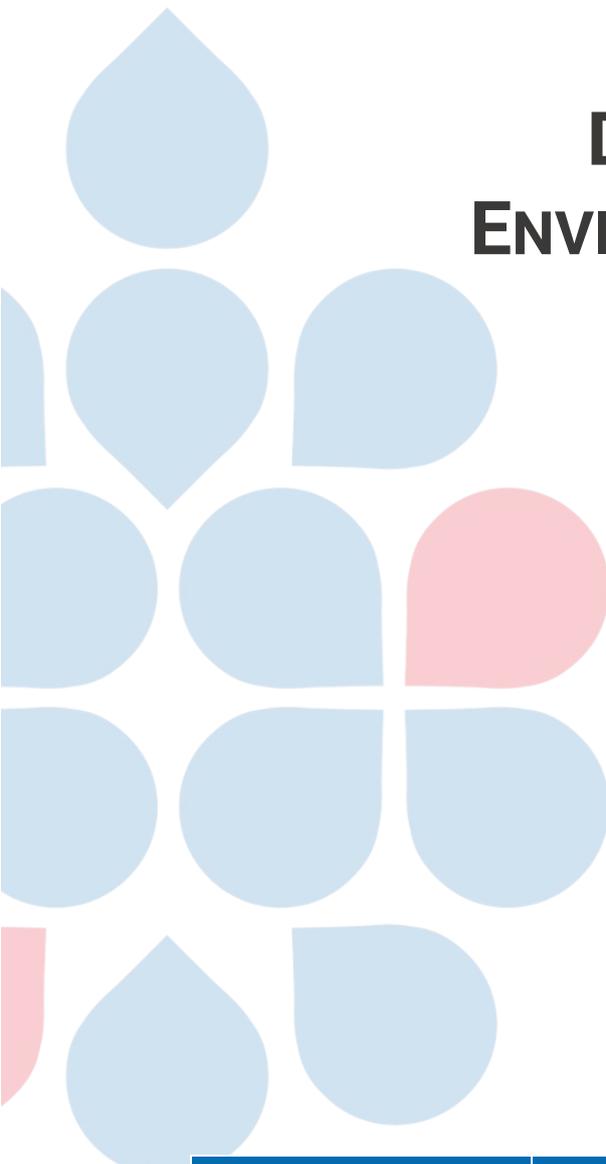


DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS « LES SOURCES 1 »

1. Description du projet



DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS « LES SOURCES 1 »

1. Description du projet

Référence interne	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
LS1_AE_001_Doc1_V1	Olivier Seibel	Clio Bosia Jérôme Jacquemont	Guillaume Borrel

Date	Destinataire	Organisme
21/12/2023	Mme la Préfète	Préfecture du Bas-Rhin
21/12/2023	Mme Jacquot	DREAL – Grand Est



TABLE DES MATIERES

1	Introduction.....	1
2	Rappel de la phase d'exploration.....	2
2.1	Travaux préliminaires de préparation du site.....	2
2.2	Appareil de forage.....	4
3	Valorisation de la chaleur géothermale	6
3.1	Exploitation de la boucle géothermale	6
3.1.1	Pompe de production.....	7
3.1.2	Échangeurs de chaleur.....	8
3.1.3	Pompes d'injection.....	10
3.1.4	Unités de filtration	10
3.1.5	Séparateur et stockage d'eau géothermale.....	10
3.2	Réseau de chaleur et débouchés.....	11
3.2.1	Localisation du réseau de chaleur	11
3.2.2	Composition technique du réseau de chaleur	11
3.2.3	Consommation de chaleur.....	12
3.2.4	Paramètres du réseau.....	14
4	Valorisation du lithium géothermal	15
4.1	Démonstrateur DLE.....	15
4.2	Unité de production de lithium	15
5	Implantation prévisionnelle.....	17
5.1	Plan d'implantation de la centrale.....	17
5.2	Impact paysager	19

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 2.1 : Implantation des travaux en surface.....	3
Figure 2.2 : Appareil de forage de type géothermie sur chantier (Source : photo d'un chantier de DeutscheErdwärme prise par Lithium de France lors d'une visite de site en 2023).....	4
Figure 2.3 : Image des éléments principaux d'un appareil de forage	4
Figure 3.1 : Schéma de principe de la boucle géothermale.....	6
Figure 3.2 : schéma d'une pompe de production ESP (gauche) et LSP (droite) – source NREL traduit par Lithium de France.....	7
Figure 3.3 : Schéma de principe des boucles du réseau de chaleur.....	12
Figure 3.4 : Philosophie d'implantation du projet de Lithium de France	13
Figure 5.1 : Implantation prévisionnelle de la future centrale géothermique et d'extraction de lithium du projet « Les Sources 1 ».....	18
Figure 5.2 : Croquis de structure architecturale de la centrale géothermique	19
Figure 5.3 : Principe architectural envisagé d'Ouest en Est des bâtiments de boucle géothermale, d'accueil et du bâtiment d'extraction du lithium	19
Figure 5.4 : Principe architectural du futur site du projet « Les Sources 1 »	20

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 3.1 : Caractéristiques physiques moyennes attendues pour GS1A-GS1B (Bosia et al., 2021)...	8
Tableau 3.2 : Composition chimique attendue (Bosia et al. 2021).....	9
Tableau 3.3 : Composition des gaz contenus dans le fluide géothermal (Bosia et al. 2021).....	9

1 INTRODUCTION

Lithium de France, premier opérateur français indépendant de chaleur et de lithium géothermal, vise à développer son premier projet d'exploitation de fluide géothermal sur son PER « Les Sources » dans le nord de l'Alsace.

Le projet « Les Sources 1 », objet du présent document, correspond à un premier maillon d'un projet global de développement et d'indépendance des besoins de chaleur dans le nord de l'Alsace. Il existe un certain nombre d'entreprises sur le territoire d'Alsace du Nord portant un intérêt certain pour la chaleur géothermale afin d'alimenter leurs infrastructures. Un travail de démarchage a été entrepris depuis deux ans par Lithium de France pour commencer à quantifier et caractériser le potentiel d'enlèvement de chaleur. Ainsi, sur l'emprise de son PER « Les Sources », plus d'une centaine de cibles potentielles de consommation de chaleur actuellement installées sur le territoire ont été identifiées et démarchées. Ces besoins de chaleur peuvent être complétés par des consommations de chaleur potentiellement relocalisables dans le territoire grâce à l'attrait de la chaleur fournie par le projet.

Le modèle d'affaire de Lithium de France est construit sur la valorisation conjointe des calories et du lithium extraits des saumures circulant dans les formations géologiques profondes de la région. **Néanmoins, la production de chaleur est à elle seule suffisante pour la viabilité du projet d'un point de vue économique.** La production de lithium est, quant à elle, encore en phase de développement, sa maturité industrielle est projetée à l'horizon 2027-2028.

Ainsi, les calories vont être extraites de la saumure à 130-150°C provenant des puits producteurs afin d'alimenter un circuit secondaire de transport de chaleur. La saumure refroidie va ensuite transiter à travers des colonnes remplies d'une matrice d'absorbant en série dans une unité d'extraction du lithium. Une fois refroidie et appauvrie en lithium, elle est réinjectée dans la formation géologique d'origine où elle va se réchauffer et s'enrichir à nouveau en lithium.

Le projet global prévu au droit de la commune de Betschdorf comprend six étapes divisées dans le temps de la manière suivante :

- 1) Réalisation des avant-trous et préparation de la plateforme de forage ;
- 2) Réalisation des forages exploratoires et réalisation des tests de performance des puits ainsi que la mise en place du démonstrateur d'extraction de lithium ;
- 3) En cas de validation des tests de puits, construction de la centrale de géothermie, et mise en place d'un échangeur thermique afin d'alimenter un réseau de chaleur ;
- 4) Création du réseau de chaleur vers les consommateurs de chaleur identifiés ;
- 5) En cas de validation du procédé d'extraction du lithium par le démonstrateur précédemment installé sur site, mise en place du bâtiment d'extraction de lithium au droit du site ;
- 6) En cas de succès des cinq étapes précédentes, dimensionnement d'une usine de purification du lithium pour l'ensemble des projets Nord-Alsace.

La demande d'autorisation environnementale d'ouverture de travaux miniers, objet du présent dossier, a pour objectif de confirmer la présence de ressources géothermales au droit de la cible visée, par la réalisation d'un doublet géothermique allant jusqu'à environ 2 000 - 2 500 mètres de profondeur et ainsi de valider la deuxième étape précédemment citée avec la mise en place d'un démonstrateur d'extraction du lithium sur site.

Ce dossier est soumis à autorisation selon l'article 3 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 :

- TM.A.03.1 « Travaux de recherches et d'exploitation des gîtes géothermiques » ;

2 RAPPEL DE LA PHASE D'EXPLORATION

2.1 Travaux préliminaires de préparation du site

La plateforme de chantier réceptionne l'ensemble du chantier, les forages dans un premier temps, puis l'exploitation du doublet dans un second temps. Avant le lancement des opérations nécessitant une Autorisation Environnementale, il s'agira de préparer le terrain par les moyens de génie civil comprenant la réalisation d'une plateforme à travers des opérations de décapage, de nivelage, de compactage, la mise en œuvre d'une couche de finition en revêtement "voirie lourde" et en fin, la réalisation des avant-trous. Cette plateforme de chantier accueillera :

- La plateforme de forage intégrant la zone des têtes de puits au-dessus de laquelle seront installés l'appareil de forage et l'ensemble de ses organes et équipements ;
- Les zones de circulation ;
- Les aires de livraisons et de stockage des matériaux et équipements ;
- Les bassins de réserve d'eau pour une utilisation technique ou comme équipement de sécurité ;
- Les zones d'arrivées d'électricité et d'eau ;
- Les bureaux et la base vie ;
- Les zones de stockage des eaux usées.

L'ensemble de la plateforme de chantier sera clôturé et sous surveillance.

Parallèlement à la préparation de la plateforme en surface, des tubes guides, ou tubes conducteurs, seront installés dans le but de stabiliser le terrain en surface au niveau de chaque forage et seront conservés au moment du forage des puits profonds. La zone à stabiliser est une zone comprise entre le niveau du sol et les premières couches imperméables que sont les marnes. La profondeur d'installation de ces tubes n'est donc pas connue exactement à ce jour, et pourra être définie précisément après le retour des analyses de sol – et recherche de présence de nappe d'eau superficielle - mandatées par Lithium de France au droit du site.

Ces tubes seront des tubes métalliques étanches d'un diamètre de 750 mm environ, permettant de contenir les apports (eaux de pluies et glissements de terrains) provenant du terrain de surface sur la zone de forage. Ils seront cimentés au pied dans la couche marneuse cible. Leur installation sera réalisée par battage de tube. Cette opération sera réalisée avant la mise en place de la dalle de forage et seront les éléments présentant la position des deux têtes de puits.

La plateforme chantier sera préparée et réceptionnée au préalable à la mobilisation sur site de l'appareil de forage et des différents services d'assistance aux opérations de forage.

La conception de la plateforme inclut les études réglementaires géotechniques, les dispositifs pour drainage et récupération des eaux pluviales et des eaux usées, les dispositifs réglementaires de traitements des eaux usées, les dispositifs de stockage, traitement et collectes des déchets de toutes natures, les moyens de sécurité pour prévention et traitement des nuisances, incidents, incendie, protection de l'environnement et protection des personnels.

Le plan de masse en mode chantier forage est illustré par la Figure 2.1 ci-dessous et résumé ci-après.

1. DESCRIPTION DU PROJET

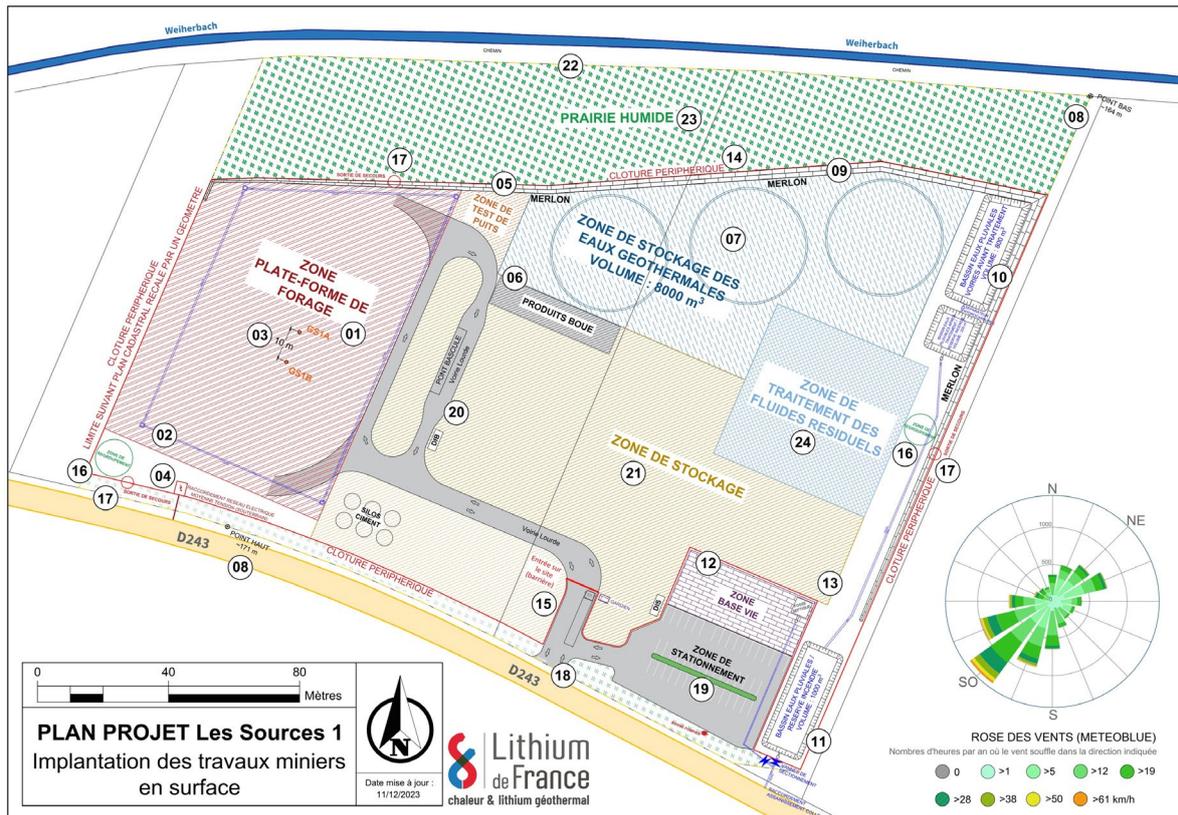


Figure 2.1: Implantation des travaux en surface

- 01 – 02 – 03 – 05 – 06** Plateforme de forage pour accueil de l'appareil de forage et des services d'assistance au forage, globalement centrée sur les emplacements des deux têtes de puits du doublet, zone d'équipements pour tests de puits, zone de stockage de produits
- 07** Bassins géothermaux, stockage d'eau pour les opérations de forage, capacité de stocker les fluides issus des tests de puits (merlon de rétention 09)
- 10 – 11** Bassins de recueillement des eaux pluviales et de ruissellement, déshuileur, bassins incendie
- 18 – 15** Zone d'accès au site
- 20 – 21** Aires de circulation, retournements, livraisons
- 19 – 12 – 13** Aire de stationnement, bureaux et base de vie avec fosse septique
- 08** Représente les points hauts et bas topographiquement
- 14 – 17 – 16** Clôture, sortie de secours, aire de rassemblement
- 04** Alimentation en tension, en eau
- 22 – 23** Bande de dégagement par rapport à la rivière, zone humide confirmée par une étude pédologique et flore réalisée en août et octobre 2023 par un bureau d'expert en environnement. La réalisation de sondages pédologiques a permis de la localiser de façon précise sur site et ainsi de revoir le plan de masse et les projets de réaménagement futurs.
- 24** Zone de traitement des fluides résiduels

2.2 Appareil de forage

Les deux photos ci-dessous montrent les différents équipements existant sur un chantier de forage.

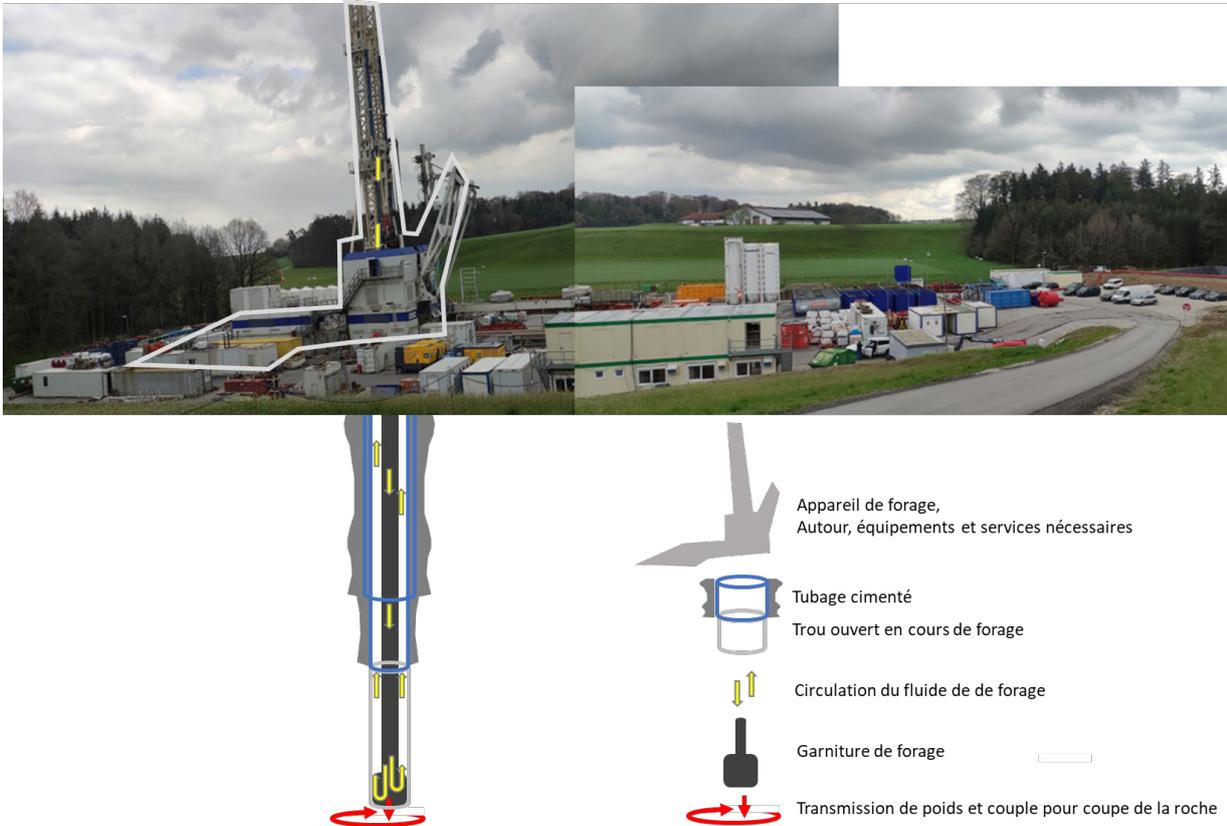


Figure 2.2: Appareil de forage de type géothermie sur chantier (Source : photo d'un chantier de DeutscheErdwärme prise par Lithium de France lors d'une visite de site en 2023)



Figure 2.3: Image des éléments principaux d'un appareil de forage

Les éléments principaux d'un appareil de forage sont décrits ci-dessous :

- L'appareil est utilisé pour conduire en fond de trou des garnitures tubulaires constituées d'outil de forage, équipements divers de forage et tiges de forage pour transmettre couple et poids sur le front de taille et ainsi couper la roche.
- Le fluide de forage (aux spécifications précises en fonction de la température, la nature des formations, la densité requise, les propriétés rhéologiques requises, ...) est injecté dans la garniture tubulaire depuis la surface (pompes de forage et ligne de pompage). Il refroidit le front de taille, lubrifie l'outil, maintient en place les formations géologiques. Il participe à l'évacuation vers la surface des déblais de forage pour nettoyage du puits. Il est le premier moyen de contrôle d'effluent sous pression (eau, gaz, huile).
- De retour en surface, le fluide est traité par des tamis vibrateurs, centrifuges, ... pour éliminer les particules solides puis traité pour maintenir des spécifications permettant leur réutilisation lors des futurs cycles de circulation.
- En tête de puits (non visible sur les figures 2.2 et 2.3, sous le plancher de forage), les puits sont connectés aux équipements de surface pour la continuité mécanique et hydraulique. Des BOP (Bloc Obturateur des Puits) sont installés, permettant la fermeture systématique des puits en cas de venue d'effluent, de surpressions, ...

Les appareils spécialisés pour les utilisations en géothermie, tel que l'appareil B04 de la Société Arverne Drilling Services, retenu par Lithium de France pour ces opérations, sont électriques et hydrauliques, donc silencieux et sans utilisation de moteurs atmosphériques pour la partie centrale des opérations.

3 VALORISATION DE LA CHALEUR GEOTHERMALE

3.1 Exploitation de la boucle géothermale

La Figure 3.1 présente le schéma de principe de la boucle géothermale. Celle-ci se compose essentiellement des éléments suivants :

- Une pompe de production permettant d'augmenter la production de fluide géothermal du puits de production ;
- Un ensemble d'échangeurs de chaleur permettant d'alimenter un réseau de chaleur industriel et rural ;
- Des pompes de réinjection pour renvoyer l'ensemble du fluide géothermal vers le réservoir d'où il a été prélevé ;
- Des unités de filtration ;
- Un séparateur utilisé lors des phases transitoires de démarrage et d'arrêt de la boucle géothermale et lors de certains arrêts intempestifs, avec son bassin de stockage associé.

Ces différents éléments sont présentés plus en détail dans les chapitres suivants. L'unité d'extraction de lithium, décrite plus précisément au paragraphe 4.2 sera quant à elle insérée dans la boucle géothermale en aval des échangeurs de chaleur avant la réinjection du fluide géothermal dans le réservoir. La boucle géothermale sera supervisée en permanence au travers d'une astreinte automatisée informatique, doublée d'une astreinte téléphonique, afin de garantir la mise en sécurité des installations.

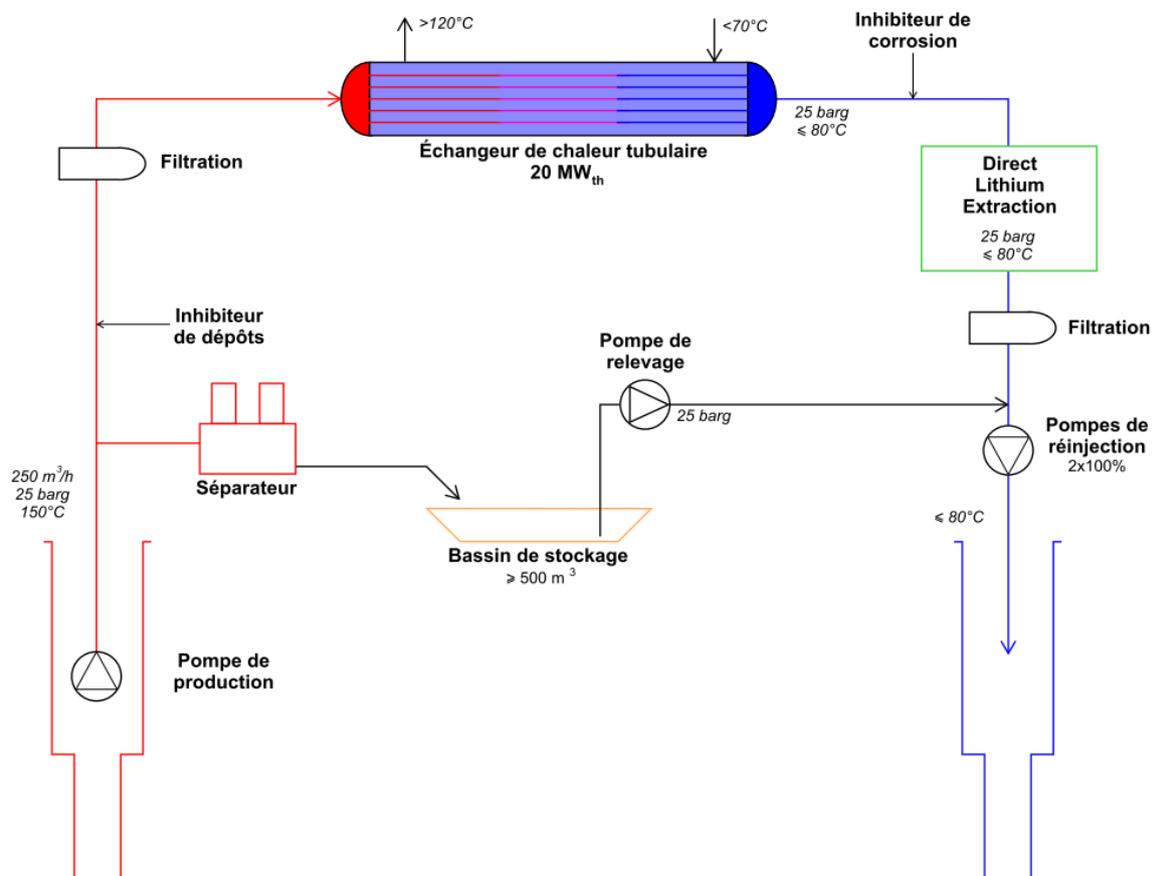


Figure 3.1 : Schéma de principe de la boucle géothermale

L'exploitation de la boucle géothermale telle que décrite dans ce chapitre se fera dans un premier temps dans le cadre d'un arrêté préfectoral d'essais longue durée afin de valider l'accès et l'utilisation de la ressource avant de déposer une demande de concession.

3.1.1 Pompe de production

L'architecture prévisionnelle des puits GS1A et GS1B présente des chambres de pompage en casing 13" 3/8 suffisamment verticales et larges pour permettre l'installation de deux types de pompes de production, présentées succinctement ci-après :

- **Pompe électro-submersible** (Electrical Submersible Pump – ESP) – le corps hydraulique de la pompe ainsi que le moteur sont installés dans la chambre de pompage du puits, à plusieurs centaines de mètres de profondeur, et reliés à la tête d'exhaure en surface par un tubage de production. Le moteur électrique est alimenté par un câble électrique fixé à l'extérieur de la colonne de production, et est refroidi par le fluide géothermal pompé ;
- **Pompe à arbre long** (Line Shaft Pump – LSP) – le moteur est installé en surface et le corps hydraulique de la pompe est installé à plusieurs centaines de mètres dans la chambre de pompage du puits. Ces deux éléments sont reliés par un arbre de transmission inséré dans une colonne de lubrification, elle-même placée dans les tubages de production jusqu'à la tête d'exhaure.

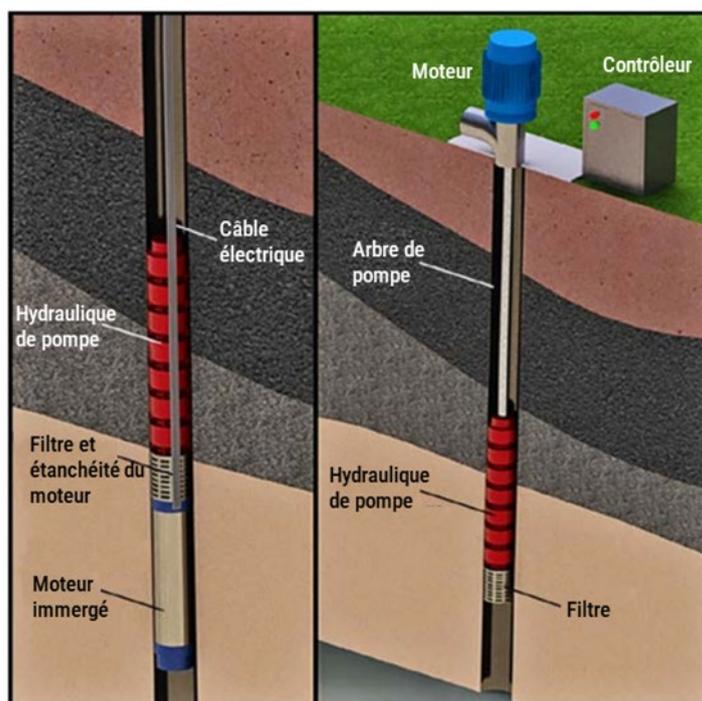


Figure 3.2 : schéma d'une pompe de production ESP (gauche) et LSP (droite) – source NREL traduit par Lithium de France

La profondeur d'installation de la pompe de production sélectionnée dépendra notamment de l'indice de productivité du puits producteur et du débit nominal atteignable en recirculation sur le puits injecteur. Les pompes de type ESP ont une plus grande plage de profondeur d'installation du fait de l'absence de pièces mécaniques mobiles entre l'hydraulique de la pompe et la surface, ce qui permettrait d'installer ce type de pompe au pied des chambres de pompage des puits GS1A et GS1B, soit vers 800 m pour le puits GS1A et 950 m pour le puits GS1B. Les pompes LSP sont quant à elles limitées par la verticalité du puits et les vibrations qui peuvent être générées par la rotation de l'arbre long, ce qui fixe habituellement la profondeur d'installation maximale de ce type de pompe à environ 700 m. Le choix de la technologie de pompe de production n'est pas fixé à ce jour et sera confirmé à l'issue des essais et du développement des puits.

Le débit de production nominal envisagé pour le doublet GS1A/GS1B est de 250 m³/h pour une température prédite de 150°C. La prise en compte de ces paramètres sera ajustée pour le dimensionnement des installations de surface à l'issue des tests hydrauliques des puits GS1A et GS1B. Des équipements de mesures de pression seront intégrés à la tête d'exhaure de la pompe de production afin de suivre la pression dans l'espace annulaire de la pompe de production et le niveau du miroir d'eau dans le puits en fonction du débit de fonctionnement de la boucle géothermale. Des points de prélèvement de l'eau géothermale seront également prévus pour pouvoir suivre au cours du temps l'évolution de la qualité du fluide géothermal (TDS - Total Dissolved Solids, GLR - Gas Liquid Ratio, pH, CE - Conductivité Électrique, etc.).

Dans le cas d'une pompe de production LSP, l'arbre de transmission transférant le travail du moteur électrique à l'hydraulique de la pompe est lubrifié avec une huile minérale résistante aux conditions opérationnelles du puits de production. Cette lubrification est faite à huile perdue, ce qui signifie que l'huile de lubrification injectée dans la colonne de lubrification est rejetée dans l'espace annulaire formé par la colonne de production de la pompe et le cuvelage de la chambre de pompage, au-dessus du corps hydraulique de la pompe. Cette huile de lubrification étant moins dense que le fluide géothermal, elle s'accumule en surface de cet espace annulaire et remplace petit à petit le fluide géothermal contenu dans cet espace. Ainsi, pour éviter d'aspirer cette huile de lubrification avec la pompe de production et de la faire circuler dans la boucle géothermale, il est nécessaire de stopper ou de ralentir la production géothermale à intervalle régulier afin de mettre l'espace annulaire de la pompe de production en production artésienne pour récupérer l'huile de lubrification et la retraiter dans une filière adaptée.

3.1.2 Échangeurs de chaleur

L'objet primaire de la boucle géothermale présentée sur le schéma de la Figure 3.1 est d'alimenter un réseau de chaleur à partir d'une ressource fiable, non intermittente et très faiblement émettrice de gaz à effet de serre. Une description plus détaillée du réseau de chaleur envisagé est faite au paragraphe 3.2. La boucle géothermale sera raccordée à un réseau de chaleur au moyen d'un ensemble d'échangeurs de chaleur dimensionnés pour pouvoir être opérés dans les conditions opérationnelles de la géothermie du Fossé rhénan. Les caractéristiques attendues du fluide géothermal exploité dans le cadre du projet Les Sources 1 correspondent à la moyenne des données publiées en 2021 pour la centrale géothermique de Rittershoffen (*Bosia et al. 2021*). Le détail de la composition physico-chimique du fluide géothermal attendue est présenté dans les Tableau 3.1, Tableau 3.2 et Tableau 3.3.

Tableau 3.1 : Caractéristiques physiques moyennes attendues pour GS1A-GS1B (*Bosia et al., 2021*)

Température de production (mini / nominale / maxi)	130°C / 150°C / 170°C
TDS (Total Dissolved Solids)	101 g/L
GLR (Gas Liquid Ratio)	1,2 Nm ³ /m ³
Capacité thermique	3,8 kJ/kg/K
pH	5 à 5,8
Conductivité électrique	96 à 126 mS/cm
Potentiel Redox	-45 à -20 mV

1. DESCRIPTION DU PROJET

Tableau 3.2 : Composition chimique attendue (Bosia et al. 2021)

Élément	Concentration [mg/L]
Na	27 152
Ca	7 814
K	3 694
Cl	61 186
Mg	123
Sr	459
Li	184
SiO ₂	195
SO ₄	168
Br	247
Mn	18
NH ₄	26
As	13
Ba	21
Cs	16
Rb	27
Si	95
B	43
Fe	31
Zn	3,3
P	5,3
F	4,7
I	1,7
Cu	1,3
Ni	0,04
Pb	0,34
Cd	0,02
Sb	0,13
Al	0,04
Cr	0,02
U	0,00004

Tableau 3.3 : Composition des gaz contenus dans le fluide géothermal (Bosia et al. 2021)

Gaz	Part [%]
H ₂ S	-
CO ₂	90,0
N ₂	7,0
CH ₄	2,0
He	0,3
Ar	0,2
H ₂	-
O ₂	-

Lors du transfert des calories du fluide géothermal vers le réseau de chaleur, la diminution de la température du fluide engendre un déséquilibre géochimique à l'origine de la formation de dépôts dans les échangeurs de chaleur. L'utilisation d'inhibiteurs de dépôts injectés à très faible concentration (< 30 ppm) en amont des échangeurs de chaleur permettra de réduire les quantités de dépôts formés, ainsi que de limiter fortement la formation de sulfates de baryum. La majorité des dépôts formés devrait ainsi être composés de sulfures de plomb, d'arsenic et d'antimoine ainsi que d'oxydes de fer et de manganèse (*Chemical Treatment Efficiency on Scaling and Corrosion at Rittershoffen, France, Upper Rhine Graben, Mouchot et al. 2020*). La température en sortie des échangeurs de chaleur sera

probablement supérieure à 50°C afin de limiter l'impact thermique sur le réservoir et éviter la précipitation d'autres types de dépôts, comme des silicates (*Ledéser et al., 2020*¹).

Dans ces conditions physico-chimiques, et en particulier pour un fluide géothermal dont le Gas Liquid Ratio (GLR) est de 1,2 Nm³/m³ avec 90% de CO₂, la pression nécessaire pour maintenir les gaz dissous dans le fluide géothermal est de l'ordre de 18-20 bars. La pression de production visée en tête de puits est donc de l'ordre de 25 barg. Les échangeurs de chaleur de la boucle géothermale seront donc de type tubulaire pour pouvoir résister à la pression, et la métallurgie des tubes sera sélectionnée en fonction de sa capacité à limiter la corrosion et les dépôts générés par le fluide géothermal dans la plage opérationnelle de température prévue pour l'échangeur de chaleur (170°C à 50°C), soit probablement du Super Duplex 2507 (Ravier et al., 2019²).

Enfin, dans la mesure où le potentiel de corrosion du fluide géothermal est plus important lorsque la température diminue, un inhibiteur de corrosion sera injecté dans le fluide géothermal au plus tard au niveau de la tête de puits d'injection à très faible concentration (< 30 ppm) afin de protéger à minima le cuvelage du puits d'injection de la boucle géothermale.

3.1.3 Pompes d'injection

Des pompes de réinjection sont prévues d'être intégrées à la boucle géothermale afin d'assurer la réinjection du fluide géothermal dans le réservoir profond d'où il aura été prélevé. La pression d'injection de ce fluide sera définie en fonction des données de puits acquises après forage et des essais hydrauliques menés sur le doublet afin de respecter les conditions de pression du réservoir et, en particulier pour limiter l'impact sismique du projet Les Sources 1. Ces éléments seront transmis à la DREAL et à la préfecture dans les rapports de fin d'opérations de forage et de développement de puits.

3.1.4 Unités de filtration

Des unités de filtration seront également intégrées à la boucle géothermale, en sortie du puits de production et en amont des pompes de réinjection, afin de protéger des équipements critiques de l'installation. Une première unité de filtration sera installée en amont des échangeurs de chaleur pour capter les éventuelles particules charriées du réservoir à la surface par la pompe de production afin de protéger les tubes des échangeurs contre l'abrasion générée par ces particules. Une seconde unité de filtration sera installée en amont des pompes d'injection pour les protéger contre d'éventuels décollements de dépôts accumulés dans les tubes des échangeurs de chaleur au cours de l'exploitation de la boucle géothermale.

3.1.5 Séparateur et stockage d'eau géothermale

Le dernier équipement majeur de la boucle géothermale est le séparateur, qui sera présent sur site lors de la phase de forage des puits GS1A et GS1B et notamment lors des tests de puits. Un séparateur a pour fonction de passer le fluide géothermal des conditions opératoires du puits de production (température, débit, pression) aux conditions atmosphériques, tout en maîtrisant la vaporisation de l'eau et en canalisant la phase liquide résultant de ce changement de conditions vers un bassin de stockage dédié.

En phase d'exploitation de la boucle géothermale, le séparateur jouera un double rôle. Il sera en effet utilisé dans un premier temps lors des phases transitoires de démarrage de la boucle géothermale en permettant de dégorgier le puits de production vers un bassin de stockage de saumure, que ce soit en production artésienne ou au démarrage de la pompe de production, et ainsi de préchauffer

¹ *Scale Analysis in the Framework of Optimization of Energy Production at the Soultz-sous-Forêts EGS Site, Ledéser et al. 2020*

² *Ravier et al. 2019, Towards an optimized operation of the EGS Soultz-sous-Forêts power plant (Upper Rhine Graben, France)*

progressivement les cuvelages du puits. Dans un second temps, lors des périodes d'exploitation, le séparateur joue le rôle d'équipement de sécurité important du fonctionnement de la boucle géothermale, puisqu'il permet de détourner rapidement le fluide géothermal produit en cas d'incident empêchant sa réinjection (défaut des pompes d'injection, température d'injection trop élevée, défaut de la boucle de transport du réseau de chaleur, etc.). Le séparateur étant un équipement mécanique sans pièces mobiles, il représente une solution de secours très fiable pour éviter de stopper brutalement la production de fluide géothermale et donc l'impact en pression sur le réservoir que ce type d'opération peut entraîner.

Le bassin de stockage d'eau géothermale ainsi produite au travers du séparateur sera dimensionné pour accueillir de l'eau géothermale dont la température variera entre la température ambiante et 100°C. Le volume de stockage minimum de saumure sera fixé lors du choix final de la pompe de production, selon les contraintes de démarrages annoncées par le fournisseur de l'équipement.

3.2 Réseau de chaleur et débouchés

3.2.1 Localisation du réseau de chaleur

Le réseau de chaleur sera réalisé de sorte à pouvoir transporter la chaleur depuis la zone de production d'énergie jusqu'à divers consommateurs de chaleur répartis dans le territoire. Ce réseau sera destiné à un usage multi-consommateurs.

Afin de présenter un fonctionnement le plus sûr possible et qui dérangera le moins possible les populations locales, ce réseau sera enterré, selon un tracé adapté aux conditions de surface telles que la présence de rivières, habitations, réseau routier, zones naturelles, etc. Le trajet de ces canalisations visera à utiliser prioritairement les emprises des voiries des associations foncières. Les profondeurs d'enterrement et distances de sécurité vis-à-vis d'autres réseaux répondront aux critères précisés par les retours de DICT (Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux à proximité de réseaux).

Lithium de France n'est pas dans la capacité de développer les aspects liés au tracé du réseau de chaleur dans ce dossier puisque des études de faisabilité et de dimensionnement sont en cours de réalisation au moment de la soumission de ce dossier.

3.2.2 Composition technique du réseau de chaleur

Le réseau de chaleur sera formé d'une boucle composée de deux canalisations distinctes (Figure 3.3) :

- Une canalisation « aller », ou branche haute température, conçue pour permettre le transport de fluide sous pression dont la température nominale de service se situe entre 130°C et 150 °C voire au-delà en fonction de la température de production du fluide géothermal, ayant pour vocation de porter les calories aux consommateurs principaux de chaleur avec le moins de pertes de température possible,
- Une canalisation « retour », ou branche basse température, permettant le retour du fluide caloporteur refroidi par les consommateurs primaires vers les échangeurs de chaleur. Cette conduite ne véhiculera qu'un fluide dont la température de service se situera entre 90°C et 50°C dépendant de la consommation réelle de chaleur. Des consommateurs de chaleur pourront être raccordés sur cette conduite selon les niveaux de température dont ils auraient besoin.

Le fluide caloporteur utilisé sera de l'eau déminéralisée traitée contre la corrosion, circulant dans ce circuit fermé, ayant pour avantage de ne présenter aucune propriété dangereuse pour l'environnement.

Afin d'assurer la circulation du fluide, des pompes seront en service sur le réseau et auront les fonctions suivantes :

- Une ou plusieurs pompes de circulation principales permettant d'assurer la circulation de l'eau pour évacuer les calories du fluide géothermal ;
- Les pompes de prélèvement haute température pour les clients branchés sur la branche haute température ;
- Les pompes de prélèvement basse température pour les clients branchés sur la branche basse température afin de prélever la fraction correspondante au besoin de la conduite.

Enfin le réseau sera doté des équipements suivants pour son service (non représentés sur la Figure 3.3) :

- Des échangeurs de chaleur afin de fournir la calorie au client final. Au vu de la nature du fluide caloporteur, les échangeurs seront de type échangeur à plaque adapté aux puissances échangées et à la nature des usages. Ce design précis dépendra des spécificités de chaque consommateur ;
- Des vannes et organes de consignation permettant d'isoler les consommateurs afin de permettre les maintenances et arrêts de consommation des branches ;
- Des vannes de régulation permettant l'équilibrage du réseau.

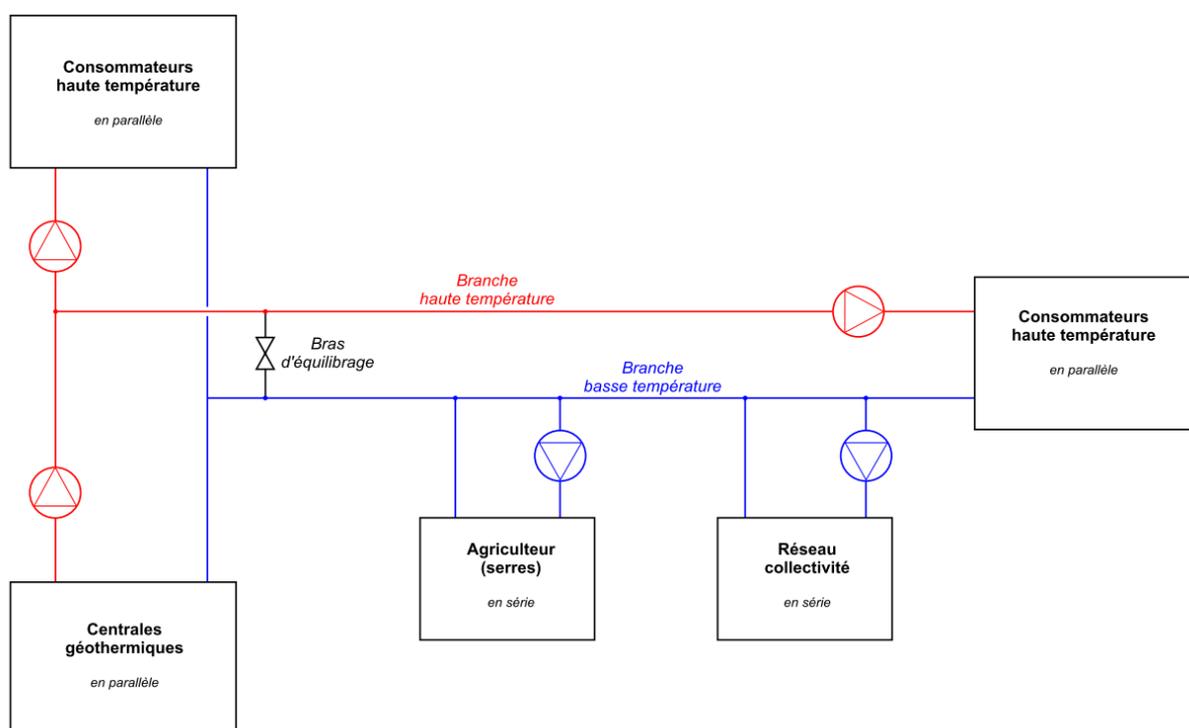


Figure 3.3 : Schéma de principe des boucles du réseau de chaleur

3.2.3 Consommation de chaleur

Le réseau de chaleur permettra la distribution de chaleur à différentes typologies de clients, qui seront raccordés au réseau de chaleur en fonction de la nature de leurs besoins, à savoir :

- Sur la branche haute température :
 - les clients de type industriel consommant de grandes quantités de chaleur à une température élevée tout au long de l'année de façon constante et non saisonnière,
 - Les futurs sites opérationnels de Lithium de France, dont les procédés mettent en œuvre des étapes d'évaporation.

- Sur la branche basse température :
 - Les clients de type collectivité assurant le chauffage de bâtiments publics et collectifs avec des températures de fourniture plus faible ;
 - Les clients de type industriel consommant de la chaleur de chauffage de locaux avec des températures de fourniture plus faible ;
 - Les clients de type agriculteur assurant le chauffage de serres tout au long de l'année ;
 - Les clients de type réseau de chaleur urbain distribuant aux particuliers, à des bâtiments collectifs de bailleurs sociaux et lotissements existants ou à venir de la chaleur (fonctionnement saisonnier).

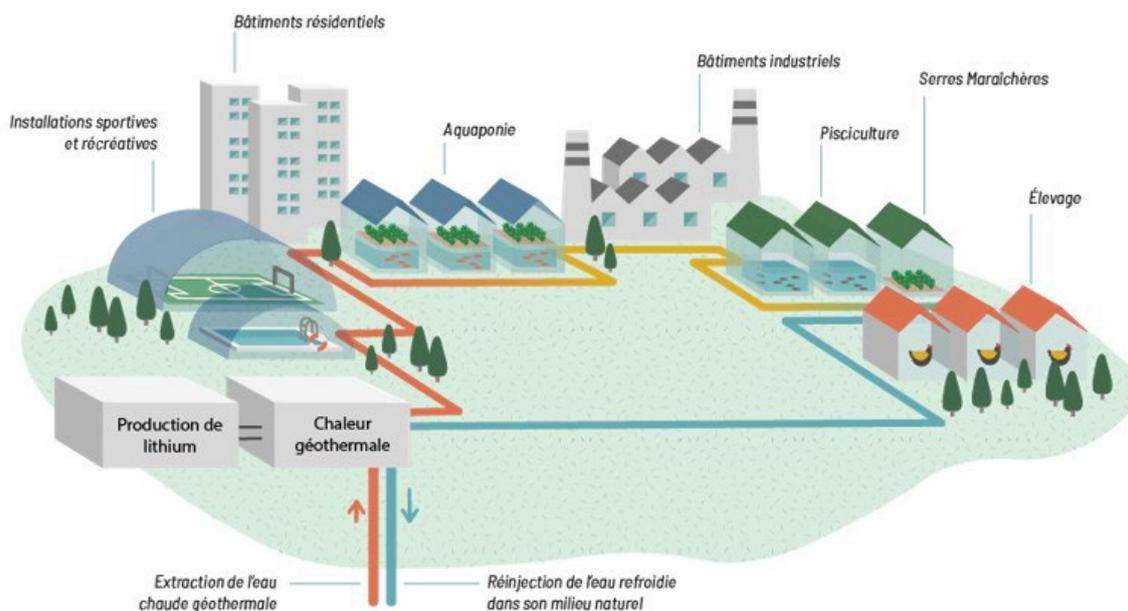


Figure 3.4 : Philosophie d'implantation du projet de Lithium de France

La sélection des consommateurs de chaleur sur la boucle de transport se fera notamment de manière à limiter les variations périodiques de la consommation des calories géothermiques, par exemple saisonnières. En cas de baisse ponctuelle de la consommation des calories géothermiques sur le réseau de chaleur, Lithium de France considère la mise en place d'aérothermes sur la boucle de transport afin d'abaisser la température de réinjection du fluide géothermique et ainsi protéger l'unité d'extraction de lithium et le puits d'injection contre des températures trop élevées. En effet, une température du fluide géothermique en sortie des échangeurs de chaleurs pourrait dégrader le matériau adsorbant de l'unité d'extraction de lithium et engendrer des efforts thermiques importants sur les cuvelages du puits d'injection.

Si les consommateurs identifiés pour être raccordés à la boucle géothermique ne permettent pas d'éviter des variations périodiques prolongées, voire saisonnières, de la consommation de chaleur, il sera également envisagé d'installer de petites unités de production électriques de type ORC (Organic Rankine Cycle) adaptées aux températures disponibles. Ces unités seront conçues afin de ne pas dépasser les seuils de déclaration ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement).

A ce jour et dans l'attente de données réelles des futurs paramètres de production de la centrale géothermique (température et débit), des études sont en cours avec les parties prenantes potentielles afin d'assurer l'enlèvement de chaleur adapté aux conditions d'exploitation de la boucle géothermique.

3.2.4 Paramètres du réseau

Pour une production géothermale de 250 m³/h avec des températures de production de 150°C et une température moyenne de réinjection d'environ 70°C, la puissance thermique disponible sur la boucle géothermale est d'environ 21 MW. La température d'injection sera limitée à 50°C. Hors périodes de maintenance, le réseau de chaleur et la boucle géothermale pourront être en exploitation tout au long de l'année, ce qui correspond à environ 8 000 heures de fonctionnement par an. La quantité d'énergie disponible serait donc de l'ordre de 170 GWh par an.

Afin d'assurer la fourniture permanente de chaleur, même durant les phases de maintenance de l'installation géothermale, un système de sécurité de compensation de fourniture de chaleur est envisagé. Cet équipement sera supervisé 24H/24 au travers d'une astreinte automatisée informatique avec un technicien d'astreinte téléphonique, en capacité d'intervention pour mise en sécurité.

Le réseau sera soumis à une détection de fuite permanente au travers d'un suivi de pression de fluide, adapté aux conditions d'exploitation.

4 VALORISATION DU LITHIUM GEOTHERMAL

Depuis plusieurs années, Lithium de France travaille à l'identification et au développement de la solution technologique la plus intéressante pour la valorisation du lithium géothermal, et à son intégration dans l'ensemble du projet. Ces technologies sont communément dénommées *DLE*, pour Direct Lithium Extraction.

A ce stade, le procédé d'extraction de lithium envisagé, et décrit ci-dessous, est basé sur l'adsorption sur un support solide, une technique adaptée aux contraintes opératoires de la centrale de géothermie. Cette technologie a été sélectionnée à la suite des tests de longue durée sur un pilote de laboratoire. Toutefois, d'autres technologies sont toujours en cours d'évaluation, afin d'anticiper d'éventuelles modifications sur la feuille de route suivie actuellement.

Une analyse de cycle de vie est systématiquement réalisée afin d'évaluer, entre autres, l'impact carbone de chaque variante étudiée.

4.1 Démonstrateur DLE

Dans le cadre du développement de ses activités, Lithium de France compte installer au moins une unité de démonstration DLE. La ou les unités de démonstration DLE auront notamment pour objectif de valider le choix de la technologie DLE à déployer dans la future unité de production de lithium, de tester et d'améliorer le procédé de mise en œuvre d'extraction de lithium en continu, d'évaluer le comportement de cette technologie en conditions réelles (saumure réelle, température, pression, etc.), et de fixer les paramètres de dimensionnement de la future unité de production de lithium. Le détail de chaque unité de démonstration envisagée ainsi que la nature des tests programmés seront soumis aux autorités compétentes au fur et à mesure de leur conception et avant toute mise en œuvre sur le terrain.

4.2 Unité de production de lithium

A l'issue de la phase probatoire, une unité d'extraction du lithium à partir de la saumure sera implantée en aval des échangeurs de chaleur de la boucle de géothermie (Figure 3.1). Cette unité sera composée de plusieurs colonnes à lit fixe remplies de matériau adsorbant. Ainsi, la saumure géothermale refroidie passera à travers cette unité, où le lithium sera capté sélectivement par l'adsorbant et la saumure appauvrie en lithium sortant des colonnes sera dirigée vers le puits de réinjection. Lorsque le matériau adsorbant devient saturé en lithium, il est rincé à l'eau déminéralisée dans un premier temps. Ensuite, il rentre en une phase d'élution où le lithium accumulé dans la colonne est relargué dans l'eau déminéralisée ou dans une solution contenant une faible quantité de chlorure de lithium. Ainsi, à la fin de l'étape d'élution le matériau est régénéré pour un nouveau cycle d'extraction. L'alternance entre les étapes d'adsorption et d'élution sera régulée grâce à des vannes automatiques selon la durée bien déterminée de chaque étape.

Afin de permettre de traiter tout le débit de la saumure et de maximiser les rendements d'extraction, plusieurs colonnes seront placées en série et en parallèle. Le nombre et la taille optimale des équipements seront déterminés lors de la phase de tests sur le démonstrateur placé sur site (section 4.1). A ce jour, Lithium de France prévoit de concevoir un procédé d'extraction du lithium tout en respectant les caractéristiques opérationnelles imposées par le site de géothermie, notamment en termes de pression opératoire. Cependant, la faisabilité d'opérer à pression atmosphérique tout en maîtrisant les impacts environnementaux engendrés est en cours d'études.

L'éluat riche en lithium produit par le procédé DLE sera traité pour produire des sels de lithium de qualité batterie, et l'eau utilisée pour la production de cette solution sera récupérée et recyclée pour être réutilisée en boucle fermée dans le procédé d'extraction du lithium. Compte-tenu de la nature du procédé d'extraction du lithium sélectionné, un effluent d'eau salée sera également produit lors de l'étape de rinçage des colonnes d'extraction. Cet effluent sera lui aussi traité pour réduire son volume et pour recycler l'eau afin de la réintégrer dans le procédé DLE en boucle fermée dans le procédé d'extraction. Une solution résiduelle concentrée en sels provenant initialement de la saumure

1. DESCRIPTION DU PROJET

géothermale et issue du recyclage des eaux de process du procédé DLE sera réinjectée dans le réservoir. Cette part d'eau de procédé n'excédera pas 1,5% du volume d'eau géothermale injecté, soit moins de 4 m³/h de consommation d'eau, correspondant à une consommation annuelle d'eau du projet Les Sources 1 d'environ 32 000 m³. La gestion du paramètre de rinçage fait l'objet d'optimisation pendant les tests au laboratoire et ultérieurement lors de la phase démonstrateur. Vu le caractère intermittent du rinçage de colonnes, un stockage intermédiaire de cet effluent est prévu sur le site en respectant les précautions de protection environnementale.

En plus des équipements d'extraction du lithium, des unités supplémentaires de purification et de concentration de la solution enrichie en lithium (appelée « éluat ») sont projetées d'être implémentées sur le site d'extraction. Ces procédés, qui sont aujourd'hui en cours de sélection, auront pour objectif de réduire le volume d'éluat et de recycler la majeure partie de l'eau pour l'usage interne dans le procédé tout en évitant la génération de déchets sur site.

Ainsi, l'éluat concentré pourra être acheminé vers un site centralisé de traitement du lithium en vue de produire des sels de lithium de qualité batterie. Parmi les étapes ultérieures, la solution riche en lithium sera d'abord traitée afin d'enlever les impuretés résiduelles et ensuite afin de concentrer davantage la solution. A ce stade, le lithium dissout, jusque-là sous forme de chlorures, sera converti et précipité sous forme de carbonate de lithium ou d'hydroxyde de lithium de haute pureté, conformes aux exigences de la fabrication des batteries. A titre informatif, le projet « Les Sources 1 » vise à produire de l'ordre de 1 500 tonnes LCE (carbonate de lithium équivalent) par an.

5 IMPLANTATION PREVISIONNELLE

5.1 Plan d'implantation de la centrale

La Figure 5.1 présente le plan d'implantation prévisionnel de la future centrale géothermique et d'extraction de lithium tel qu'imaginé dans l'état actuel du développement du projet « Les Sources 1 ». Ce plan d'implantation a été réalisé à partir du plan de masse projeté pour la phase de forage présentée dans le document 10 de cette Autorisation Environnementale d'Ouverture de Travaux Miniers, et sera amené à être amendé à la fois en fonction des évolutions potentielles de l'organisation de cette plateforme de forage, et de l'avancement du projet global de Lithium de France pour « Les Sources 1 » en termes notamment de choix de technologie et d'implémentation des procédés d'extraction de lithium, décrits au paragraphe 4.2. Toutes les évolutions seront transmises à la DREAL et à la préfecture.

Le plan d'implantation prévisionnelle présenté en Figure 5.1 présente ainsi les éléments principaux suivants :

- Les puits de géothermie GS1A et GS1B, issus de la phase de forage du projet Les Sources 1. Ces puits sont centrés sur une zone libre d'installations pérennes afin de pouvoir envisager de remobiliser un appareil de forage lors d'une phase ultérieure d'intervention sur les puits, sans nécessiter de modifications majeures du site opérationnel comprenant la boucle géothermale et l'unité DLE ;
- La boucle géothermale située au plus proche des puits de géothermie, telle que décrite dans le paragraphe 3.1, avec des aérothermes à l'arrière du bâtiment pour évacuer occasionnellement la chaleur géothermale ;
- L'usine DLE d'extraction de lithium et ses auxiliaires de fonctionnement ;
- Un bâtiment tertiaire abritant à la fois les salles de contrôle des installations et les locaux techniques support aux activités du site (vestiaires, sanitaires, atelier, etc.) et des locaux d'accueil du public afin de pouvoir présenter les activités de Lithium de France tout en garantissant la sécurité des personnes présentes sur site ;
- Des bassins de stockage d'eau géothermale et de préparation de saumure de tuage des puits en cas d'intervention sur les puits, avec une zone de stockage de sel couverte pour toujours avoir une quantité de sel suffisante présente sur site pour le tuage rapide des puits ;
- Des bassins de collecte et de traitement d'eau pluviale ;
- Des places de stationnement proches de l'entrée du site et une voie de circulation périphérique permettant aux divers véhicules nécessaires aux opérations de maintenance courantes et occasionnelles d'accéder aux différentes parties du site.

L'accès au site se fera par la route départementale D243 au sud du terrain, par une voie d'accès avec un « Stop » permettant aux véhicules de limiter l'impact sur le trafic routier aux abords du site et jugé plus sécuritaire par la DDT que des voies d'insertion.

1. DESCRIPTION DU PROJET

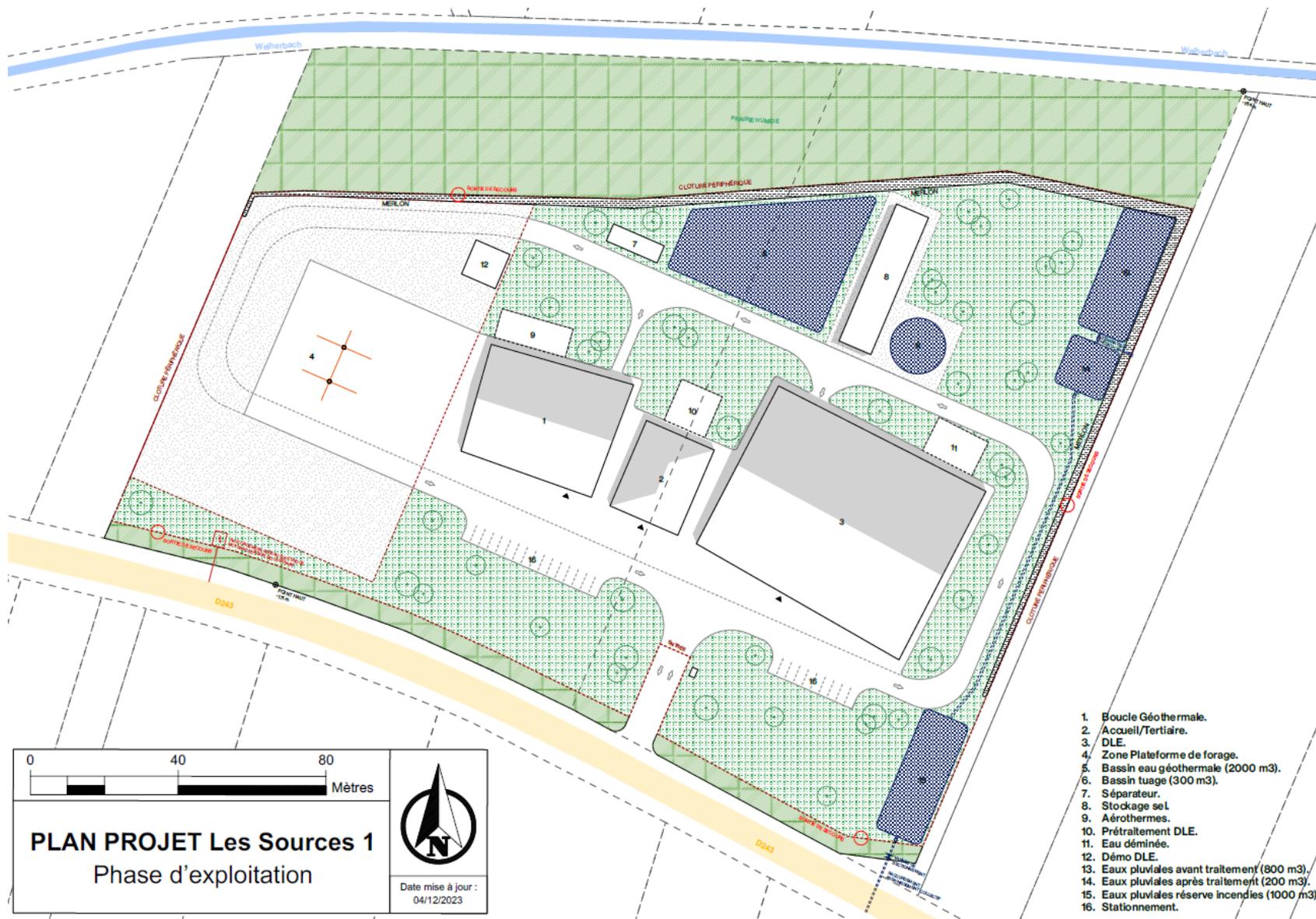


Figure 5.1 : Implantation prévisionnelle de la future centrale géothermique et d'extraction de lithium du projet « Les Sources 1 »

5.2 Impact paysager

L'architecture dessinée et l'idée qu'elle suppose expriment les intentions de Lithium de France d'une proposition vernaculaire qui mélange le rationalisme des constructions industrielles et la typologie traditionnelle des maisons alsaciennes.

Le projet, lui-même, se divise en deux grandes interventions : la conception des architectures et l'aménagement paysager. Bien qu'elles diffèrent en échelle, ces interventions émergent des mêmes intentions et logiques : concevoir un ensemble industriel qui établisse un lien harmonieux avec son environnement. Pendant presque un an, un collaborateur de Lithium de France diplômé de l'école d'architecture de Strasbourg a travaillé sur l'intégration du futur site de production de chaleur et de lithium géothermal dans le paysage Nord-Alsace et notamment au droit du site identifié.

Pour la centrale géothermique, les codes de construction alsaciens seront retenus, à savoir des façades en terre et en pierre, une structure en bois ainsi qu'une base murale en grès. Les matériaux de construction seront locaux afin d'éviter l'importation de matériaux lointains et de préserver l'identité culturelle de l'Outre-Forêt.

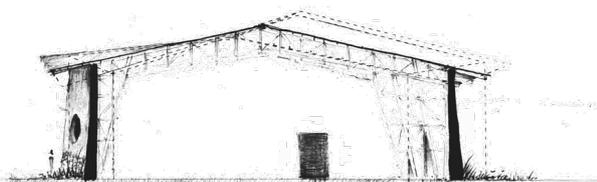
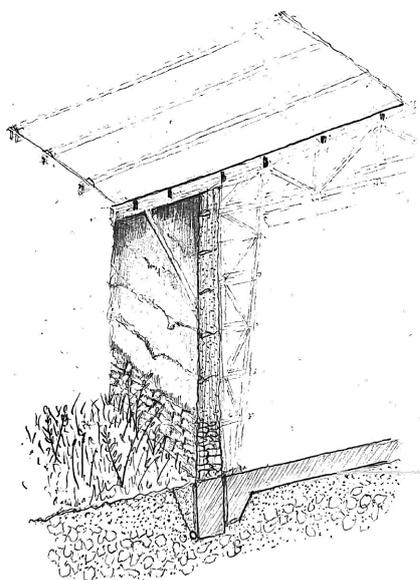


Figure 5.2 : Croquis de structure architecturale de la centrale géothermique

L'aménagement paysager s'inspire de la distribution et la répartition des espaces ruraux en Alsace. On parle ici des atouts paysagers, dont les ripisylves, les prairies et les lisières, pour embellir le paysage et fertiliser les sols. Ainsi, le dessin d'un jardin sylvestre est proposé pour abriter les architectures imaginées. L'idée n'est pas de bétonner toute la parcelle, mais de faire un jeu mélodique entre le milieu industriel et le milieu naturel.



Figure 5.3 : Principe architectural envisagé d'Ouest en Est des bâtiments de boucle géothermale, d'accueil et du bâtiment d'extraction du lithium

Le principe architectural envisagé pour le projet a ensuite été étendu à l'échelle du site en prenant en compte les contraintes du Plan Local d'Urbanisme (PLU) et en souhaitant valoriser et restaurer une zone humide identifiée sur les parcelles. Environ 1 hectare de terres agricoles sera ainsi transformé en prairie

1. DESCRIPTION DU PROJET

riche en flore spécifique des zones humides mais également afin d'attirer des espèces de faune endémique tel que des espèces de lépidoptères (communément appelés papillons) comme l'azuré de la sanguisorbe ou le cuivré des marais. L'objectif est de créer un biotope et une biocénose favorables à un écosystème type de zone humide. Plus de 50% de la surface du site ne sera pas artificialisée.

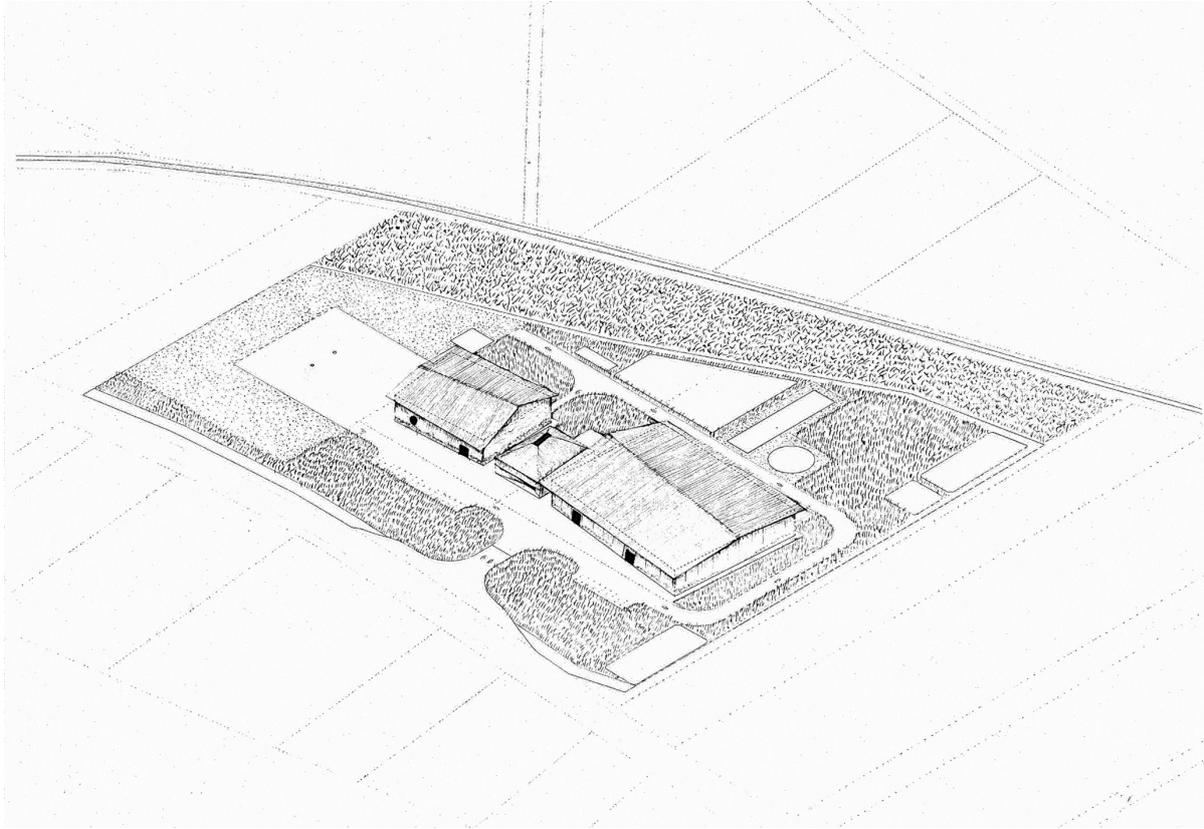


Figure 5.4 : Principe architectural du futur site du projet « Les Sources 1 »

Lithium de France

16 rue des Couturières

67240 Bischwiller

contact@lithiumdefrance.com

