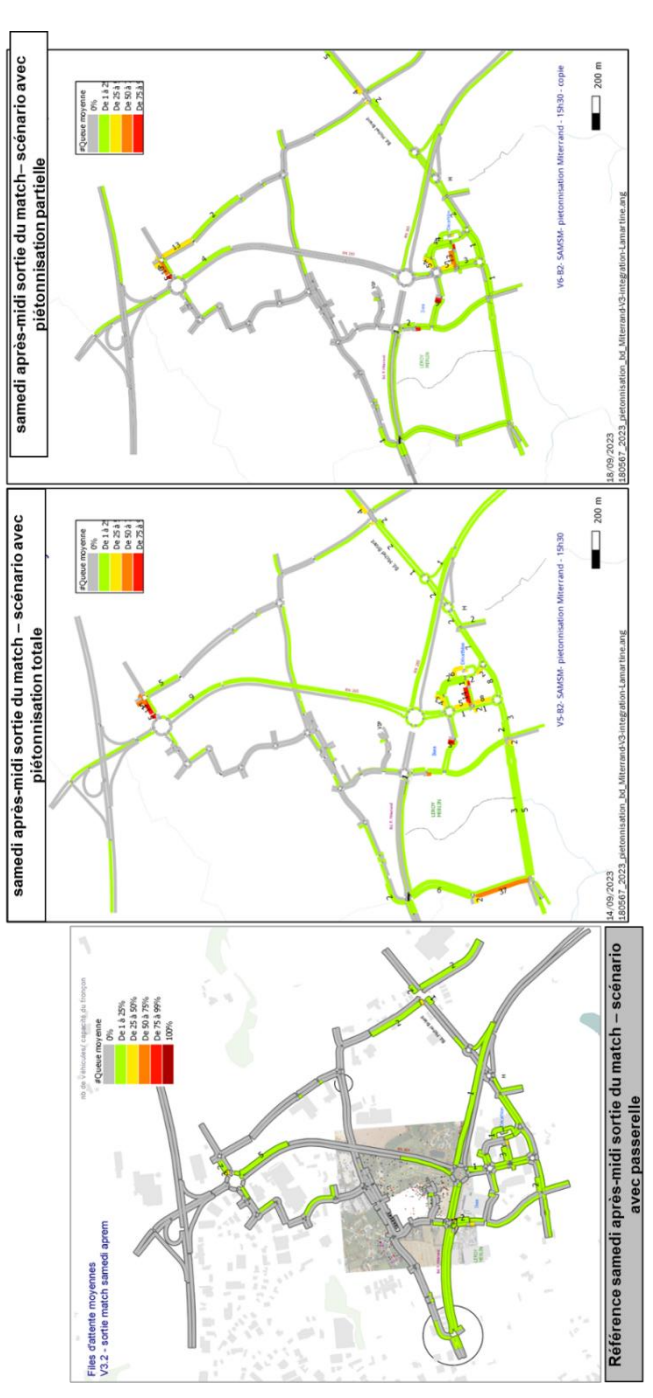


Figure 67: à gauche : remontées de file moyennes sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2..... 46

Figure 68: à gauche : remontées de file maximale sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2..... 47

Figure 69 : à gauche : temps perdus sans piétonnisation, à droite : situation H1 puis H2 47

Figure 70: synthèse piétonnisation H1 et H2 48



sce

Aménagement
& environnement

www.sce.fr

GROUPE KERAN

A Annexe 12, Etude d'optimisation de la densité (SCE, 2024)

Annexe 12, Etude d'optimisation de la densité (SCE, 2024)



ÉTUDE D'OPTIMISATION DE LA DENSITÉ

ESPACE FROUTVEN BOÉ LE 02/08/2024

PROJET DE CONSTRUCTION DU NOUVEAU STADE DE FOOTBALL, ARKEA PARK

COATAUDON – 29490 GUIPAVAS-
BREST MÉTROPOLE
MOA : HOLDISPORT – 160 RUE ROBERTO CABANAS – 29490 GUIPAVAS



AGENCE D'ARCHITECTURE François DE LA SERRE
916 Route de Passeligne Lieu-dit « Petit Cassia »
47550 BOÉ

1 . Contexte, Objectif et méthodologie de l'étude

ARKEA PARK

Table des matières

1 . Contexte, Objectif et méthodologie de l'étude	1
▶ CONTEXTE LÉGISLATIF	1
▶ CONTEXTE URBAIN	1
▶ OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE	2
2. L'ARKEA PARK	3
▶ GUIPAVAS – MANER COZ	3
▶ LE STADE ARKEA PARK	4
3. Optimisation de la densité : facteurs et actions	5
▶ Plusieurs facteurs à prendre en compte	5
PREMIER FACTEUR : LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR	5
DEUXIÈME FACTEUR : LA TAILLE ET LA FORME DU TERRAIN DISPONIBLE	5
TROISIÈME FACTEUR : LA DEMANDE DU MARCHÉ	5
▶ Actions pour optimiser la densité	5

▶ CONTEXTE LÉGISLATIF

La réalisation d'une étude d'optimisation de la densité s'inscrit dans un cadre législatif qui combine des règles nationales et locales, avec un accent sur le développement durable, la mixité sociale et la protection de l'environnement.

En raison d'une surface de plancher de 38 949 m² répartie sur 7 niveaux et d'un terrain d'assiette supérieur à 10 hectares, une évaluation environnementale est requise. Cette évaluation doit intégrer une étude d'impact sur l'environnement afin de répondre aux exigences réglementaires. Ces obligations sont définies par les articles R122-2 et R123-3 du Code de l'environnement, qui stipulent que tout projet de cette envergure doit être soumis à une analyse approfondie de ses effets potentiels sur l'environnement.

L'article 214 de la loi Climat et résilience ajoute un article L.300-1-1 au code de l'urbanisme lequel instaure l'obligation de réaliser une étude sur l'optimisation de la densité des constructions préalablement à une opération d'aménagement faisant l'objet d'une évaluation environnementale. Cette étude de densification devra prendre en compte la qualité urbaine ainsi que la préservation et la restauration de la biodiversité et de la nature en ville.

Le maître d'Ouvrage représenté par la société HOLDISPORT, sollicite le groupe François DE LA SERRE, architecte coordinateur du nouveau stade Arkea Park, pour l'élaboration de ce document dans le but de garantir l'excellence de ce projet d'aménagement.

▶ CONTEXTE URBAIN

Situé dans la zone du Frouitven à Guipavas, ce terrain de 18 Ha réunit de nombreux atouts :



Figure 1- Vue aérienne du site

Dans le cadre de la démarche ERC (Éviter, Réduire et Compenser), le projet est plus « compact » et son repositionnement plus au nord du terrain, par rapport au projet de 2018, permet de :

- **RÉDUIRE** les surfaces imperméabilisées (27 % contre 65 % sur le projet de 2018)
- **PRÉSERVER** au maximum les éléments remarquables du site : hêtre, haies et zone humide.
- **OPTIMISER** les mouvements du terrain
- **UNE JAUGE RAISONNÉE À 15 000 PLACES** En France de nombreux stades sont surdimensionnés. Une erreur stratégique qui a pour conséquence de nuire à l'image des clubs et à leur rentabilité. Les stades doivent être davantage attractifs, en fédérant tous les publics. L'historique des affluences du SB29 en L1 montre qu'une jauge à 15 000 places est suffisante.

Au-delà de l'allègement des investissements financier, une JAUGE RAISONNÉE permet de :

- **ASSURER LA RENTABILITÉ FINANCIÈRE** du club. Un stade à moitié vide génère un surcoût financier. Une jauge à 15 000 places permet de se projeter aussi bien en configuration L1 que L2 et donc d'obtenir un modèle économique équilibré.
- **RENDRE ATTRACTIFS LES TARIFS « GRAND PUBLIC »**
- **SUSCITER L'INTÉRÊT DU GRAND PUBLIC** et conforter une belle image du club, en multipliant les annonces à guichets fermés.
- **FÉDÉRER LES ENTREPRISES** partenaires dans un environnement de ferveur d'un stade plein.

ADAPTÉ

Depuis 2010, ce terrain est identifié par Brest Métropole comme un site d'accueil de fonctions et d'équipements métropolitains.

ACCESSIBILITÉ

Desservi par le tramway (18 minutes de centre-ville - station Liberté), par le bus (30 minutes de centre-ville), il est au carrefour des voies express vers Morlaix (RN12) et Quimper (RN165).

SECURISÉ

Un parvis sécurisé et exclusivement piétonnier entoure le stade, garantissant ainsi la sécurité des visiteurs et facilitant l'accès aux différentes entrées. Ce parvis est conçu pour offrir un espace accueillant et sans véhicules, permettant aux piétons de se déplacer librement et en toute sécurité autour de l'enceinte du stade.

ATTRACTIF

À l'entrée Est de la ville de Brest et de la métropole, le site vient dynamiser la zone commerciale « les portes de Guipavas » et les activités voisines : Campus des métiers, zones d'activités (17 000 salariés), logements...

RESPECTUEUX

Un site adapté pour assurer un projet paysagé et une urbanisation respectueuse de l'environnement, en maîtrisant la consommation des emprises foncières, les nuisances et l'impact sur le voisinage.

PRATIQUE

Un emplacement proche du centre d'entraînement Sica - Prince de Bretagne de Kerlaurent

AMBITIEUX

A 12 minutes de l'aéroport en voiture, le site permet au futur projet de rayonner sur le plan national

FONCTIONNEL

Pour soulager le secteur en termes de circulation et participer à la minimisation des km parcourus en voiture individuelle, l'offre de stationnement intègre l'utilisation de deux parkings déportés (aéroport et Arkéa) qui, reliés au stade par des navettes, permettent d'acheminer les spectateurs.

Le système est soutenu par le renforcement de l'offre de transport public par la création d'une avant-gare qui permet de stocker des rames afin d'augmenter les fréquences lors des événements et favoriser l'usage des transports en communs par les supporters brestois.

► OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

L'optimisation de la densité de constructions est un aspect crucial dans la planification. L'objectif de cette étude est d'analyser en quoi la densité envisagée dans le projet contribue à atteindre les objectifs de réduction de la consommation des espaces.

En effet, l'objectif de l'étude d'optimisation de la densité en lien avec l'artificialisation des sols est de trouver le meilleur compromis entre la densité de constructions et la préservation des espaces naturels et agricoles.

Dans ce contexte, l'étude d'optimisation de la densité vise à maximiser l'utilisation de l'espace disponible pour les constructions et les activités économiques, tout en réduisant l'impact sur l'environnement naturel. Elle cherche à répondre aux objectifs de réduction de l'artificialisation des sols en trouvant le juste équilibre entre la densité de constructions et la préservation des espaces naturels. Cela implique une analyse minutieuse des besoins en construction et en espaces de stationnement, ainsi que des espaces nécessaires au développement de la biodiversité.

MÉTHODOLOGIE

- Dans un premier temps, nous ferons un rappel du secteur urbain Guipavas – Maner Coz, ses ambitions et ses objectifs.
- Dans un second temps, nous examinons les facteurs qui influencent la densité des constructions et comment ces facteurs sont pris en compte dans le projet Arkea Park
- Enfin, nous présenterons les actions menées pour optimiser la densité tout en garantissant un développement urbain équilibré et durable.

► GUIPAVAS – MANER COZ

Objectif d'aménagements : Développer des installations d'intérêt métropolitain à vocation sportives, culturelles, et de loisirs.

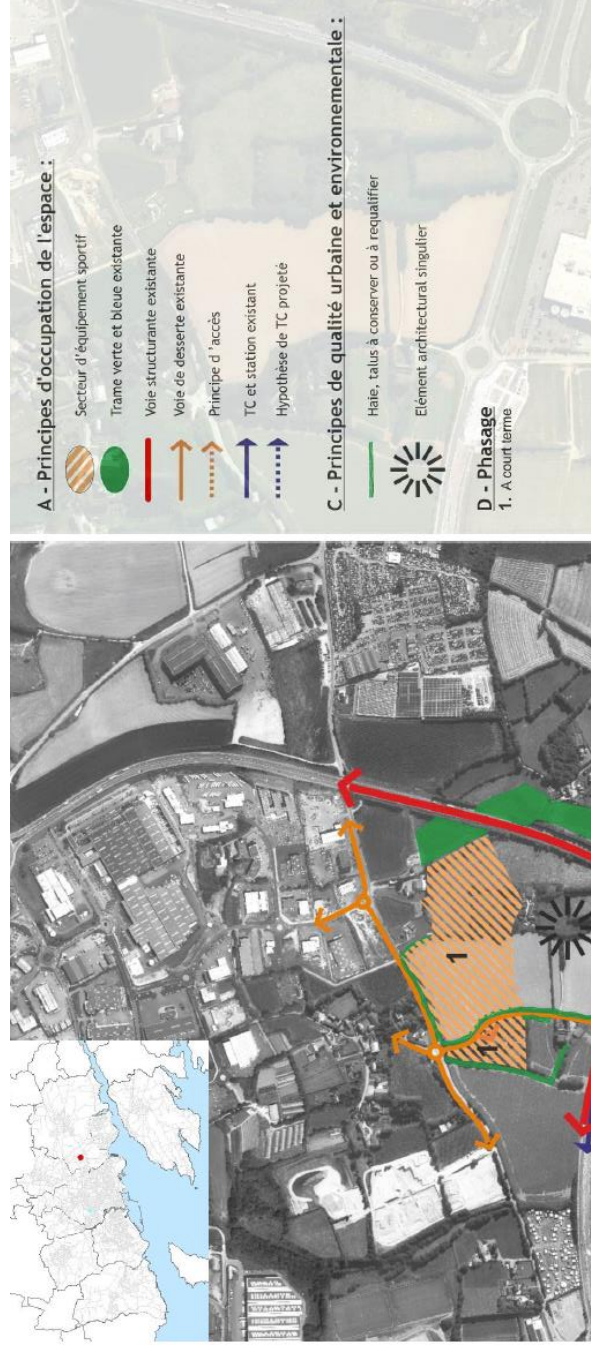


Figure 2 – Plan OAP – BREST MÉTROPOLE

Une nouvelle phase d'urbanisation est actuellement en cours dans le secteur du Froutven -Kerlaurent, avec le développement d'un quartier mixte porté par Pierre Promotion / kerim, des lotissements prévus par Pasquer Promotion et la construction du nouveau stade Arkea Park, conformément aux orientations de l'OAP.

PLUI

Actuellement, le terrain est soumis à plusieurs zonages, notamment les zonages 1AUL et 2AUS. La procédure de mise en compatibilité du PLU vise à modifier ces zonages afin de reclasser l'ensemble du terrain nécessaire à l'équipement en zone US et les terrains non mobilisés en zone N. Cette reclassification va dans le sens du développement de l'agglomération et, est essentielle pour garantir que toutes les activités prévues dans le projet puissent être autorisées et conformes aux nouvelles règles d'urbanisme, tout en préservant sur le long terme un espace naturel structurant.

Les textes suivants sont également applicables au projet :

- Code de la construction
- Code du travail
- Code ERP
- Cahier des charges relatif à la construction ou modification de grands établissements a exploitation multiples (GEEM)
- Servitude aéronautique de dégagement (non concerné)
- PPRI (non concerné)

2. L'ARKEA PARK

Le stade Arkea Park sera classé en 1^{ère} catégorie, avec une capacité de plus de 3500 personnes et une activité de type GEEM (Grand établissement à Exploitation multiple). Ce classement permet au stade d'être accessible au public en dehors des jours match. Conçu de manière verticale, le bâtiment s'intègre et exploite la topographie existante du site et minimise son emprise au sol.

Dans le cadre du maillage économique de la zone urbaine, le projet intégrera les activités suivantes :

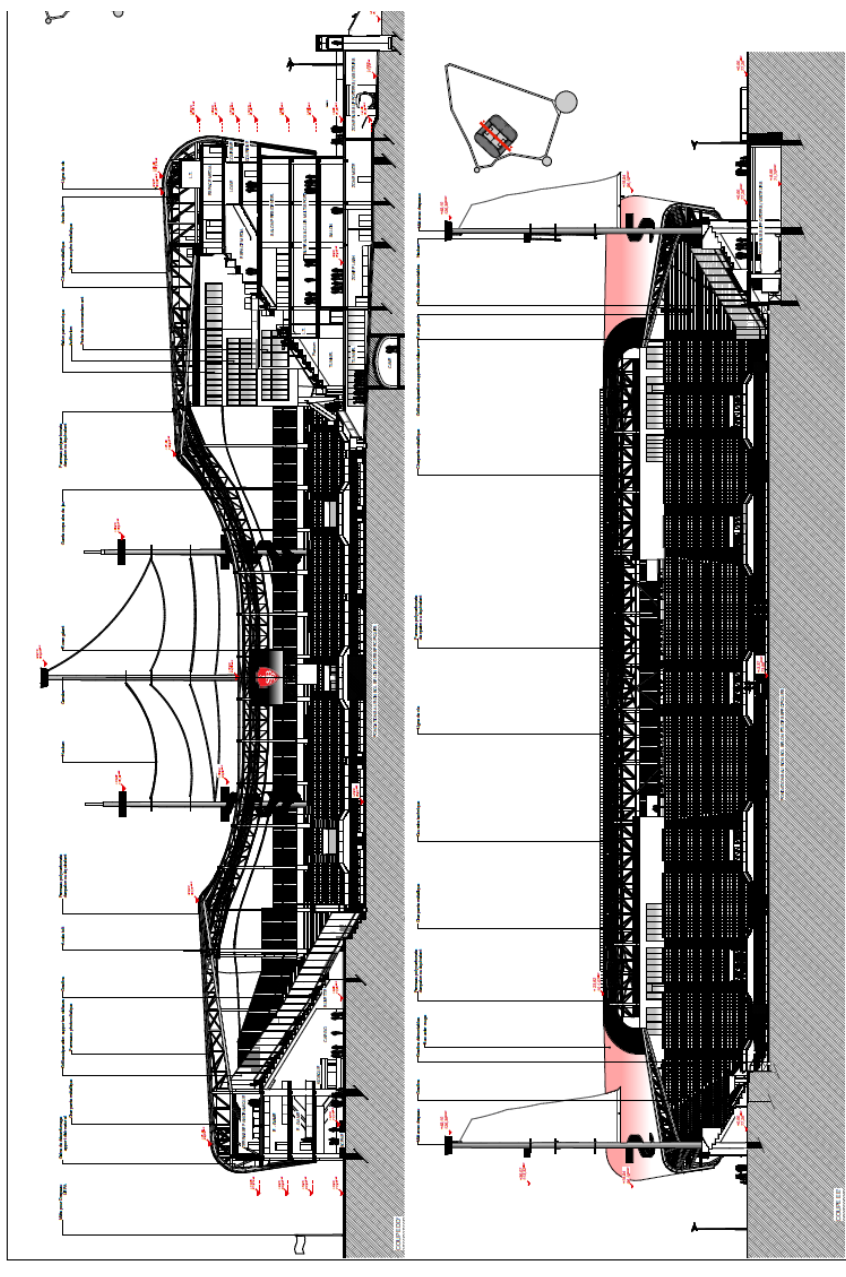


Figure 4 – plan de coupe du stade

NIV - 2 :

TRIBUNE SUD-EST : Cave des Fondateurs : Espace privé - NON ERP

NIV -1 : ANNEXE SPORTIVE

- VESTIAIRES : ERP type X
- TUNNEL INSIDE : Espace réceptif - ERP type L
- TUNNEL CLUB : Espace réceptif - ERP type L
- SALLE DE PRESSE : Espace réceptif - ERP type L
- ESPACE SUPPORTEURS VISITEURS : Espace d'accueil - ERP type N
- INFIRMERIE : - Code du travail
- LOCAL ENTRETIEN ET RANGEMENTS-Code du travail
- LOCAL TECHNIQUE -Code du travail

NIV 0 : PARVIS

- TRIBUNE SUD-EST : Le Pont des Souvenirs 2239 places -ERP type PA
- TRIBUNE NORD-OUEST : Espace enfants -ERP type X
- TRIBUNE NORD-OUEST : Le Cargo - Halles Gourmandes -ERP type N
- TRIBUNE NORD-OUEST : Zone fumeurs -ERP type N
- TRIBUNE SUD-OUEST : Le Penalty -ERP type N

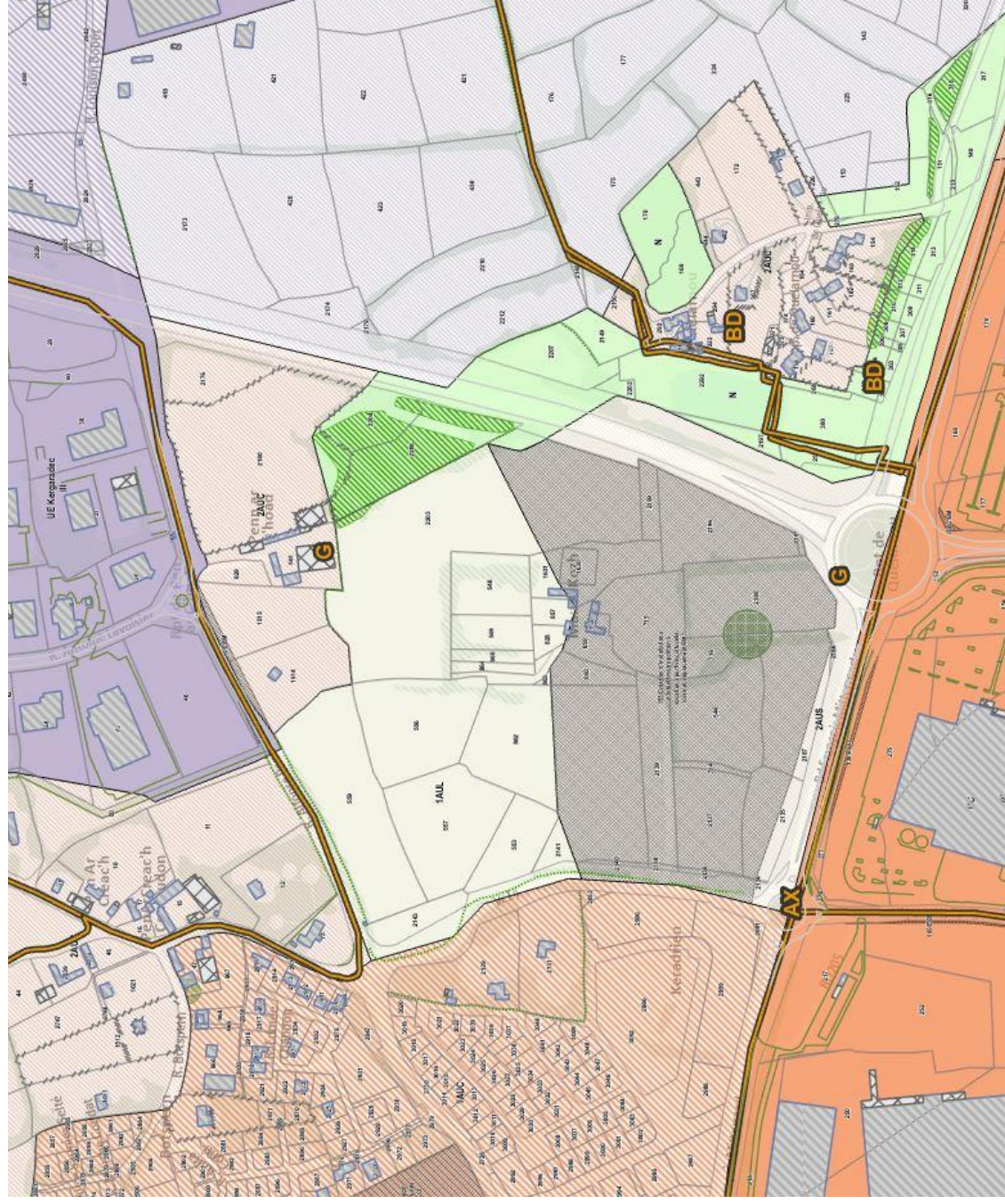


Figure 3 - Carte zonages -PLUi – Brest métropole

► **LE STADE ARKEA PARK**

TRIBUNE SUD-OUEST : Le Quai de Frouvien 2721 places -ERP type PA
TRIBUNE SUD-OUEST : Boutique SB29 -ERP type M
TRIBUNE SUD-EST : Brasserie Gérard -ERP type N
TRIBUNE SUD-EST : Loges -ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Local Technique : Comptage - Code du travail
TRIBUNE SUD-EST : Réceptif loges : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Salon réceptif VIP : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Salon Tunnel Inside : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Terrasse boutique : ERP type PA
TRIBUNE SUD-EST : Espace fumeurs : ERP type L

NIV 1 : BUREAU - MULTI-SPORTS ADAPTÉS

TRIBUNE NORD-OUEST : Agora : ERP type L
TRIBUNE NORD-OUEST : Espace jeux enfants : ERP type X
TRIBUNE NORD-OUEST : Scène : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Multi-Sports adaptés : Code du travail
TRIBUNE SUD-EST : Bureaux : Code du travail
TRIBUNE SUD-EST : Espace Co-Working : Code du travail

NIV 2 : SALONS

TRIBUNE NORD-OUEST : Espace jeux enfants : ERP type X
TRIBUNE NORD-OUEST : Espace E-games : ERP type P
TRIBUNE NORD-OUEST : Espace jeux enfants : ERP type X
TRIBUNE SUD-EST : Carré VIP : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Carré Rouge : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Crèche : ERP R
TRIBUNE SUD-EST : Famille : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Fumoir Président : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Namer : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Président : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : PC commande : Code du travail

NIV 3 : LOGES

TRIBUNE SUD-EST : Club box : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Loges duplex : ERP type L / ERP type O (hors-match)
TRIBUNE SUD-EST : Loges panoramiques : ERP type L / ERP type W (hors-match)
TRIBUNE SUD-EST : Loges Sud : ERP type L / ERP type O (hors-match)

NIV 4 : LOGES

TRIBUNE SUD-EST : Auditorium : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Loges chambres : ERP type L / ERP type O (hors-match)
TRIBUNE SUD-EST : Loges panoramiques : ERP type L / ERP type W (hors-match)
TRIBUNE SUD-EST : Loges Sud : ERP type L / ERP type O (hors-match)
TRIBUNE SUD-EST : Salon « La Terrasse » : ERP type L

NIV 5 : SALONS

TRIBUNE SUD-EST : Atelier Club : ERP type N
TRIBUNE SUD-EST : Club des Légendes : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Espace Média : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Salon panoramique : ERP type L
TRIBUNE SUD-EST : Terrasse Média : ERP type PA

3. Optimisation de la densité : facteurs et actions

► Plusieurs facteurs à prendre en compte

Les avantages d'une constructions dense et verticale comprennent une utilisation plus efficace de l'espace disponible afin de limiter autant que possible l'étalement urbain.
D'autre part, une densité élevée permet de réduire la surface des infrastructures générées ainsi que la réduction des coûts de construction.

Toutefois plusieurs facteurs doivent être pris en compte lors de l'optimisation de la densité de construction pour un projet de stade :

PREMIER FACTEUR : LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR

Les règles d'urbanisme, telles que le plan local d'urbanisme (PLU), définissent des limites de densité de constructions pour une zone donnée. En effet, ces règles doivent être respectées pour obtenir les autorisations nécessaires à la construction.

DEUXIÈME FACTEUR : LA TAILLE ET LA FORME DU TERRAIN DISPONIBLE

Notre objectif est de déterminer le positionnement optimal de l'enceinte sur le site, en tenant compte de toutes les contraintes environnementales, techniques et réglementaires, ainsi que des qualités et avantages spécifiques que le site présente. Cela implique une analyse approfondie pour maximiser l'utilisation des ressources disponibles, minimiser l'impact environnemental, et assurer une intégration harmonieuse avec le paysage existant. En respectant ces paramètres, nous visons à créer une enceinte fonctionnelle et esthétiquement agréable, qui répond aux besoins présents et futurs de ses utilisateurs.

TROISIÈME FACTEUR : LA DEMANDE DU MARCHÉ

Avec un classement GEEM, l'enceinte du stade regroupe plusieurs types d'activités et propose également des cellules à aménager comprenant des plateaux de bureaux. Les espaces peuvent également être loués les jours hors match. Avec le développement de la zone urbaine environnante, le stade offrira également des espaces de restauration, notamment dans la halle gourmande.

► Actions pour optimiser la densité

Une jauge limitée à 15 000 spectateurs

L'Arkea Park est conçu pour accueillir 15 000 spectateurs, offrant ainsi une capacité adéquate pour répondre aux besoins des événements sportifs nationaux et internationaux. En plus des gradins et des espaces dédiés aux spectateurs, le projet comprend des infrastructures complémentaires telles que 1300 places de stationnement, des espaces végétalisés, et un parvis paysager véritable trait d'union entre le stade et la ville.

L'objectif principal de ce projet est de créer une structure qui soit non seulement un lieu de rassemblement pour les amateurs de sport, mais aussi un espace polyvalent capable de s'adapter à diverses activités culturelles tout au long de l'année et en dehors des jours de match.

L'architecture du stade et son positionnement ont été soigneusement conçus pour prendre en compte les vents dominants, assurant ainsi le confort des spectateurs et une ventilation optimale de la pelouse.

L'analyse fine de la jauge du stade, élément structurant pour l'emprise au sol, a permis de minimiser l'impact du projet sur le foncier d'accueil au profit d'espaces paysagers, infiltrants et naturels.

Aménagements Paysagers et Espaces Publics

Les aménagements paysagers joueront un rôle crucial dans l'intégration harmonieuse du stade à son environnement. Des espaces verts et des zones de loisirs seront aménagés autour du stade, créant ainsi une transition douce entre l'urbanisation et la nature. Ces espaces seront conçus pour être accessibles à tous, favorisant ainsi une utilisation inclusive et intergénérationnelle.

En réponse à la loi résilience, les 1300 places de stationnements seront perméables, permettant une meilleure gestion des eaux pluviales. De plus, des panneaux photovoltaïques couvriront les voiries, réduisant ainsi l'effet de réchauffement des circulations.

Ce travail fin de conception a permis de réduire fortement l'imperméabilisation du site qui a pu être contenue à 27%.



Figure 5 – Ombrières photovoltaïques parking – Agence François DE LA SERRE

Mobilité et Accessibilité

L'accessibilité est un aspect fondamental du projet. Un parvis de 8000m², réalisé en grande partie en béton drainant, relie l'ensemble des espaces connectés du stade aux infrastructures urbaine. Des pistes cyclables et des zones de stationnement pour vélos seront également mises en place pour encourager les modes de transport alternatifs. L'ensemble du site sera conforme aux normes d'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite, assurant ainsi une expérience confortable et sécurisée pour tous les visiteurs.

Le travail sur le scénario d'accessibilité, mobilisant l'offre de stationnement existante au maximum, renforçant l'offre en matière de transports en commun et favorisant fortement l'usage du covoiturage, a permis de limiter très fortement le nombre de stationnement sur site. Cette limitation à 1300 places permet la protection de zones naturelles. Ainsi, à travers le projet, le site passe, pour environ un tiers de sa surface de zone agricole à une naturelle, au profit de la biodiversité.



Figure 6 – Perspective – Agence François DE LA SERRE

La diversité des usages.

La halle gourmande sous la tribune Nord-Ouest du stade offre un espace convivial et animé, conçu pour accueillir divers stands de restaurant et zones de loisirs. Ouvert à tous, également les jours sans match, cet espace devient un véritable centre de partage et de rencontre pour les riverains.

Cet espace dynamique a également un impact économique positif sur la ville. En étant accessible toute l'année, il attire à la fois les locaux et les visiteurs, stimulant ainsi l'activité économique locale.

Ainsi, ces halles gourmandes ne sont pas seulement un lieu de loisirs, mais aussi un moteur de développement économique et social pour la ville.

Ces halles, comme l'ensemble des espaces de loisirs et réceptifs du futur stade, sont conçues multiplier les usages, permettant ainsi de mutualiser les espaces, tant au cours de l'année en fonction des différentes activités évènementielles, qu'au cours de la vie du bâtiment, permettant de s'adapter aux nouveaux besoins et usages de la population.



Figure 7- Perspective Halles gourmande – Agence François DE LA SERRE

Un travail itératif en phase conception pour une meilleure intégration du projet

Entre 2018 et 2024, ce sont 4 variantes du projet qui ont été étudiées pour optimiser l'intégration environnementale du stade. Ces différentes étapes de conception, présentées ci-après, ont permis de travailler à la moindre emprise du stade sur le foncier.

1. PREMIERE VARIANTE CONCERTEE EN NOV/DEC 2018



- un stade de football de 13 000 places
- 1 700 places de parkings en extérieur et 360 places en sous-sol
- un hôtel de 40 chambres environ et une résidence hôtelière de 30 chambres environ,
- une « fan zone » avec une tribune de 500 places qui accueillerait le public avant et après match,
- une zone de loisirs sportifs proposant diverses activités ouvertes tout l'année.

2. PROJET PRESENTE LE 27/04/2021



- un stade de football de 15 000 places
- 1 059 places de parkings en extérieur et places en sous-sol
- une « fan zone » avec une tribune de 4500 places (dont 500 places assises) qui accueillerait le public avant et après match, Loisirs indoor : restauration, boutique, espaces enfants, bowling
- une zone de loisirs sportifs proposant diverses activités ouvertes tout l'année : gymnase et vestiaires adaptés, tennis-paddle et squash
- un programme immobilier associé



- Une jauge raisonnée à 15 000 places, dont 10 800 places réservées « Grand public » - avec un objectif de remplissage de 95% en Ligue 1 et 70% en Ligue 2.
- 1 boutique du SB29, des loges et des bureaux pour les partenaires
- 2000 m² dédiés au loisirs E-Games et E-Sport
- Une halle gourmande
- Une superficie globale de 38 942 m²
- 1450 places de parking

Un parvis circulaire piéton de 8 945 m² qui relie l'ensemble des espaces connectés du stade à la passerelle du Tramway

4. PROJET 2024



- Une jauge raisonnable à 15 000 places, dont 8 200 places réservées « Grand public » - avec un objectif de remplissage de 95% en Ligue 1 et 70% en Ligue 2, permettant d'organiser d'autres événements que les matchs du SB29 (classement GEEM)
- 1 boutique du SB29, des loges et des bureaux pour les partenaires, adaptables aux différentes demandes des usagers
- 2000 m² dédiés au loisirs e-games et e-sport, aux usages adaptables au cours de la vie de l'enceinte
- Une superficie globale limitée à 33 000 m²
- Une offre de stationnement limitée à 1300 places de parking par l'utilisation importante des places de stationnement existantes en proximité du site
- Un parvis circulaire piéton de 5 585 m² qui relie l'ensemble des espaces connectés du stade au tramway

Ce travail itératif avec les concepteurs, Brest métropole, la ville de Guipavas, les associations environnementales et le grand public, dans le cadre de la concertation, a permis de définir une infrastructure compacte limitant son emprise au sol.

Ainsi, au regard de l'équipement l'imperméabilisation est très faible.

Par ailleurs, la compacité, mais également l'emplacement de l'enceinte, ainsi que le travail sur l'agencement des places de stationnement, ont permis de protéger les zones à enjeux d'un point de vue de la biodiversité (haies, hêtre remarquable, zone humide).

Enfin, une zone représentant près d'un tiers de la surface est laissée libre, afin qu'elle soit protégée et gérée en tant que zone naturelle. Le PLU la classera en zone N.

