

Suivi des épisodes d'hypoxie et anoxie sur la Loire (2014-2015)

Rapport final

Réf.: A1447-1047

Date: 29/07/2016

Client: GPMNSN



Page blanche

Signatures

	Nom	Société	Signature
Préparé par	Matthieu Jouan	ACRI-HE	
Vérifié par	Nicolas Chini	ACRI-HE	
Approuvé par	Roger Delmas	ACRI-HE	

Version

Version	Contenu	Auteur
1.0	Rapport final	MJ

Liste de diffusion

Destinataire	Organisme/Service	Nombre d'exemplaire	Pour	
			Action	Consultation
LEHAY didier	GPMNSN	1		



Suivi des épisodes d'hypoxie anoxie (Loire 2014-2015)

Réf. : A1440-0069-1047
Date : 29/07/2016
Page : iii

Table des matières

1	INTRODUCTION	1
2	FOURNITURES	2
2.1	REPRÉSENTATION ANNUELLE	2
2.2	REPRÉSENTATION MENSUELLE	4
3	SUIVI ENVIRONNEMENTAL	6
3.1	ANNÉE 2014	7
3.1.1	Données disponibles	7
3.1.2	Exploitation du graphique annuel	7
3.1.3	Exploitation des graphiques mensuels	7
3.2	ANNÉE 2015	15
3.2.1	Données disponibles	15
3.2.2	Graphique annuel	15
3.2.3	Graphiques mensuels	15
4	CONCLUSION	23

1 Introduction

En période estivale, l'estuaire de la Loire présente régulièrement des niveaux de concentration en oxygène dissous très bas. Ces conditions hypoxiques, mais surtout les périodes d'anoxie qui se présentent régulièrement, sont néfastes pour l'écosystème. Elles sont le signe d'une qualité de l'eau dégradée et peuvent provoquer des mortalités massives de poissons.

La zone d'oxygène minimum se situe au niveau du maximum de turbidité, dans le bouchon vaseux. Dans ce secteur de confluence hydrologique, se concentrent d'importantes quantités de matières organiques qui consomment l'oxygène disponible en se dégradant. Quand les débits sont faibles, le manque d'eau fluviale oxygénée ne permet pas le maintien de bonnes conditions d'oxygénation. De plus, le bouchon vaseux remonte, en déplaçant et en étendant vers l'amont la zone hypoxique.

Parallèlement à ces conditions environnementales difficiles, le GPMNSN doit entretenir le chenal de navigation et les souilles pour permettre le passage et le stationnement des navires. Par ces activités de dragages, le Port provoque un certain niveau de remise en suspension des sédiments. Potentiellement, cette turbidité générée par l'activité de dragage peut accroître la quantité de MES dans le bouchon vaseux et favoriser localement des baisses de concentration en oxygène dissous. Pour mieux comprendre ces effets, le GPMNSN réalise des études d'impacts et des campagnes de mesures scientifiques pour suivre l'effet des travaux de dragage sur le milieu.

Dans ce cadre, le GPMNSN a mandaté la société ACRI-HE pour analyser les chroniques de données disponibles sur l'estuaire. A cette fin, un outil de représentation des données a précédemment été mis en place permettant de synthétiser les évolutions du milieu et les activités de dragage à des échelles annuelles et mensuelles. L'objectif de ces mises en forme n'est pas de travailler sur des processus complexes et une causalité directe entre les paramètres présentés, mais bien de synthétiser dans l'espace et le temps une succession d'états d'oxygénation de la masse d'eau, d'activité de dragage et de mortalité de poissons

Le présent rapport s'inscrit dans la continuité des précédentes études qui avaient conduit à l'analyse des conditions environnementales sur les périodes 2007 à 2013. La méthodologie de ces études est ici reprise et se focaliser les périodes estivales des années 2014 -2015.

2 Fournitures

2.1 Représentation annuelle

La représentation annuelle se base sur les paramètres suivants :

- données mensuelles de dragage,
- moyennes journalières d'oxygène dissous à chaque station SYVEL (Donges, Paimboeuf, Cordemais, Le Pellerin, Trentemoult, Bellevue),
- température à Cordemais,
- débit à Montjean-sur-Loire,
- coefficients de marée.

Toutes ces données sont représentées en fonction de la date en abscisse.

Les périodes d'hypoxie et d'anoxie sont représentées par des barres verticales centrées au PK de la station SYVEL correspondante. Arbitrairement, il a été choisi de prolonger la zone hypoxique/anoxique sur 5 km de part et d'autre du PK de la station SYVEL. Dans le cas où plusieurs stations successives montreraient une hypoxie/anoxie, la zone hypoxique/anoxique est prolongée entre ces stations. Ces choix peuvent être discutés.

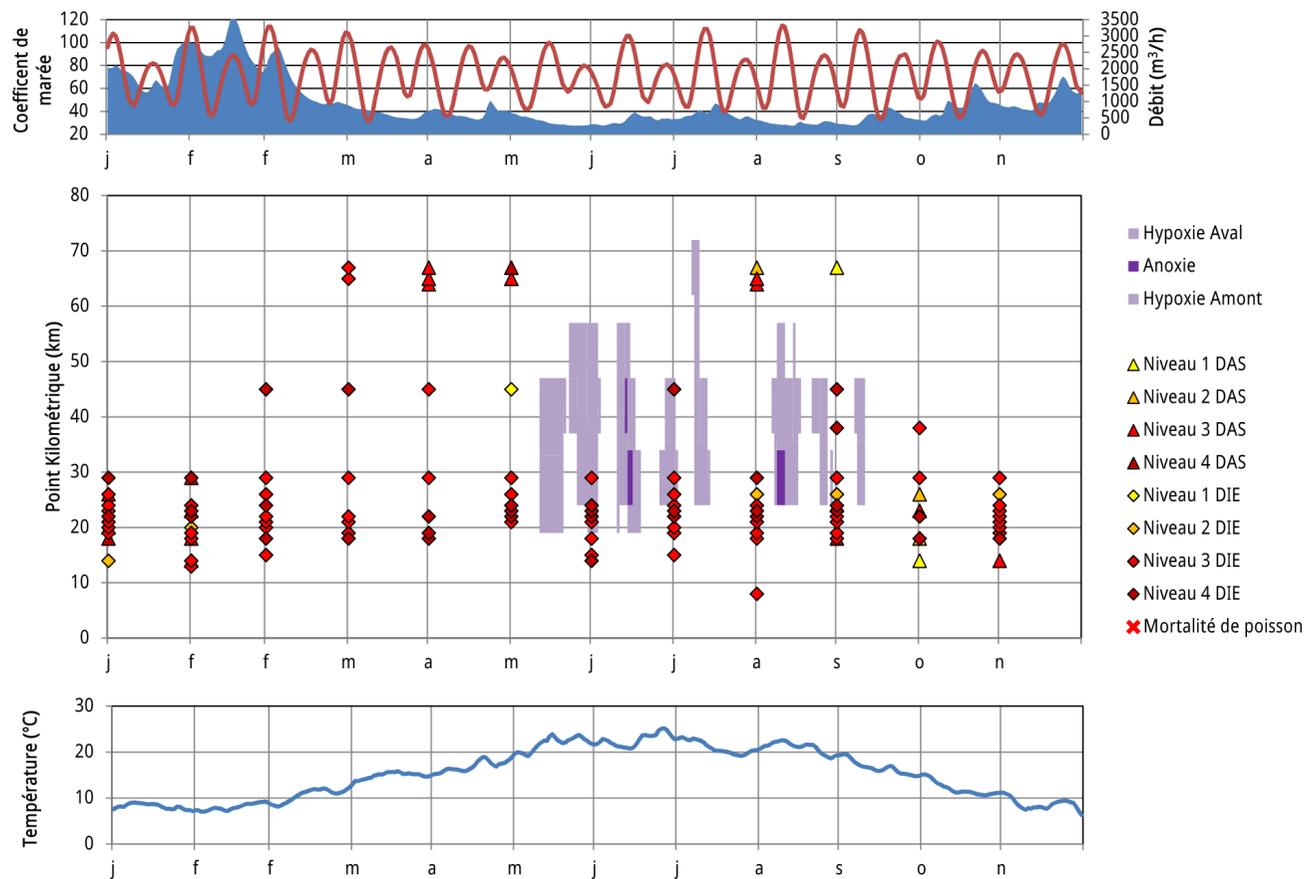
Les données de dragage sont représentées selon l'intensité et la technique employée par un symbole, placé au PK correspondant au site dragué.

Les conditions hydrodynamiques sont également présentées (le coefficient de marée et le débit), ainsi que les variations de la température.

GPMNSN

Suivi Anoxie et mortalité de poisson

ACRI-HE



2.2 Représentation mensuelle

La représentation mensuelle reprend en partie la méthode utilisée pour la représentation annuelle.

Dans le graphique principal au centre, les périodes d'hypoxie/anoxie sont établies à partir d'une moyenne horaire. Un exemple pour le mois de juillet 2010 est présenté dans la figure suivante.

Le dragage est toujours représenté par un symbole correspondant à la technique employée et à son intensité. Les paliers de passage d'une couleur à une autre sont à discuter, mais définis par des valeurs plus basses que pour la représentation annuelle, le volume considéré étant prélevé en un jour.

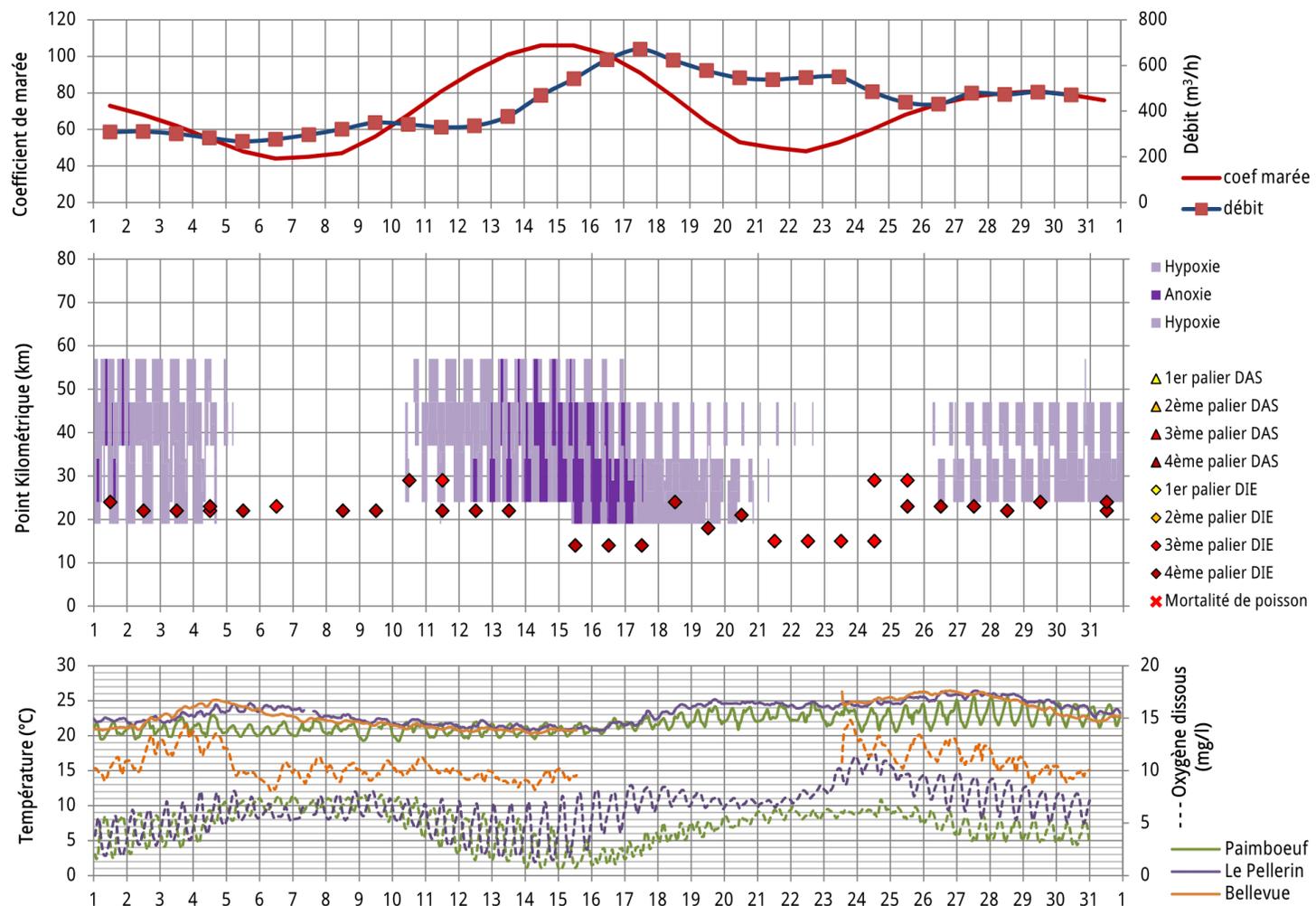
Dans les graphiques secondaires, la température est représentée selon une moyenne horaire, la variation sur une journée étant importante. Les données des stations SYVEL en amont (Paimboeuf, puis Donges à partir de 2011), au milieu (Le Pellerin) et en aval (Bellevue) de la zone de mesure sont représentées pour plus de précisions.

Pour les conditions hydrodynamiques, le débit fluctuant peu sur une journée, une moyenne journalière est conservée.

GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons

ACRI-HE



3 Suivi environnemental

Les données du réseau de mesures SYVEL nous ont été transmises avec des codes de validité que nous n'avons pu exploiter. Contrairement aux années 2007 à 2013, les codes de validité proposés n'ont pu être calculé par le GIP LE. Les données ont été fournies avec de nouveaux codes : datastate et quality. Ces codes sont internes au GIP LE et leur utilisation pour qualifier la donnée pour publication n'a pu être obtenu auprès du GIP LE. Les codes de qualité également fournis ont été introduits dans la base de données, et sont ainsi disponible pour une éventuelle prise en compte future. Le code intégré dans la base de données est la concaténation des deux codes datastate et quality. Ils forment ainsi de nouveaux codes de validation ajoutés aux existants.

Exemple de la température à Bellevue

PLATFORM_ID	PARAMETER_ID	MEASURE_DATE	VALUE	DATASTATE_CODE	QUALITY_CODE
2	44	2014-01-18 13:02:34	999	2.0	4.0

Exemple de la MES au Pellerin

PLATFORM_ID	PARAMETER_ID	MEASURE_DATE	VALUE	DATASTATE_CODE	QUALITY_CODE
4	52	2014-07-02 14:17:01	5.34398	1.0	1.0
4	52	2014-07-02 14:27:01	0.82945	1.0	1.0
4	52	2014-07-02 14:37:01	5.34965	1.0	1.0

Lors du tracé des graphes, les données ne sont triées que selon des critères simples déduits des problèmes d'échelle à l'affichage :

- Température < 30°C
- Oxygène dissous <30mg/l

Ces « filtres » permettent de ne pas afficher les valeurs de 999. Compte tenu des incertitudes sur les mesures SYVEL, l'exploitation de ces données doit être réalisée avec précaution. Une première analyse de ces données est toutefois présentée. Les efforts entrepris par le GIP Loire Estuaire pour valoriser les données SYVEL permettront de discuter les résultats exposés dans les paragraphes suivants..

Par ailleurs, de nouveaux points de dragages ont été rajoutés dans la base de données, certains sont situés au même PK que d'autres déjà existants. Quand seule l'orthographe varie, ceux-ci ont été modifiés. Cela ne gêne pas l'utilisation de la base de données par le graphique, celui-ci utilisant le PK.

3.1 Année 2014

3.1.1 Données disponibles

- Débit : fournis
- SYVEL : dans l'attente d'une validation complète des données SYVEL, le graphique par paramètres n'est pas produit. L'examen des fichiers Excel pendant l'analyse révèle plusieurs manquements.
- Coefficient de marée : fournis par le GPMNSN
- Données de dragage du GPMNSN : fournies par le GPMNSN

3.1.2 Exploitation du graphique annuel

Le graphique annuel montre peu de périodes d'anoxie. Ces épisodes sont mesurés au niveau de Paimboeuf essentiellement et de Cordemais. Les périodes d'hypoxie s'étendent du mois de mai à septembre. Il est à noter que le mois de juillet n'a connu qu'une courte période d'hypoxie, et pas d'anoxie. Ces périodes correspondent à des températures moyennes au-delà de 20°C. Le débit est globalement élevé et reste fort en juillet et août, entre 500 et 1000 m³/s. Il est encore assez fort en juin, début des anoxies.

Les dragages par injection sont plutôt intenses de mai à juin (niveau 4) tandis que la drague André Legendre est inactive en juin et juillet.

3.1.3 Exploitation des graphiques mensuels

Le graphe annuel montre que la baisse d'oxygène apparaît dès le mois de mai, jusqu'au mois de septembre. De plus lors de ces mois des travaux d'entretien des chenaux ont été mis en évidence dans les zones affectées par les anoxies. Les épisodes présentant un risque d'interactions entre dragage et anoxie sont étudiés plus précisément en produisant les graphiques mensuels correspondants.

❖ Juin 2014

Deux épisodes hypoxiques sont observables pour le mois de juin 2014 :

- Du 13 au 17/06
- du 25 au 30/06

Lors du premier épisode, les taux d'oxygène très faibles sont mesurés à Donges principalement et à Cordemais. Le seuil de 2mg/L est atteint, mais l'anoxie peut être qualifiée de modérée. Cet épisode se produit lors d'une vive eau. La station intermédiaire de Paimboeuf a enregistré des données supérieures au seuil d'anoxie. On peut donc dissocier les anoxies des 2 sites touchés. Par ailleurs, à cette période les activités de dragages sont réduites à quelques travaux par la DAS au niveau de Trentemoult. Le dragage n'est a priori pas lié à ces anoxies.

Après la période de morte-eau, un second évènement d'anoxie survient à partir du 25/06. Cette fois, il s'est légèrement déplacé vers l'amont, touchant les stations de Paimboeuf au Pellerin. Dans ce cas, la

zone touchée peut être continue ; les 3 stations sont touchées, il n'y a pas d'augmentation du taux d'oxygène entre les stations amont et aval. Les dragages à ces dates ne sont pas importants.

Pour ce mois de juin, les anoxies apparaissent pour des débits inférieurs à 400m³/s.

❖ Juillet 2014

Un épisode principal apparaît en juillet 2014 :

- Du 12/07 au 17/07

Durant ce mois, seule la drague Milouin est en activité au niveau de Donges. Le mois de juillet est marqué par 2 épisodes d'anoxie, dont le premier est dans la continuité du mois de juin. Le deuxième épisode, plus marqué, est maximal entre Donges et Paimboeuf. Il a lieu durant des marées de vive eau. La teneur en oxygène est proche de 1mg/l (16/07), voire inférieure à Donges (16/07). A Paimboeuf, les valeurs sont aussi de l'ordre de l'unité à cet instant. Plus en amont, au Pellerin, une anoxie est aussi mesurée sur les premiers jours. La disparition de l'anoxie coïncide avec la remontée des débits ; la teneur en oxygène remonte et se stabilise.

Le dragage de la DIE est régulier et localisé sur Donges et en aval. La température de l'eau est comprise entre 20 et 25°C (en fin de mois).

Si l'on regarde en détail les données de la station de Paimboeuf le 14/07, on remarque que le pic de MES correspond à la basse mer et au maximum de l'anoxie. Ces extrema font suite au jusant durant lequel les courants ont permis de transporter des masses d'eau provenant de l'amont et non de l'aval où ont pourtant lieu des actions d'entretiens du chenal. Dans ce cas, l'anoxie semble s'expliquer par la position du bouchon vaseux.

❖ Aout 2014

Le mois d'août n'est concerné que par une courte et faible anoxie :

- 12/07 au 13/07

On relève quelques heures d'anoxie à Paimboeuf entre le 12 et le 13/07. Il faut cependant signaler l'absence de données (dans les données fournies par le GIP LE) à Paimboeuf entre le 14 et le 18/07, puis entre le 23 et le 26/07. Malgré tout, la teneur en oxygène est forte et constante en amont (Le Pellerin), et laisse à penser que Paimboeuf n'est pas en situation d'anoxie lorsque la donnée est absente.

On remarque par ailleurs que le débit se situe à un niveau élevé pour cette période, avec plus de 600m³/s pendant la moitié du temps. Les coefficients de marée atteignent 112 le 12/08.

L'activité de la drague à injection est moins intense et répartie entre l'amont de Donges et Paimboeuf.

On note cependant que l'hypoxie entre le 08 et 11/08 touche une vaste zone ; de Paimboeuf jusqu'à la station de Trentemoult.

❖ Septembre 2014

Le mois de septembre connaît 2 épisodes d'anoxie :

- du 08 au 14/09
- le 25/09

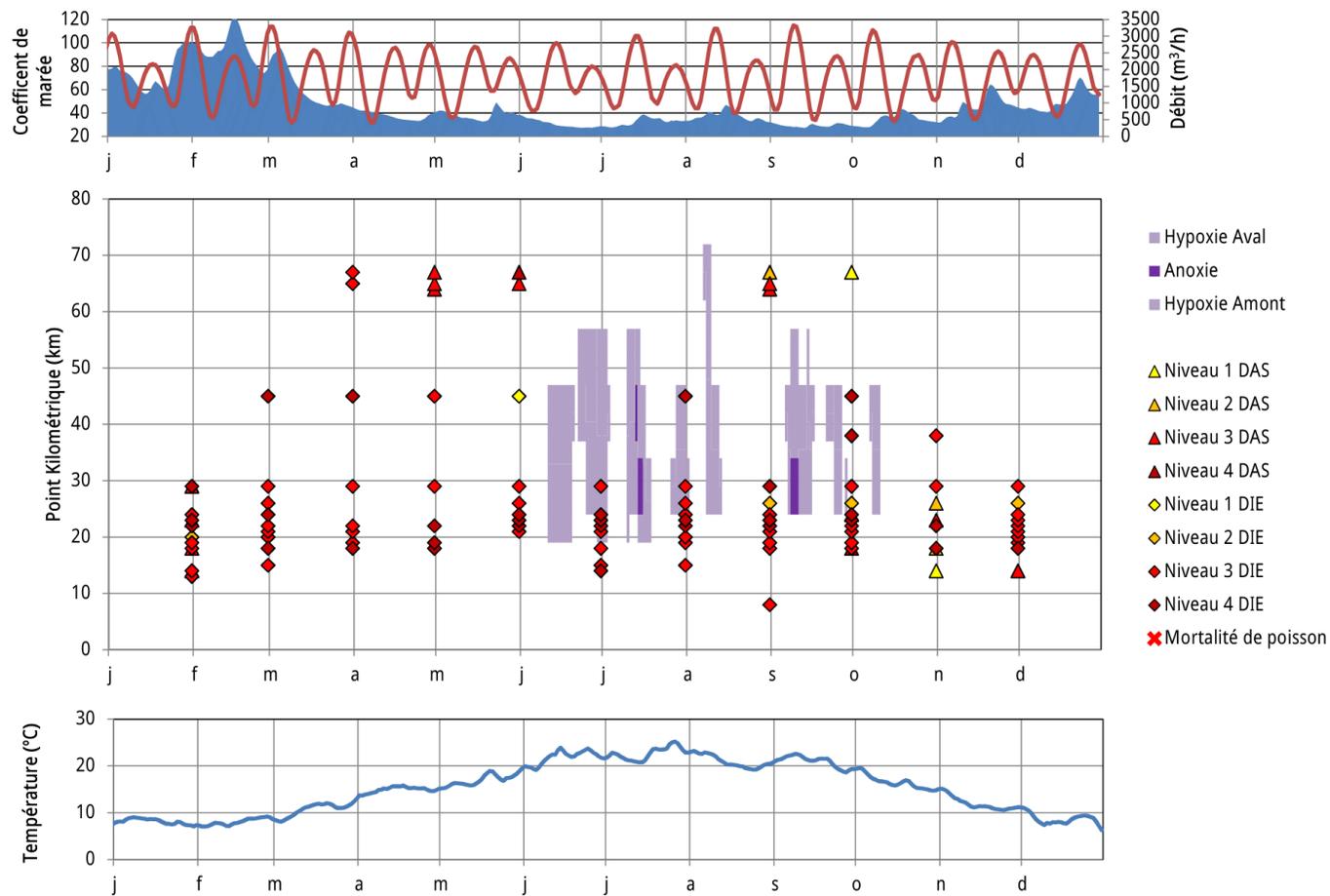
L'épisode principal a lieu du 08 au 14/09 et il se situe essentiellement au niveau de Paimboeuf et de Cordemais, station impactée en premier. L'hypoxie réapparaît pendant la période de revif, jusqu'au seuil d'anoxie à Cordemais le 25/09. La valeur du débit est à une valeur d'étiage moyen.

L'activité de la DAS a repris en aval de Trentemoult, mais sur des volumes faibles.

GPMNSN

Suivi Anoxie et mortalité de poisson
2014

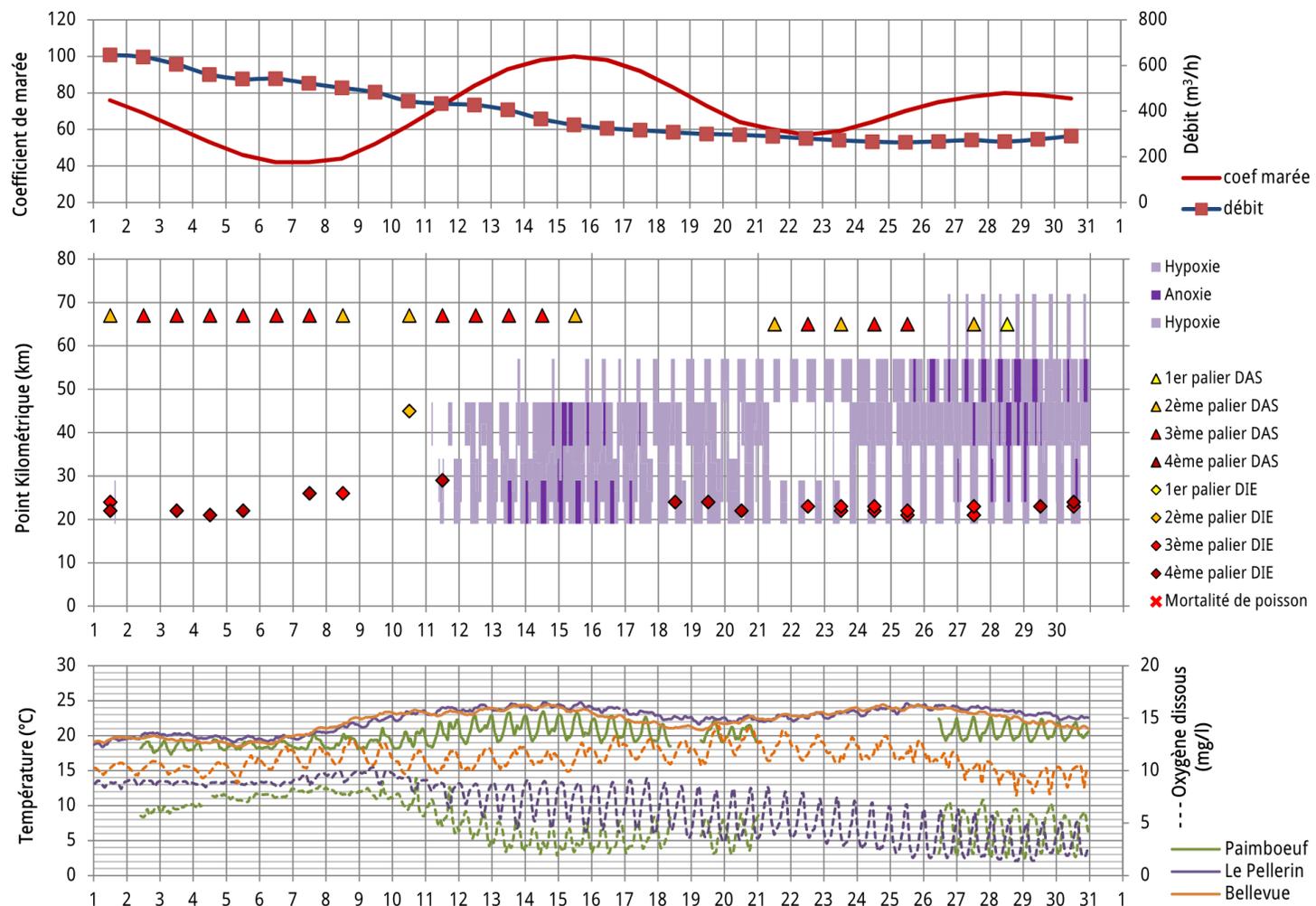
ACRI-HE



GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons
Juin 2014

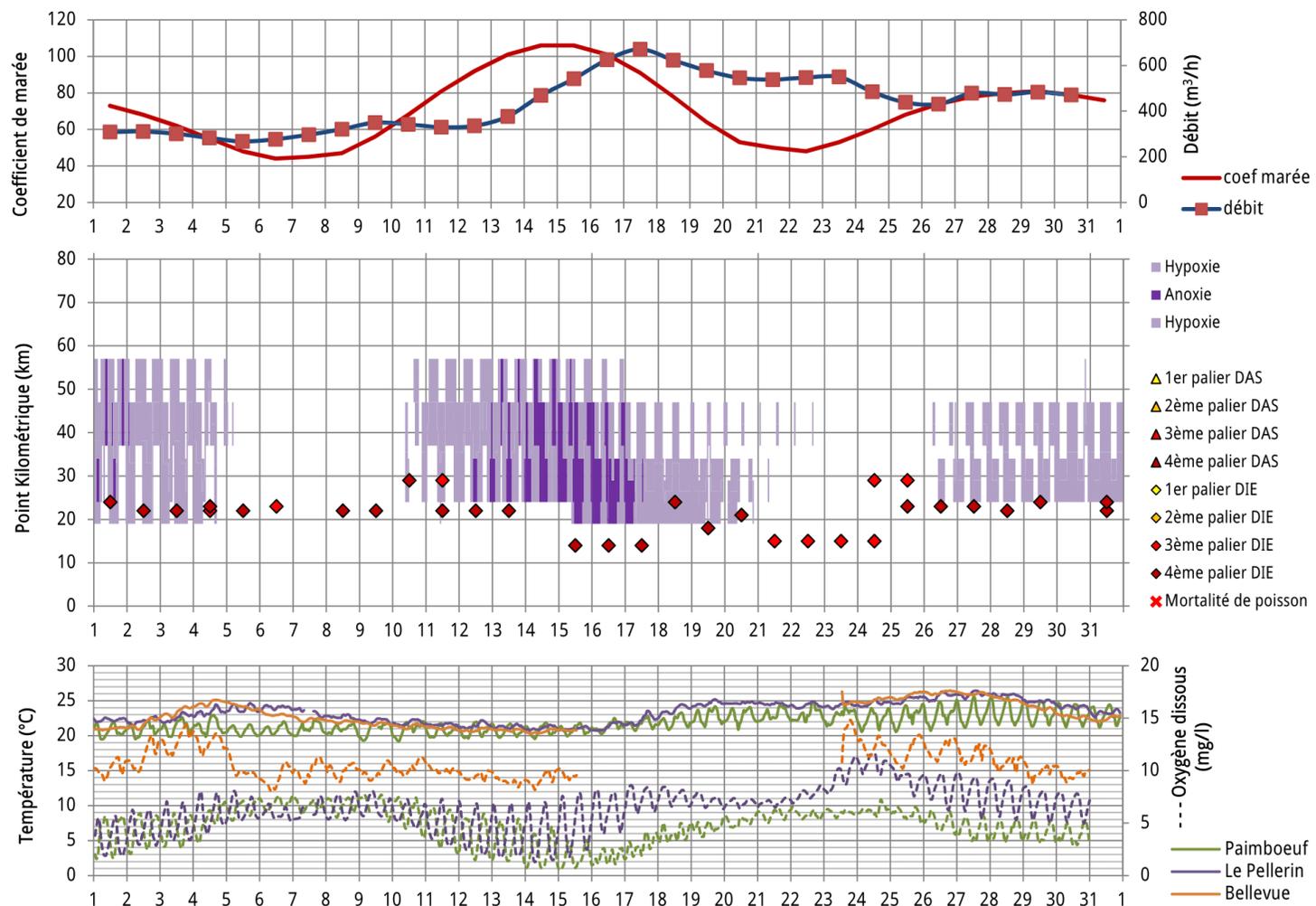
ACRI-HE



GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons
Juillet 2014

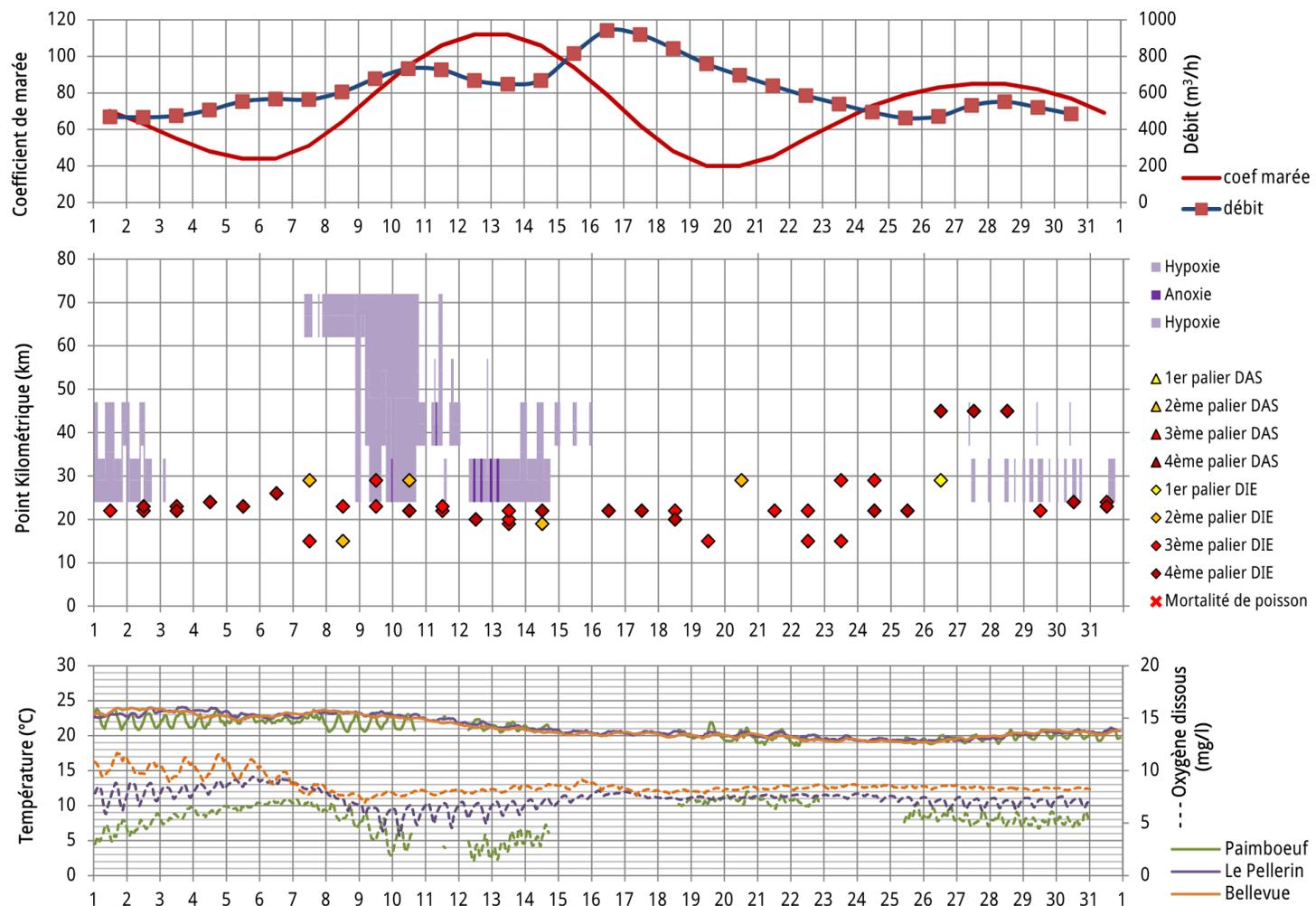
ACRI-HE



GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons
Août 2014

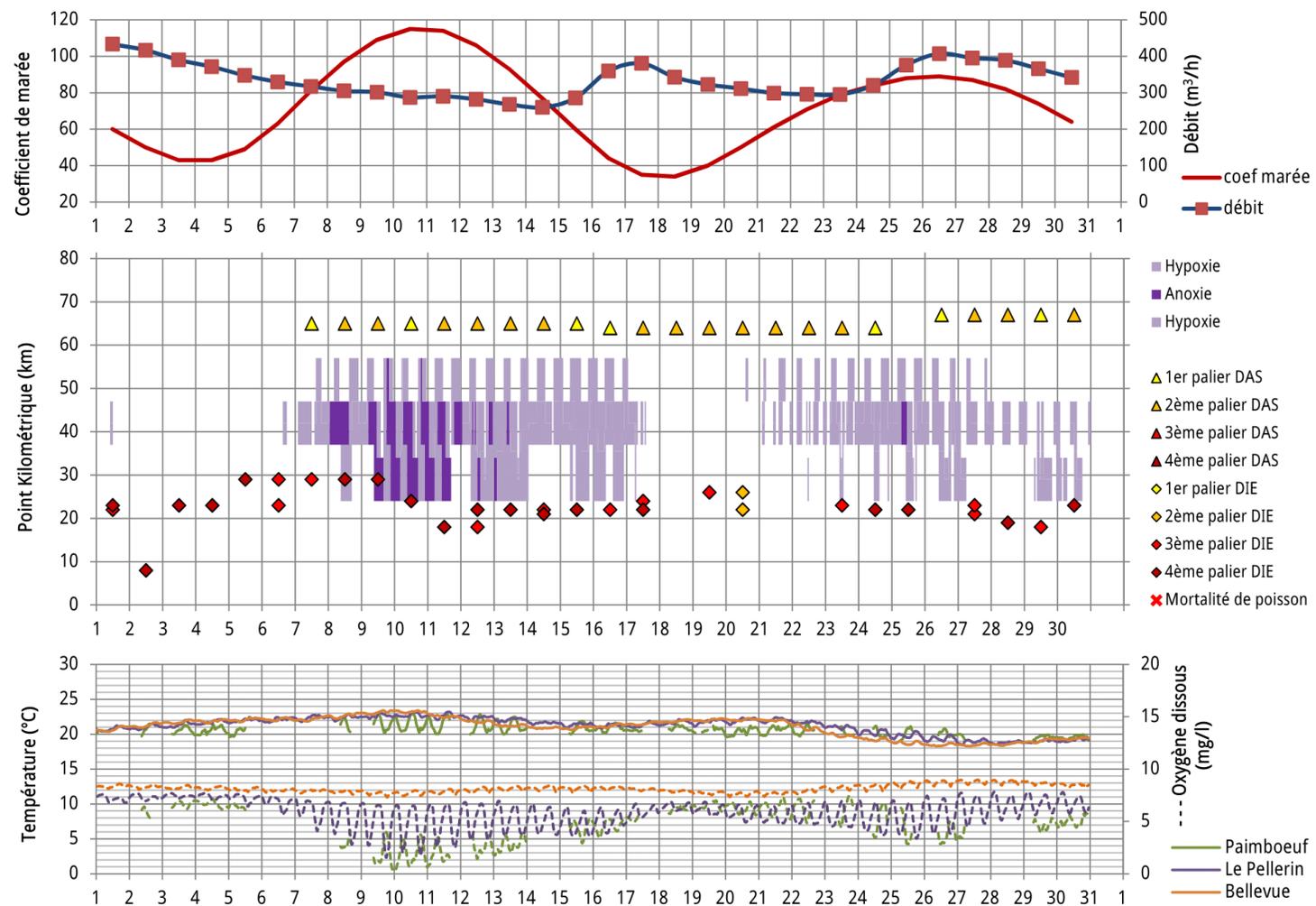
HOCER



GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons
Septembre 2014

ACRI-HE



3.2 Année 2015

3.2.1 Données disponibles

- Débit : fournis
- SYVEL : dans l'attente d'une validation complète des données SYVEL, le graphique par paramètres n'est pas produit.
- Coefficient de marée : fournis
- Données de dragage du GPMNSN : fournies

3.2.2 Graphique annuel

Les épisodes d'anoxie sont concentrés sur le mois de juillet et concernent les stations amont du Pellerin et Trentemoult. Les débits sont bien plus faibles qu'en 2014. L'activité de dragage (par la DIE) est globalement plus intense qu'en 2014. La température est sensiblement équivalente, mais elle repasse sous les 20°C dès le mois d'août.

Dragage Milouin \ heures	De juin à septembre	De juillet à août
2014	506 h	290 h
2015	1715 h	999 h

3.2.3 Graphiques mensuels

❖ Juin 2015

- Du 17 au 20/06

Le mois de juin ne comporte pas de fortes anoxies, mais une légère hypoxie est notable du 03 au 24/06 entre Donges et Paimboeuf, et à Cordemais dans une moindre mesure. L'activité de dragage est plutôt faible et reste cantonnée à l'aval de Paimboeuf. Le débit n'excède pas 400m³/s et les faibles coefficients de marée correspondent à des teneurs normales en oxygène.

En l'absence totale de dragages, aucune hypoxie n'est constatée, Un tel épisode de baisse d'oxygène peut apparaître juste avant les travaux d'entretien du chenal (29/06), pendant le revif

❖ Juillet 2015

Le mois de juillet est particulièrement intense en termes d'anoxie. On observe 2 évènements :

- Du 03/07 au 10/07, sur Paimboeuf et Le Pellerin
- Du 16/07 au 22/07 sur Le Pellerin et Trentemoult

Ces deux épisodes se produisent lors des coefficients de vive-eau.

Le premier épisode concerne plutôt l'aval de l'estuaire, entre Paimboeuf et Le Pellerin. Il faut également signaler que les données d'oxygène dissous sont manquantes à Cordemais à partir d'avril. Il est cependant possible que ce secteur soit également concerné par l'anoxie contrairement à ce que laisse penser le graphique. L'anoxie dure presque 10 jours sur Le Pellerin, et l'hypoxie 15 jours.

Le deuxième épisode intervient lors de la seconde vive eau du mois. Il est encore plus marqué, en particulier à Trentemoult avec des teneurs en oxygène régulièrement sous 0.2 mg/l entre le 17 et le 20/07 (minimum atteint : 0,02mg/l). Il faut également remarquer que les données d'oxygène sur Le Pellerin manquent au fichier initial du 18 au 20/07, et il est possible que la zone est soit touchée par l'anoxie. En aval, la concentration reste au-dessus du seuil d'anoxie. L'activité de dragage est forte entre Donges en Paimboeuf et nulle en amont. On note également que le débit est particulièrement faible de 200m³/s à 150m³/s. La phase de morte eau est toujours synonyme de remontée du taux d'oxygène, mais les valeurs d'oxygène restent proches de zéro, et l'hypoxie persiste plus longtemps.

La variation est d'ailleurs très brusque passant de 8mg/L à 1mg/L en quelques heures (le 17/07). La remontée du taux d'oxygène est encore plus brusque puisqu'on passe de 0,2mg/L à 9mg/L en moins d'une heure. Ces variations ne semblent pas corrélées avec le vent plutôt constant d'environ 20km/h. Cela semble surtout lié à la conjonction de débits très faibles et de l'apogée de vive-eau qui font remonter très haut le bouchon vaseux, jusqu'à Trentemoult. On rappelle ici que les données du GIP LE n'ont pas été validées avant fourniture. Et cette constatation devra être validée après validation des données SYVEL.

❖ Août 2015

- Du 02/08 au 06/08
- 31/08

Les données d'oxygène initiales ne sont disponibles que pour les stations de Donges et Paimboeuf. L'hypoxie semble cependant bien présente, du moins dans la partie aval de l'estuaire. Il est difficile en l'état des données SYVEL de pouvoir analyser les variations spatiales et temporelles de l'oxygène dissous sur l'ensemble de l'estuaire. On note toutefois que la période d'hypoxie s'étend en aval de l'estuaire sur la quasi-totalité du mois d'août. On retrouve des anoxies lors des marées de vive eau.

Le dragage par injection est régulier et plutôt intense. Le débit reste inférieur à 200m³/s.

Les données manquent sur Paimboeuf à partir du 27/08, mais sur cette période on note une courte anoxie au niveau de la station de Donges.

❖ Septembre 2015

- Du 01/09 au 05/09

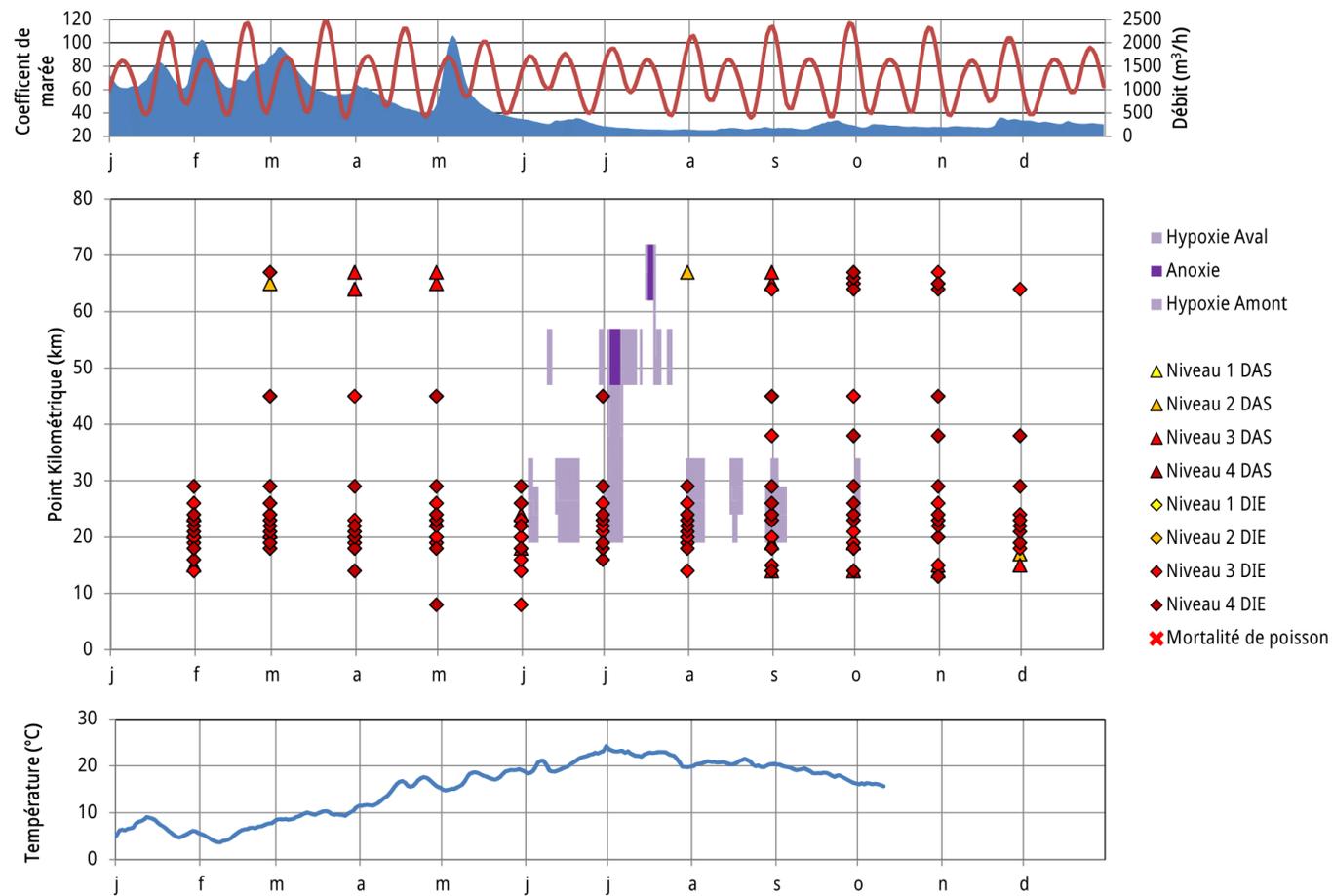
L'épisode démarré fin août se prolonge au début du mois de septembre (jusqu'au 05/09). On retrouve ponctuellement moins de 1mg/l d'O₂ à Donges, et moins de 2mg/l à Paimboeuf. De faibles teneurs

(seuil hypoxique) semblent persister jusqu'à la fin du mois. La drague par injection opère sur un tronçon plus long, de Donges à Cordemais, tandis que la drague par aspiration travaille à Trentemoult la première quinzaine, puis en face de Donges. Les débits remontent sensiblement à partir du 15/09.

GPMNSN

Suivi Anoxie et mortalité de poisson
2015

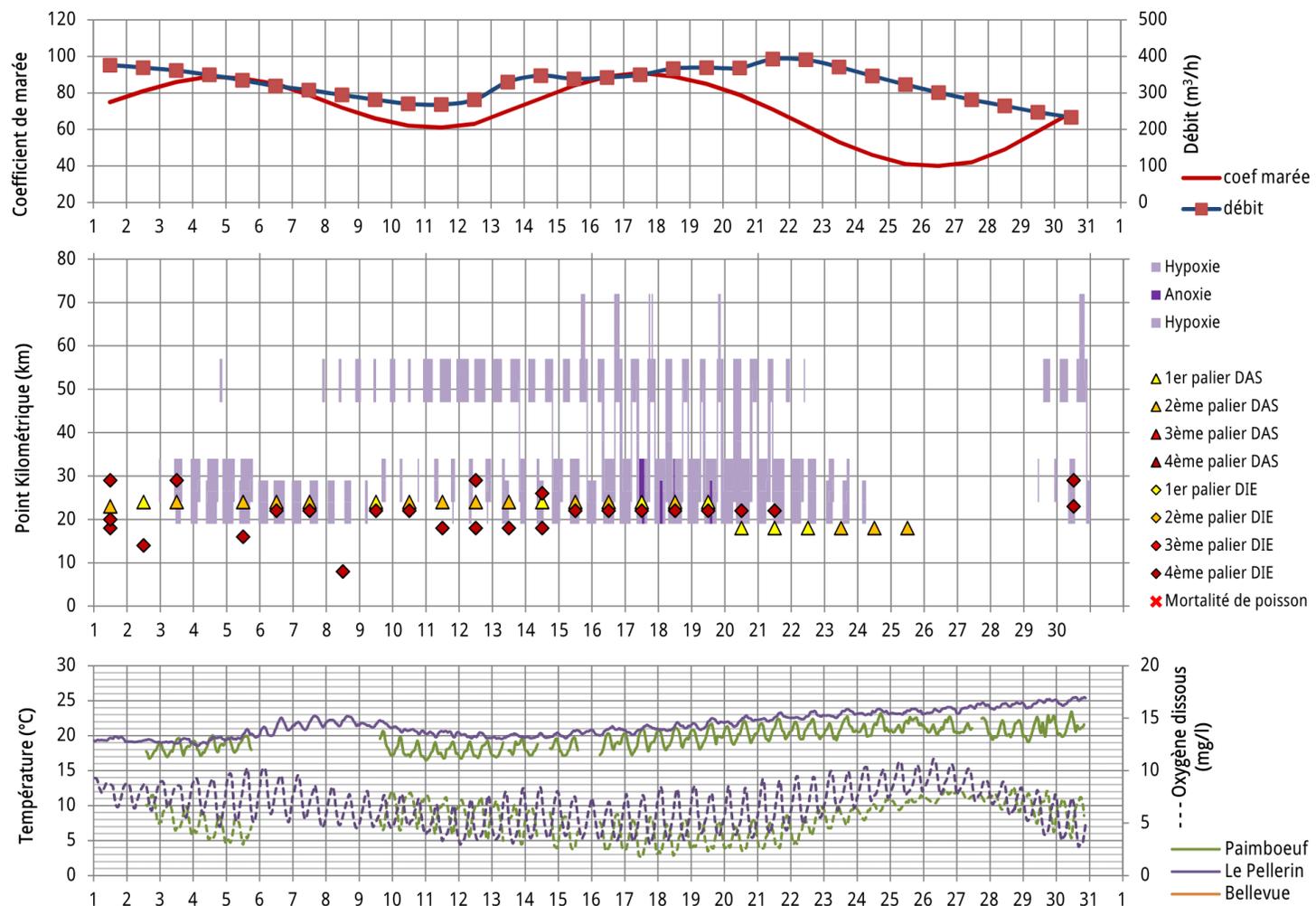
ACRI-HE



GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons
Juin 2015

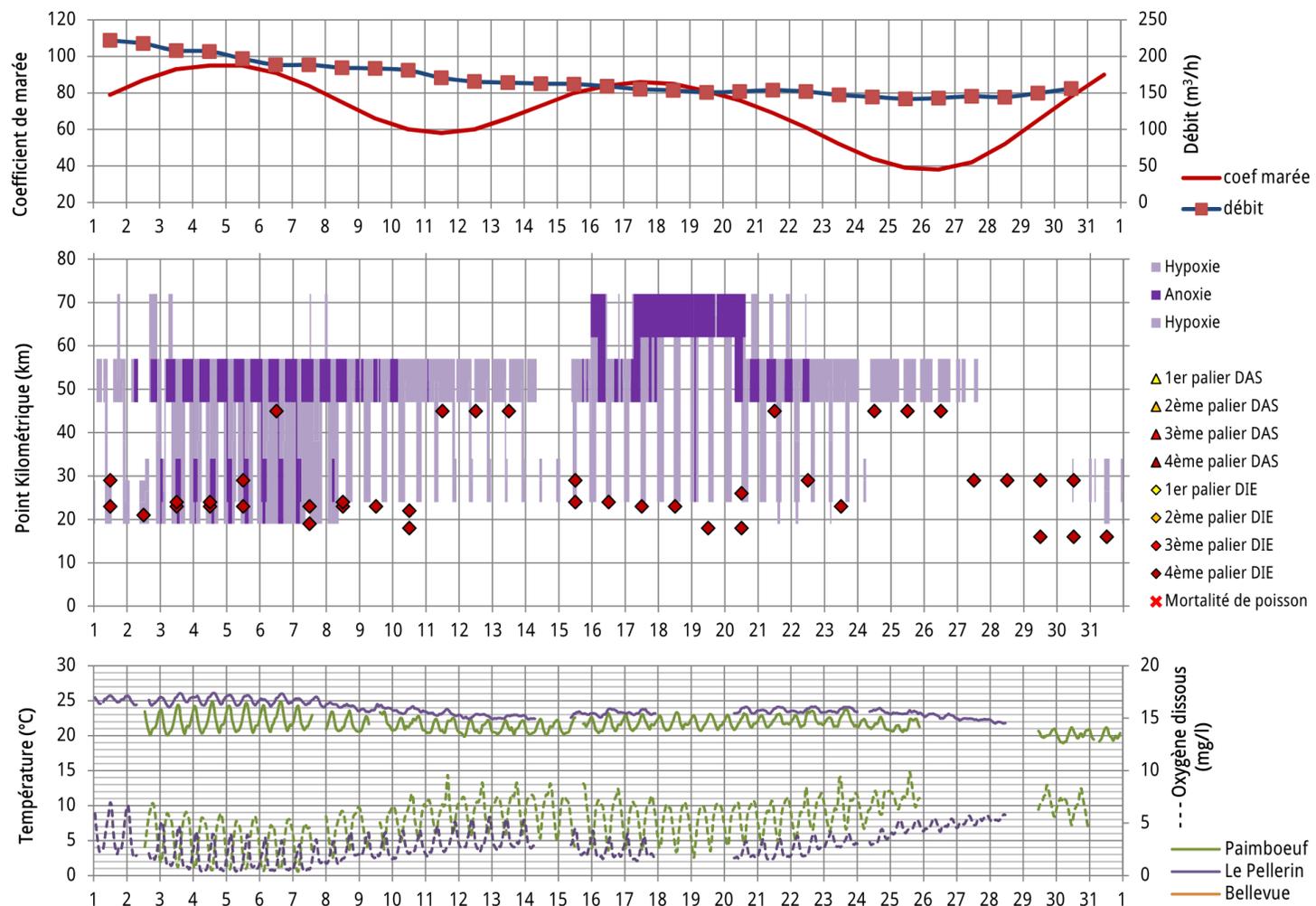
ACRI-HE



GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons
Juillet 2015

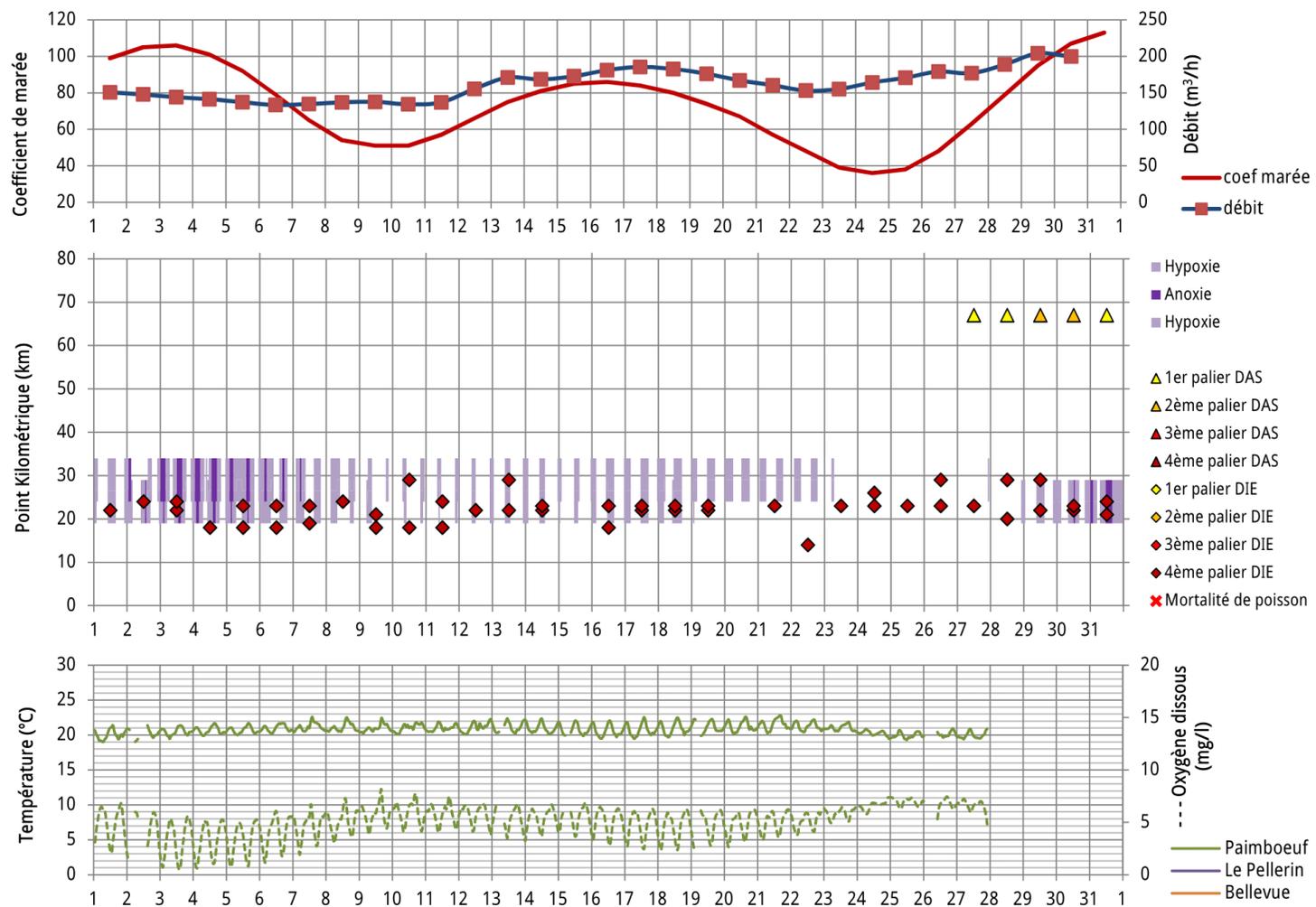
ACRI-HE



GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons
Août 2015

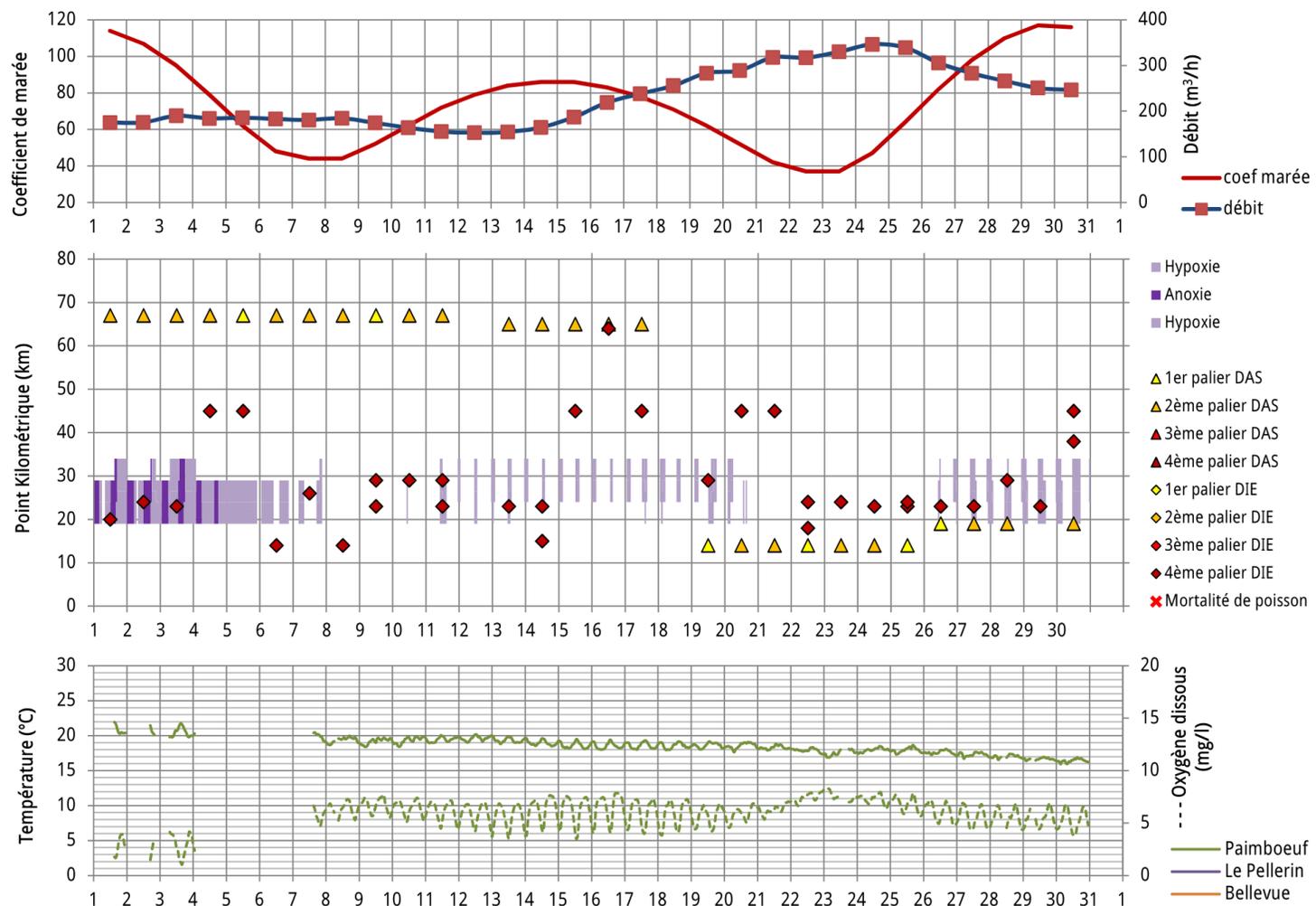
ACRI-HE



GPMNSN

Suivi anoxie et mortalité de poissons
Septembre 2015

ACRI-HE



4 Conclusion

Rappel :

Dans le cadre de suivis environnementaux réguliers et de la rédaction de dossiers d'autorisation, le GPMNSN cherche à évaluer les effets du dragage sur le milieu naturel de l'estuaire de la Loire. L'impact sur les conditions d'oxygénation de la masse d'eau est une question importante, car les périodes d'anoxie de l'estuaire peuvent provoquer des mortalités massives de poissons et nuire à l'écosystème.

Pour améliorer la compréhension et synthétiser les données disponibles, le présent rapport propose une méthode de visualisation graphique des informations. L'application développée permet de visualiser l'évolution temporelle des paramètres en fonction de la position dans l'estuaire. L'évolution d'autres paramètres comme le coefficient de marée, le débit ou la température sont également présentés. Deux graphiques différents sont proposés, selon une échelle annuelle ou mensuelle.

Cet outil permet de décrire la succession des états, des activités de dragage et des événements dans l'estuaire, mais ne prétend pas déterminer de lien direct de causalité entre les paramètres affichés. Le travail de développement a consisté à traduire des paramètres quantifiés en indicateurs, plus simplement représentés et interprétables. Ainsi, les valeurs ponctuelles d'oxygène dissous du réseau SYVEL sont représentées sous une forme spatiale interpolée et par 2 seuils caractérisant l'hypoxie et l'anoxie (Hocer, 2012). Les actions de dragage sont représentées selon la méthode de dragage, la position de la souille et le volume dragué, par des seuils modifiables par l'utilisateur.

L'étude réalisée sur les données de 2014 et 2015 a été menée à partir de données environnementales non validées. Malgré les efforts consentis par le GIP Loire Estuaire, les ressources disponibles n'ont pas été suffisantes pour la maintenance des appareils de mesures et la qualification des données collectées. Dans le cadre de la présente étude, un filtre a été uniquement appliqué sur les données affichées. Ce filtre n'est activé que lors de la génération des graphiques ; toutes les données transmises pour l'étude sont intégrées à la base de données avec leur « datastate_code » et « quality_code », éléments descriptifs de la qualité des données interne au GIP Loire Estuaire.

La vision synthétique qu'offrent les graphiques annuels permet de constater que les dragages ont été sensiblement plus importants en 2015 qu'en 2014 notamment par injection. Malgré cela, les épisodes d'anoxie semblent à peu près identiques en nombre, à la différence qu'ils sont situés plus en amont de l'estuaire en 2015 (Le Pellerin et Trentemoult), tandis que la principale zone touchée en 2014 est celle de Paimboeuf. Les anoxies ont lieu en juillet et septembre pour 2014, uniquement juillet en 2015. Ces résultats devront être confirmés après validation des données par le GIP Loire-Estuaire.

La différence sur les débits estivaux est également notable ; des valeurs à plus de 600m³/s (en juillet 2014) et 900 m³/s (en août) restent exceptionnelles. En comparaison avec les années précédentes (2012 et 2013), la tendance des événements anoxiques semble à la baisse sur ce type de graphique. Les occurrences sont plus rares, et moins étalées spatialement. Ce résultat devra être confirmé après validation des données SYVEL

Afin d'étudier de plus près la relation entre le dragage et les crises d'anoxie susceptibles de provoquer des mortalités de poisson, les graphiques mensuels ont été réalisés pour les mois présentant des anoxies notables. Cette représentation permet de visualiser les épisodes hypo/anoxiques d'une heure. Les crises sont donc plus nombreuses que sur la représentation annuelle qui prend en compte des moyennes journalières.

Le mois de juillet reste le plus touché par les anoxies, sur les deux années. Par contre, les premières anoxies apparaissent dès le mois de juin (mais elles sont plus fortes en 2014). Le facteur commun à toutes les anoxies, et plus généralement les hypoxies semble être la phase lunaire. En effet, les périodes d'anoxie ont, toutes, lieu pendant la vive eau. La remise en suspension des sédiments sous l'action plus importante des courants pourrait en être la cause. Le débit de la Loire s'il est très faible peut amplifier et prolonger le phénomène.

En juillet 2014, l'anoxie est bien marquée entre Donges et Cordemais mais cesse totalement (pas d'hypoxie) pendant la morte-eau. Par contre en août, des débits très importants ont probablement inhibé ce phénomène, même si l'hypoxie semble généralisée du 09 au 10/08. En septembre, l'anoxie réapparaît pendant la première vive-eau, tandis que les débits retrouvent des niveaux d'étiage.

En 2015, le début de l'été ne connaît qu'une légère hypoxie en juin malgré la présence des 2 dragues sur la partie aval de l'estuaire. Malgré cela, une trace d'hypoxie apparaît au niveau du Pellerin. Le mois de juillet 2015 est le plus impacté de ces 2 années. Des traces d'hypoxie sont présentes durant presque tout le mois, et le seuil d'anoxie est dépassé à deux reprises pendant 2 semaines, de Donges à Cordemais, puis plus tard à Trentemoult, où les taux sont proches de zéro.. Cela ne peut être confirmé sur le mois d'août, car les données sont manquantes en amont de Paimboeuf, où l'anoxie est visible.

Fin du document



Pour :

Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire

**Réalisation d'un suivi des épisodes d'hypoxie-anoxie
Mise en place d'un outil de visualisation**

Référence Document : HCR/BT/12/09/GPMNSN/RO2

Version : 2.0

Auteur : F. Floc'h / F. Desmazes

Date : novembre 2012

Siège Social

23 boulevard Einstein - BP 92369 - 44323 NANTES Cedex 3
☎ 02 40 94 19 00 - 📠 02 40 94 19 05

Site de Brest

1 Place de Strasbourg - 29200 BREST
☎ 02 98 41 34 35 - 📠 02 98 42 39 20

S.A.S. au capital de 556 614 € - RCS Nantes B 440 300 556
N° SIRET: 440 300 556 00022 Code NAF: 742 C

LISTE DE DIFFUSION

Destinataire	Organisme/Service	Nombre d'exemplaire	Pour	
			Action	Consultation
D. Lehay	GPMNSN / Service Environnement et Hydraulique	1	X	

SOMMAIRE

A. Introduction	2
B. Mise au point	3
B.I. Objectif	3
B.II. Généralités	3
B.III. Maquette de représentation annuelle	6
B.IV. Maquette de représentation mensuelle	8
C. Mode d'emploi	10
C.I.1. Préparation du graphique annuel	10
C.I.2. Graphique mensuel	12
C.I.3. Classeur Excel de mise en forme du dragage journalier	13
D. Suivi environnemental	15
D.I. 2011	15
D.I.1. Données disponibles	15
D.I.2. Exploitation du graphique annuel	15
D.I.3. Exploitation des graphiques mensuels	16
D.I.4. Bilan	16
D.II. 2010	21
D.II.1. Données disponibles	21
D.II.2. Exploitation du graphique annuel	21
D.II.3. Exploitation des graphiques mensuels	21
D.II.4. Bilan	22
D.I. 2009-2008-2007	26
D.I.1. Données disponibles	26
D.I.1. Exploitation du graphique annuel de 2009	26
D.I.2. Exploitation du graphique annuel de 2008	26
D.I.3. Exploitation du graphique annuel de 2007	26
E. Conclusion	31

A. INTRODUCTION

Dans ce rapport, nous présentons le travail de mise au point d'un outil Excel demandé par le GPM-NSN pour mettre en parallèle l'évolution de l'oxygène dissous dans l'estuaire et les activités de dragage du Port.

En effet, en période estivale, l'estuaire de la Loire présente régulièrement des niveaux de concentration en oxygène dissous très bas. Ces conditions hypoxiques, mais surtout les périodes d'anoxie qui se présentent régulièrement, sont néfastes pour l'écosystème. Elles sont le signe d'une qualité de l'eau dégradée et peuvent provoquer des mortalités massives de poissons.

La zone d'oxygène minimum se situe au niveau du maximum de turbidité, dans le bouchon vaseux. Dans ce secteur de confluence hydrologique, se concentrent d'importantes quantités de matières organiques qui consomment l'oxygène disponible en se dégradant. Quand les débits sont faibles, le manque d'eau fluviale oxygénée ne permet pas le maintien de bonnes conditions d'oxygénation. De plus, le bouchon vaseux remonte, en déplaçant et en étendant vers l'amont la zone hypoxique.

Parallèlement à ces conditions environnementales difficiles, le GPMNSN doit entretenir le chenal de navigation et les souilles pour permettre le passage et le stationnement des navires. Par ces activités de dragages, le Port provoque un certain niveau de remise en suspension des sédiments. Potentiellement, cette turbidité générée par l'activité de dragage peut accroître la quantité de MES dans le bouchon vaseux et favoriser localement des baisses de concentration en oxygène dissous. Pour mieux comprendre ces effets, le GPMNSN réalise des études d'impacts et des campagnes de mesures scientifiques pour suivre l'effet des travaux de dragage sur le milieu.

Dans ce cadre, la mise au point d'un outil de représentation des données disponibles doit permettre de synthétiser les évolutions du milieu et les activités de dragage à des échelles annuelles et mensuelles. L'objectif de ces mises en forme n'est pas de travailler sur des processus complexes et une causalité directe entre les paramètres présentés, mais bien de synthétiser dans l'espace et le temps une succession de situations d'oxygénation de la masse d'eau, d'activité de dragage et de mortalité de poissons. Ce rapport présente la phase de réflexion et de mise au point d'une maquette au format Excel. Puis le mode d'emploi de l'applicatif est développé, avant d'illustrer son emploi avec le suivi des années de 2007 à 2011.

B. MISE AU POINT

B.I. OBJECTIF

Le but de la conception d'une maquette est de pouvoir discuter des améliorations ou changements éventuels à apporter à cette application. Sur la base des résultats proposés, il sera possible d'ajouter d'autres données si on les juge importantes.

Ainsi, dans les exemples présentés, un événement de mortalité de poisson non réaliste a été introduit le 15 juillet au PK 35 pour permettre la visualisation d'un événement de ce type. Ceci illustre la façon dont on pourrait représenter à l'avenir les observations de mortalité de poisson. L'intensité de l'événement, ou l'espèce concernée, pourrait faire l'objet d'une déclinaison de symboles après réflexion.

La première partie de ce document résume la méthode de représentation employée ainsi que les choix qui ont été faits jusqu'à présent. Certains choix ne sont pas fixes : l'application permet à son utilisateur de modifier les données seuils ou de représentation à sa guise. Dans la seconde partie, la représentation annuelle des données d'hypoxie/anoxie est décrite ; et dans la troisième partie, la représentation mensuelle est décrite.

Dans ce qui suit, des données de l'année 2010 ont été utilisées à titre d'exemple. Une fois achevé, l'outil permettra de rentrer les données de n'importe quelle année, ou de représenter n'importe quel mois de l'année, à condition de respecter le format de données prescrit. Ce format a été choisi en fonction des fichiers Excel fournis par le GMP-NSN ou par le GIP Loire-Estuaire.

B.II. GÉNÉRALITÉS

Nous avons réalisé un outil utilisant le logiciel Excel (version 2007) permettant une mise en forme automatique des données SYVEL et du GPM-NSN, afin de mettre en évidence les liens entre les périodes d'hypoxie/anoxie, les mortalités de poissons et d'autres paramètres environnementaux : les coefficients de marée, les conditions de dragage (lieu, intensité et technique), la température de l'eau et le débit. Les premières feuilles Excel sont donc dédiées aux copies des fichiers Excel de données fournies par le Port ou le GIP :

1. Tableau de dragage annuel
2. Données de concentration d'oxygène dissous des différentes stations SYVEL pour l'année
3. Données de température des différentes stations SYVEL pour l'année
4. Coefficients de marée fournis par le Port
5. Débit horaire mesuré à Montjean-sur-Loire

Ces données sont entrées par copier-coller à partir des fichiers existants. Seul le fichier de débit nécessite une légère modification. En effet, le fichier fourni par le Port est un fichier .txt. Ce fichier, avant d'être copié dans l'application, doit être ouvert avec Excel et les dates doivent être mises en forme. Pour cela, il faut sélectionner la colonne de dates, présentes au format AAAAMMJJ, se rendre dans l'onglet **Données** et cliquer sur **convertir**. A l'étape 1/3, choisir **largeur fixe** ; à l'étape 2/3 cliquer sur **suyvant** ; et enfin, à l'étape 3/3 cocher **date** et

choisir **AMJ** dans la liste déroulante. Les données sont alors correctement mises en forme et peuvent être copiées dans l'application.

On considère que le milieu atteint l'hypoxie lorsque la concentration d'oxygène dissous est inférieure à 5 mg/L ; et l'anoxie lorsqu'elle est inférieure à 2 mg/L (conformément aux définitions utilisées par le GIP Loire-Estuaire). L'utilisateur peut modifier aisément ces paramètres : la première page de l'application Excel est dédiée à la définition des différents seuils. Un exemple est donné sur la figure suivante :

3 - Remplir les données suivantes :					
Les zones à modifier sont en					
Seuils					
Hypoxie		5 mg/L			
Anoxie		2 mg/L			
Distance (km)					
Donges	Paimboeuf	Cordemais	Le pelerin	Trentemoult	Bellevue
24	29	42	52	67	76
seuil couleur dragage sur le graphique annuel					
jaune	de 0 à		5000		
orange	de 5000 à		10000		
rouge	de 10000 à		50000		
marron	+ 50000				

Les PK (point kilométrique défini selon la position sur la Loire par rapport à St Nazaire) des différentes stations SYVEL sont introduits ici. Les PK des différents sites de dragage sont également nécessaires. Ces données, une fois validées, n'auront pas à être modifiées, sauf si un nouveau site de dragage ou une nouvelle station SYVEL est introduit.



Les opérations de dragage sont représentées par un symbole sur le graphique. La forme de ce symbole dépend de la technique utilisée (triangle : drague aspiratrice stationnaire, losange : drague à injection d'eau). La drague aspiratrice en marche n'est pas prise en compte

dans cet outil car elle ne provoque pas une turbidité directe importante. L'intensité du dragage est représentée par différentes couleurs de remplissage des symboles (premier palier en jaune, deuxième palier en orange, troisième palier en rouge, quatrième palier en marron). Les seuils des différents paliers d'intensité de dragage sont exprimés en volume de matières. Les valeurs de ces seuils sont à discuter et à ajuster. De plus, ils sont différents selon que la représentation soit annuelle ou mensuelle. En effet, sur la représentation annuelle, seuls les totaux mensuels sont représentés, et sur la représentation mensuelle, des données quotidiennes sont utilisées. Ces différentes représentations sont détaillées dans les parties suivantes.

B.III. MAQUETTE DE REPRÉSENTATION ANNUELLE

Comme demandé, deux représentations sont utilisées : annuelle et mensuelle. La représentation annuelle se base sur les paramètres suivants :

1. données mensuelles de dragage,
2. moyennes journalières d'oxygène dissous à chaque station SYVEL (Donges, Paimboeuf, Cordemais, Le Pelerin, Trentemoult, Bellevue),
3. température à Cordemais,
4. débit à Montjean-sur-Loire,
5. coefficients de marée.

Toutes ces données sont représentées en fonction de la date en abscisse.

Le graphique central est l'élément primordial de la figure de visualisation. Il prend en compte la position dans l'estuaire en ordonnée.

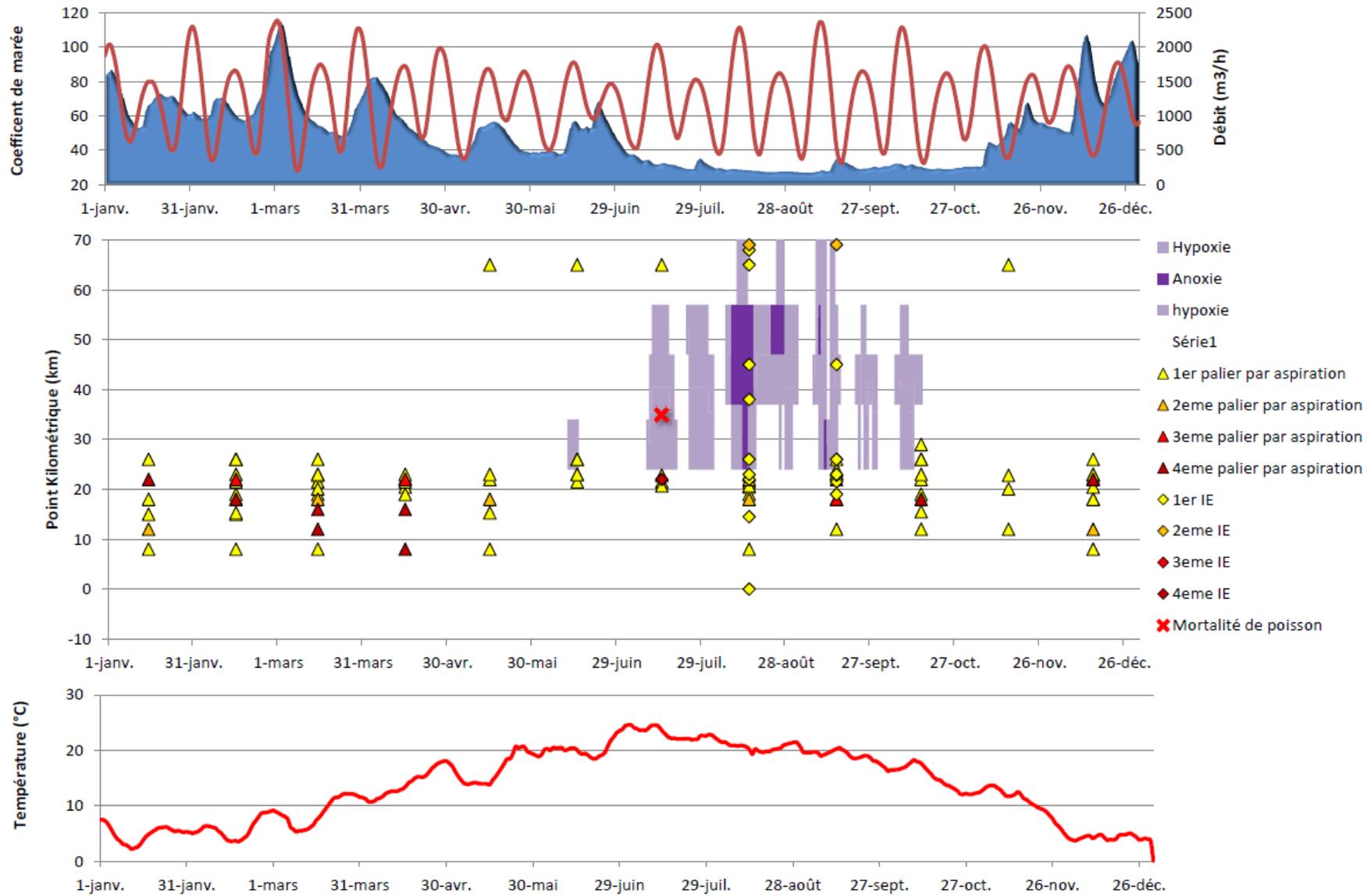
Les périodes d'hypoxie et d'anoxie sont représentées par des barres verticales centrées au PK de la station SYVEL correspondante. Arbitrairement, il a été choisi de prolonger la zone hypoxique/anoxique sur 5 km de part et d'autre du PK de la station SYVEL. Dans le cas où plusieurs stations successives montreraient une hypoxie/anoxie, la zone hypoxique/anoxique est prolongée entre ces stations. Ces choix peuvent être discutés.

Les données de dragage sont représentées selon l'intensité et la technique employée par un symbole, placé au PK correspondant au site dragué.

Les mortalités de poissons sont visualisées sur ce graphique (exemple illustratif et non réel).

Pour compléter cette fenêtre principale, des graphiques complémentaires sont insérés dans la figure.

Dans la partie supérieure, les conditions hydrodynamiques sont présentées (le coefficient de marée et le débit). Dans la partie basse, la température est tracée, permettant, par exemple, un éventuel lien avec la physiologie des mulets.



B.IV. MAQUETTE DE REPRÉSENTATION MENSUELLE

La représentation mensuelle reprend en partie la méthode utilisée pour la représentation annuelle.

Dans le graphique principal au centre, les périodes d'hypoxie/anoxie sont établies à partir d'une moyenne horaire. En ce qui concerne le dragage, les fichiers quotidiens remplis par le GPM-NSN ne permettent pas une automatisation de l'outil. En effet, le format dépend des dragues employées. Il est donc nécessaire de procéder à une mise en forme préalable de ces données. Afin de réaliser une application facile d'utilisation et générant automatiquement les graphiques, deux formats ont été proposés :

- un format complet, du même type que le tableau annuel (dates vs sites & méthode); ce format à l'inconvénient de transporter une majorité de cases vides - devant être prises en compte pour le calcul pour considérer tous les cas possibles – ce qui peut ralentir considérablement le calcul.
- Un format simplifié, reprenant seulement les sites dragués du mois ; mais qui nécessite impérativement de spécifier le PK de la station considérée.

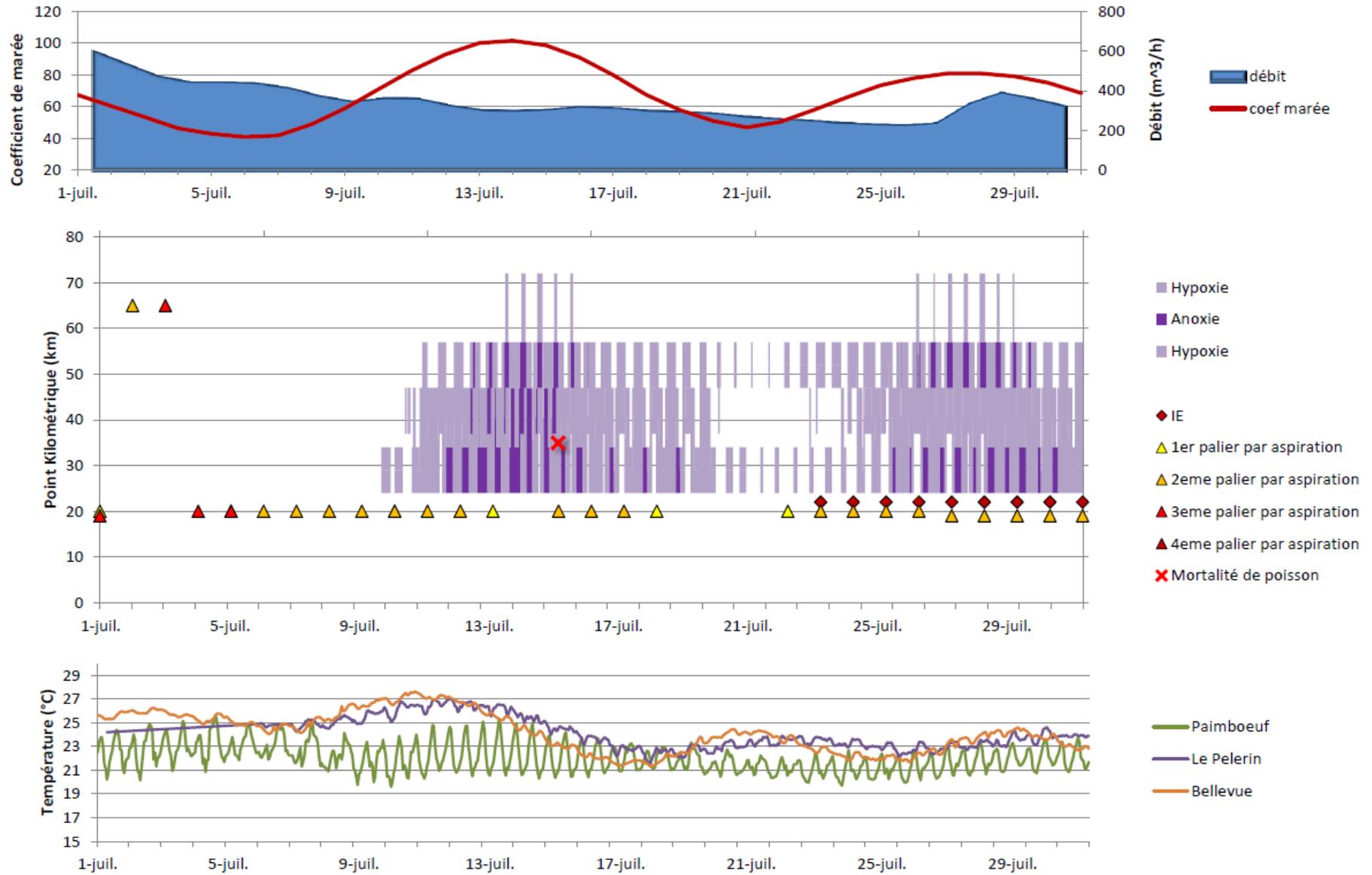
Après discussion, le format complet a été choisi et pourra être mis en forme par le GPMNSN pour les prochaines saisons.

Ces formats sont repris dans le fichier « exemple_dragage_mensuel.xls (feuille 1 : complet, feuille 2 : simplifié) » fourni pour discussion pour le mois de juillet 2010. Il faut noter également que les données quotidiennes pour la drague aspiratrice stationnaire et la drague à injection d'eau sont exprimées en durée de dragage et non en volume (m^3), comme dans le fichier de synthèse annuel. Après comparaison entre différentes données mensuelles de volume et des données quotidiennes de durée, il est apparu que la DAS a un rendement de $350 m^3/s$ et la drague à IE de $1500 m^3/s$. Ces estimations de rendement sont utilisées pour convertir les durées de dragage en données de volume dragué, lesquelles sont ensuite reportées dans le tableau. Ces valeurs sont modifiables dans la phase de préparation des données de dragage.

Une fois les données mises en forme, l'application génère automatiquement le graphique pour le mois considéré. Un exemple pour le mois de juillet 2010 est présenté dans la figure suivante. Le dragage est toujours représenté par un symbole correspondant à la technique employée et à son intensité. Les paliers de passage d'une couleur à une autre sont à discuter, mais définis par des valeurs plus basses que pour la représentation annuelle, le volume considéré étant prélevé en un jour au lieu d'un mois.

Dans les graphiques secondaires, la température est représentée selon une moyenne horaire, la variation sur une journée étant importante. Les données des stations SYVEL en amont (Paimboeuf, puis Donges à partir de 2011), au milieu (Le Pellerin) et en aval (Bellevue) de la zone de mesure sont représentées pour plus de précisions.

Pour les conditions hydrodynamiques, le débit fluctuant peu sur une journée, une moyenne journalière est conservée.



C. MODE D'EMPLOI

Une fois le travail de maquette discuté et validé, le fichier de mise en forme des données peut être exploité. Le classeur de travail est un fichier Excel 2007 nommé « Suivi_anoxie_aaaa.xlsx ».

Dans ce classeur, les feuilles à compléter sont de couleur verte, les feuilles de calcul à ne pas toucher sont de couleur rouge, les graphiques de résultats sont des feuilles de couleur violette, dans la version Excel 2007.

L'utilisateur est sensé maîtriser la mise en forme et l'importation de fichier Ascii (texte) dans Excel (voir partie précédente).

C.I.1. Préparation du graphique annuel

Ce paragraphe décrit la méthode de remplissage des données pour réaliser un graphique de synthèse annuel.

- Feuille « intro »

Valider ou modifier les seuils hypoxie / anoxie

Seuils		
Hypoxie	5	mg/L
Anoxie	2	mg/L

Si besoin, modifier les seuils d'intensité de dragage mensuel

seuil couleur dragage sur le graphique annuel			
jaune	de	0	à 5000
orange	de	5000	à 10000
rouge	de	10000	à 50000
marron	+	50000	

- Feuille « Coeff-marée »

Importation/saisie d'annuaire des marées du jour. Les coefficients sont utilisés, les hauteurs d'eau ne sont pas utiles. Les colonnes « jour » et « heure » ne sont pas utiles non plus pour le calcul de la moyenne journalière du coefficient.

Première ligne de saisie = n°3. Date-colonne A ; coefficient 1-colonne D ; coefficient 2-colonne F.

Date	Jour	:eure (TU+1)	coef	:eure (TU+1)	Coef
			marée 1		marée 2
01/01/2011	sam	02:15	60	14:46	64
02/01/2011	dim	03:16	67	15:41	71
03/01/2011	lun	04:07	75	16:30	78

- Feuille « Débit »

Importation/saisie de données de la Banque Hydro. Les données date, heure, débit (QTFIX) sont nécessaires. Première ligne de saisie = n°5. Date-colonne D, heure-colonne E, débit-colonne F.

921	1	07/12/2011	date	heure	QTFIX	
922	1	M5300010	01/07/2011	00:00	122	9
922	1	M5300010	01/07/2011	01:00	122	9
922	1	M5300010	01/07/2011	02:00	122	9
922	1	M5300010	01/07/2011	03:00	121	9
922	1	M5300010	01/07/2011	04:00	121	9

- Feuille « Température »

Copier-coller des données SYVEL fournies par le GIP LE au format Excel. Choisir la station à visualiser, dans ce cas « Cordemais ». Les données « date » et « Températures » sont nécessaires. Première ligne de saisie = n°3. Date-colonne R ; heure-colonne S

		Cordemais	
C)	Validation	Date	Température (°C)
	T1.0	01/01/2011 00:00	3,83
	T1.0	01/01/2011 01:00	3,78
	T1.0	01/01/2011 02:00	3,72

- Feuille « Oxygène dissous »

Copier-coller des données SYVEL fournie par le GIP LE au format Excel. Les stations Donges, Paimboeuf, Cordemais, Le Pelerin, Trentemoult et Bellevue sont exploitées dans la feuille de calcul. Les données « date » et « Oxygène dissous » sont nécessaires. Première ligne de saisie = n°3. Colonne date-oxygène dissous : B-C, F-G, J-K, R-S, V-W, Z-AA.

	Bellevue	
Validation	Date	Oxygène dissous (mg/l)
T1.0	01/01/2011 00:28	12,68
T1.0	01/01/2011 00:58	12,68
T1.0	01/01/2011 01:28	12,67
T1.0	01/01/2011 01:30	12,68

- Feuille « Dragage »

Copier-coller de la feuille Excel du GPMNSN annuelle de bilan du dragage par mois. Les lignes « Surverse » et « Inj.Eau » sont exploitées pour chacune des sections. Les données sont en volume. Pour cette importation de données de dragage, nous préconisons de ne pas copier les cellules de calcul de totaux incluses dans la feuille Excel du GPMNSN.

Note : la phase de calcul liée aux tableaux des dragages peut nécessiter un certain temps, en fonction de la puissance de l'ordinateur (jusqu'à 15min).

- Feuille « Mortalité »

Importer ou saisir les informations collectées sur les mortalités de poisson dans l'année.

Colonne A, ligne 4, date obligatoire ; colonne D, positionnement en PK. Recopier la formule colonne B pour un affichage sur le graphique.

A	B	C	D	E
date	Jour	especes	pk	intensité
31/12/2010	0			
		mulet		

- Finalisation

Lorsque l'ensemble des feuilles et des champs sont saisis, la feuille violette « Graphique annuel » est complète. Elle est exploitable par sélection (« sélectionner tout » puis « copier-coller »), ou en « enregistrer sous » au format .pdf par exemple. Ne pas oublier de nommer correctement le document et de l'enregistrer.

Note : la phase de calcul liée aux tableaux des dragages peut nécessiter un certains temps, en fonction de la puissance de l'ordinateur (jusqu'à 15min).

C.I.2. Graphique mensuel

La feuille annuelle déjà remplie est utilisée pour mettre au point le graphique mensuel.

- Feuille « Intro »

Indiquer le mois étudié

Choix du mois			
mois	mai-11	format	mois-aa

Si besoin, modifier les seuils d'intensité de dragage journalier

Choix des seuils de dragage journalier			
seuil			
de	0 à	2000	jaune
de	2000 à	4000	orange
de	4000 à	10000	rouge
plus de	10000		marron

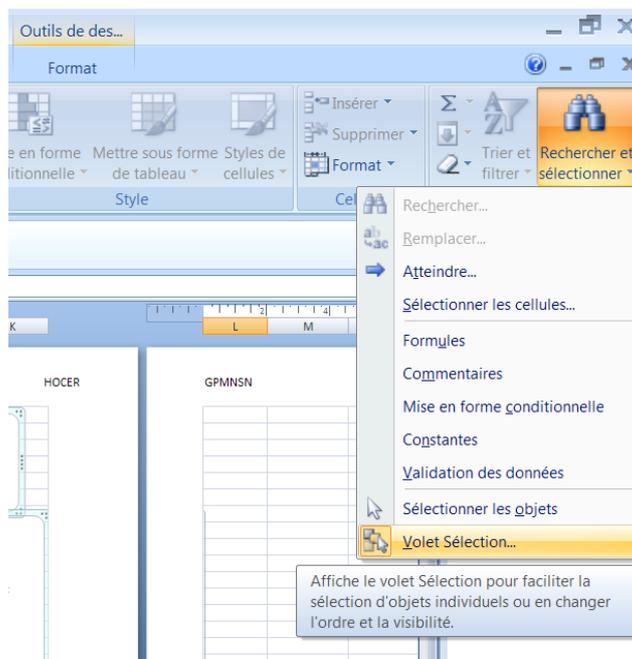
- Feuille « Dragage mensuel »

Copier-coller de la feuille Excel mensuelle de bilan du dragage journalier, selon un collage spécial « valeur » (voir paragraphe suivant). Pour des questions de cellules fusionnées, ne coller que l'intérieur du tableau contenant les volumes estimés du dragage.

Note : la phase de calcul liée aux tableaux des dragages peut nécessiter un certains temps, en fonction de la puissance de l'ordinateur (jusqu'à 15min).

- Finalisation

Lorsque l'ensemble des feuilles et des champs sont saisis, la feuille violette « Graphique mensuel » est complète. Elle est exploitable par sélection puis « copier-coller ». Nous préconisons l'utilisation du volet de sélection Excel (voir figure suivante) puis le « collage spécial –métafichier améliorer ».



Il est possible également de faire un « enregistrer sous » au format .pdf par exemple.

Ne pas oublier de nommer correctement le document et de l'enregistrer, par exemple « Suivi_anoxie_mmaa.xlsx ».

C.I.3. Classeur Excel de mise en forme du dragage journalier

Le fichier Excel « Dragage mensuel » de mise en forme du dragage journalier est constitué de 2 feuilles. La première feuille « heure » (onglet vert) permet de retranscrire les bilans de temps des dragages journaliers.

La zone de travail et le type de méthode employée doit être repérée pour choisir la ligne de remplissage. Sur l'exemple suivant daté du 25 mai 2011, il s'agit de la DAS André Gendre sur la zone de Cordemais, c'est-à-dire la section 8. La somme des temps de dragage de la DAS pour cette journée est de 11h45min.

RAPPORT JOURNALIER DES CHANTIERS
DAM SAMUEL de CHAMPLAIN

Nbre Chargts	Sections	Temps Drag	volume m3	dens puits	dens surv	Mat Sèche	Vidage

Arrêts & observations Diverses : LE HAVRE

DAS ANDRE GENDRE

	JOUR		NUIT	
	chant N°1	chant N°2	chant N°1	chant N°2
Lieu de dragage	Cordemais		Cordemais	
Largeur de la balancée	35m		35m	
Longueur de la souille	220m		220m	
Avancement journalier	30m		30m	
Avancement cumulé	40m		70m	
Dragage	05h45mn		06h00mn	
Dégt bec, sifflet, pompe				

La figure suivante présente la saisie du temps de dragage sur la section 8 feuille « heure », par la DAS (ligne « godet » sur les fichiers du Port). La durée du dragage journalier en heures est de 11,75 pour le 25 mai 2011.

mai-11										
25	26	27	28	29	30	31	8	Volume		
								8	Tonnage	
11,75									8	Godet
										INJ. EAU

Une fois l'ensemble des données du mois saisi, la feuille de calcul « volume » (onglet violet) permet de modifier le rendement des dragues si besoin (colonne AJ, lignes 1 et 2)

DAS	350	m3/h
DIE	3070	m3/h

Ce tableau de résultats « volume » fourni pour 1 mois des volumes dragués par jour, par section et par engin. Le tableau est à copier, puis coller selon un collage spécial « valeur » dans la feuille « dragage mensuel » du classeur de réalisation des graphiques.

D. SUIVI ENVIRONNEMENTAL

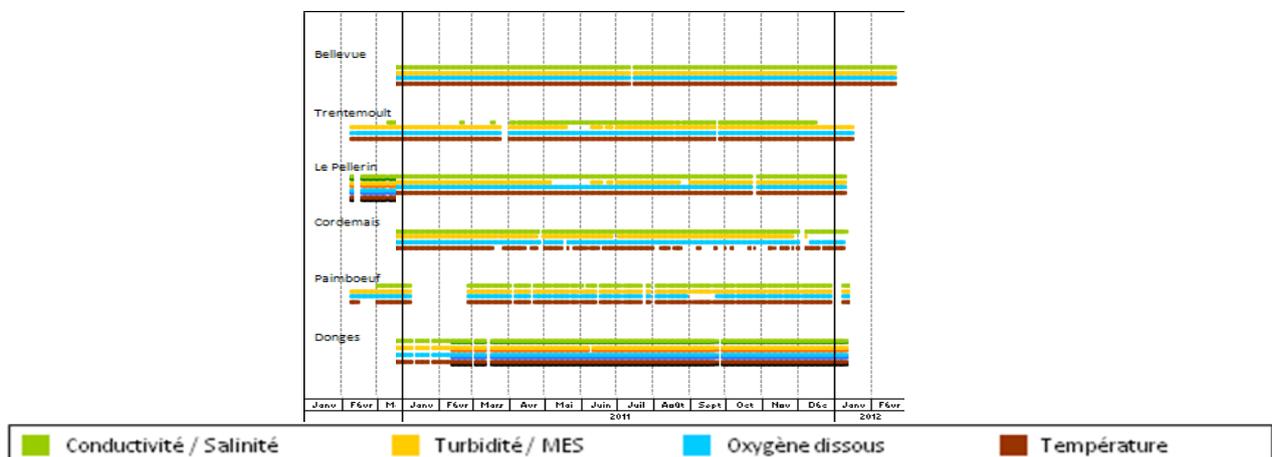
Ce chapitre présente le résultat des graphiques produits avec Excel 2007 pour les années 2007 à 2011.

D.I. 2011

D.I.1. Données disponibles

Débit : uniquement entre juillet 2011 et fin novembre 2011.

Données Syvel : non disponibles lors de la demande après le 20 septembre



Coefficient de marée = OK

Données Dragage du GPMNSN = OK.

Pas de données sur des mortalités de poissons.

D.I.2. Exploitation du graphique annuel

Le graphique annuel montre les périodes d'hypoxie détectées de mi-avril à mi-septembre 2011. Durant cette période, la température de l'eau est supérieure à 20°C à Cordemais. En mai, la zone d'hypoxie est vaste, s'étendant entre Donges et Le Pellerin. Dans les mois qui suivent, elle semble restreinte autour de la station Syvel de Cordemais et Le Pellerin.

Quatre périodes d'anoxie sont détectées sur ce graphique : en mai, juin, août et septembre 2011. Ces anoxies sont remarquables car elles correspondent à une moyenne journalière d'oxygène dissous inférieure à 2 mg/L. En juin, on observe une anoxie brève et située dans l'estuaire aval, près de la station de Paimboeuf. En mai, l'évènement est plus long et détecté au niveau de la station de Cordemais. Durant cette période, des dragages DAS d'une intensité de niveau 3 sont signalés à proximité de la zone d'anoxie. La synchronisation des évènements est à confirmer sur le graphique mensuel. En septembre, l'extension spatiale de l'anoxie est importante et s'étend entre les stations Syvel de Paimboeuf et du Pellerin.

D.I.3. Exploitation des graphiques mensuels

Sur le graphique annuel, les mois de mai, juin et septembre 2011 indiquent des périodes d'anoxies notables associées à des dragages à proximité de la zone d'anoxie. Le mois de juillet ne subit pas d'anoxie importante tandis que les dragages du mois d'août sont éloignés de la zone anoxique. Les épisodes présentant un risque d'interactions entre dragage et anoxie sont étudiés plus précisément en produisant les graphiques mensuels correspondants.

- Mai 2011

La période hypoxique s'étend presque sur tout le mois de mai 2011. L'épisode anoxique principal est particulièrement étendu spatialement et dure du 17 au 23 mai. Cet épisode apparaît en période de déchet et de mortes-eaux. La température de l'eau augmente légèrement à partir du 20 mai pour dépasser 20°C. Les dragages par DAS sont réalisés en aval de la zone anoxique

- Juin 2011

Les conditions hypoxiques perdurent durant une grande partie du mois de juin. Le graphique indique un épisode anoxique survenu entre le 5 et le 7 juin, lors de la marée de morte-eau. Il n'y a pas de dragage réalisé durant cet épisode anoxique. En revanche, la température de l'eau au Pelerin et à Bellevue augmente légèrement au-dessus de 20°C, puis diminue à partir du 9 juin.

- Août 2011

Le début du mois est marqué par des débits faibles, inférieurs à 200 m³/s et une marée

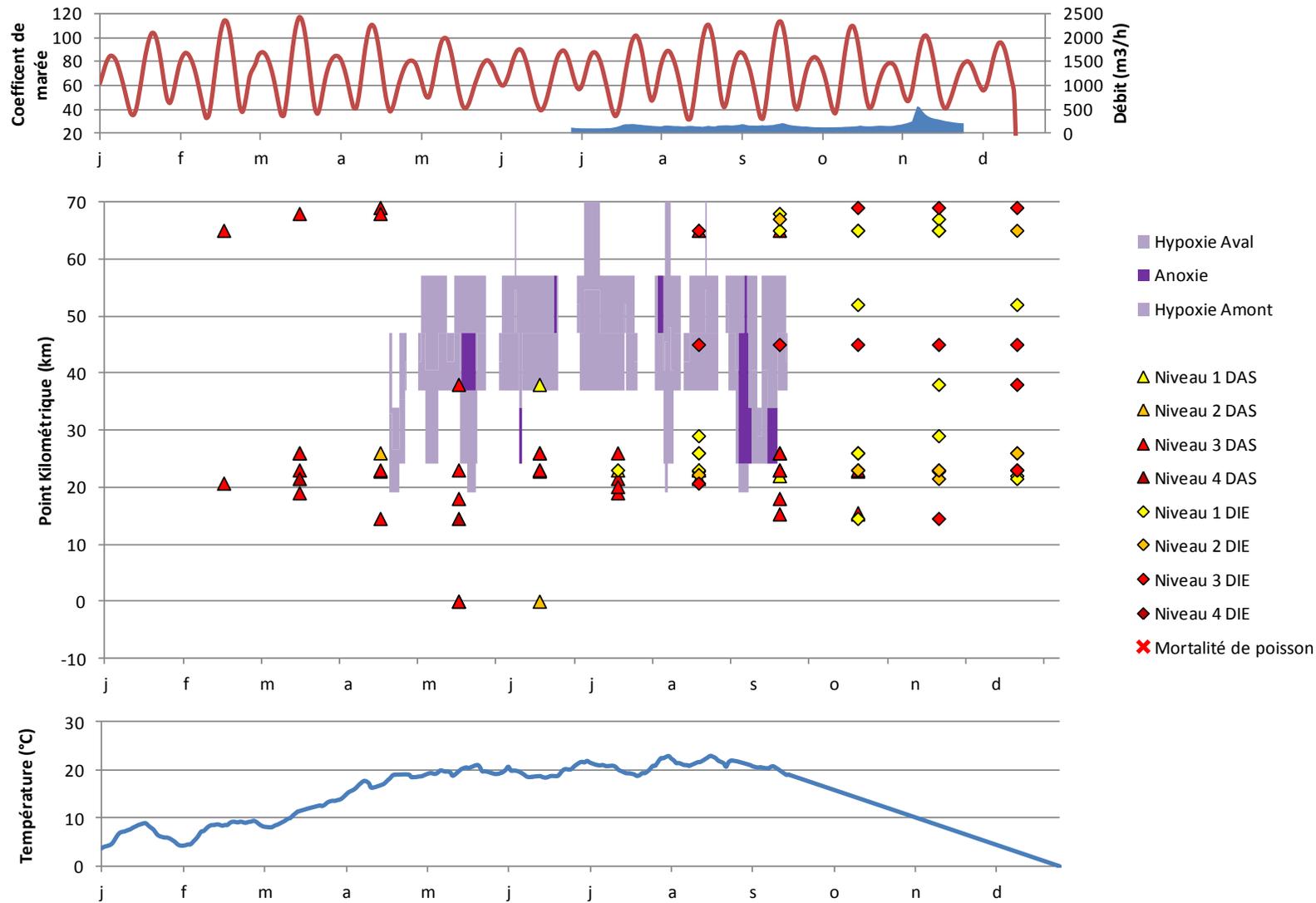
- Septembre 2011

Le début du mois est marqué par des débits faibles, inférieurs à 200 m³/s et une marée de vives-eaux. Simultanément, les conditions anoxiques sont étendues et continuent jusqu'au 5 septembre. Au cours de cette période d'anoxie importante, des dragages par injection d'eau relativement intenses ont lieu au cœur de la zone anoxique. Plus en aval, les heures de travail de la DAS sont également importantes.

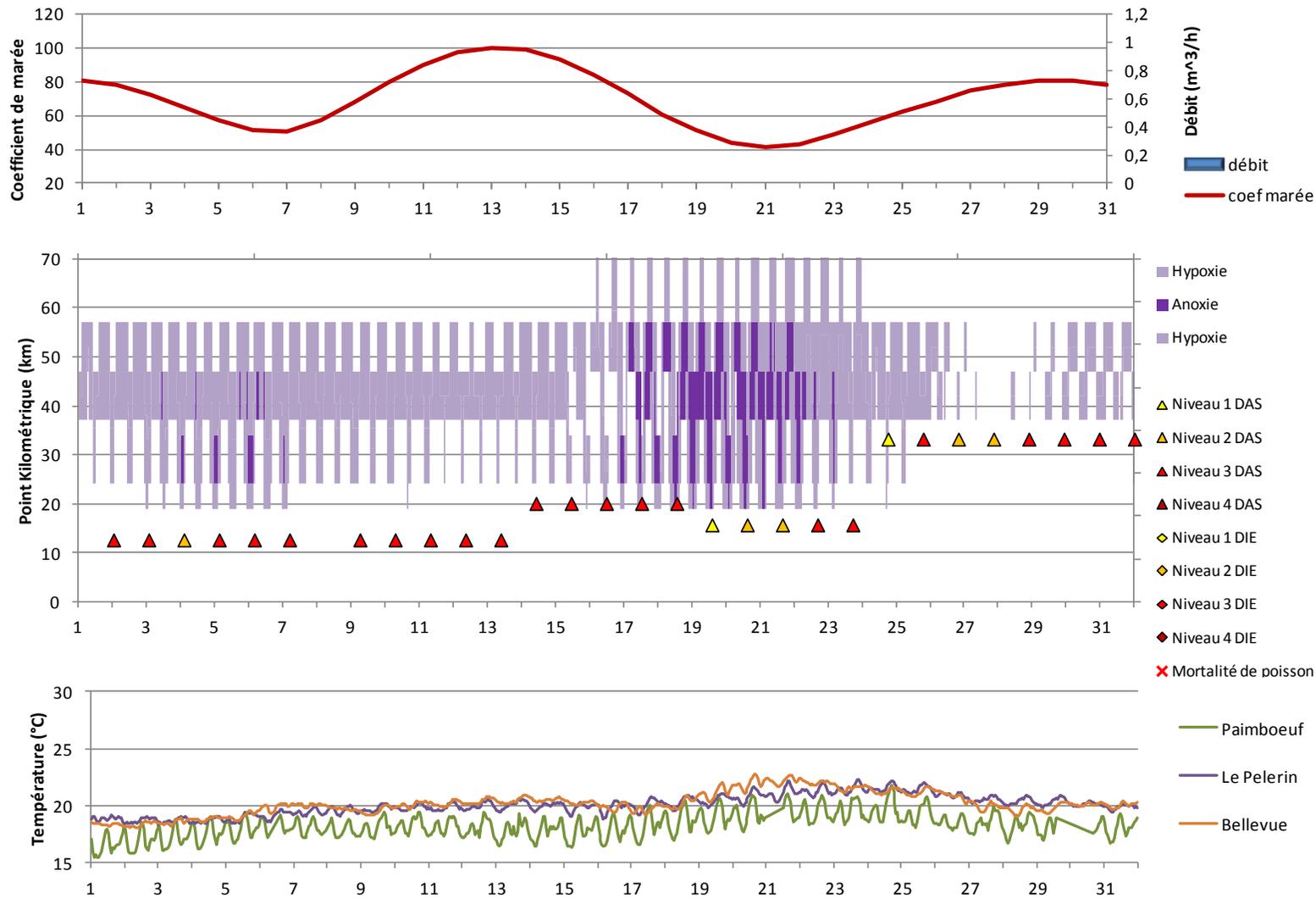
D.I.4. Bilan

Lors de l'année 2011, la relation entre anoxie et dragage n'est pas mise en évidence de façon systématique avec ces graphiques. Il faut toutefois noter que des dragages par injection d'eau ont eu lieu au début du mois de septembre dans un secteur subissant une anoxie marquée.

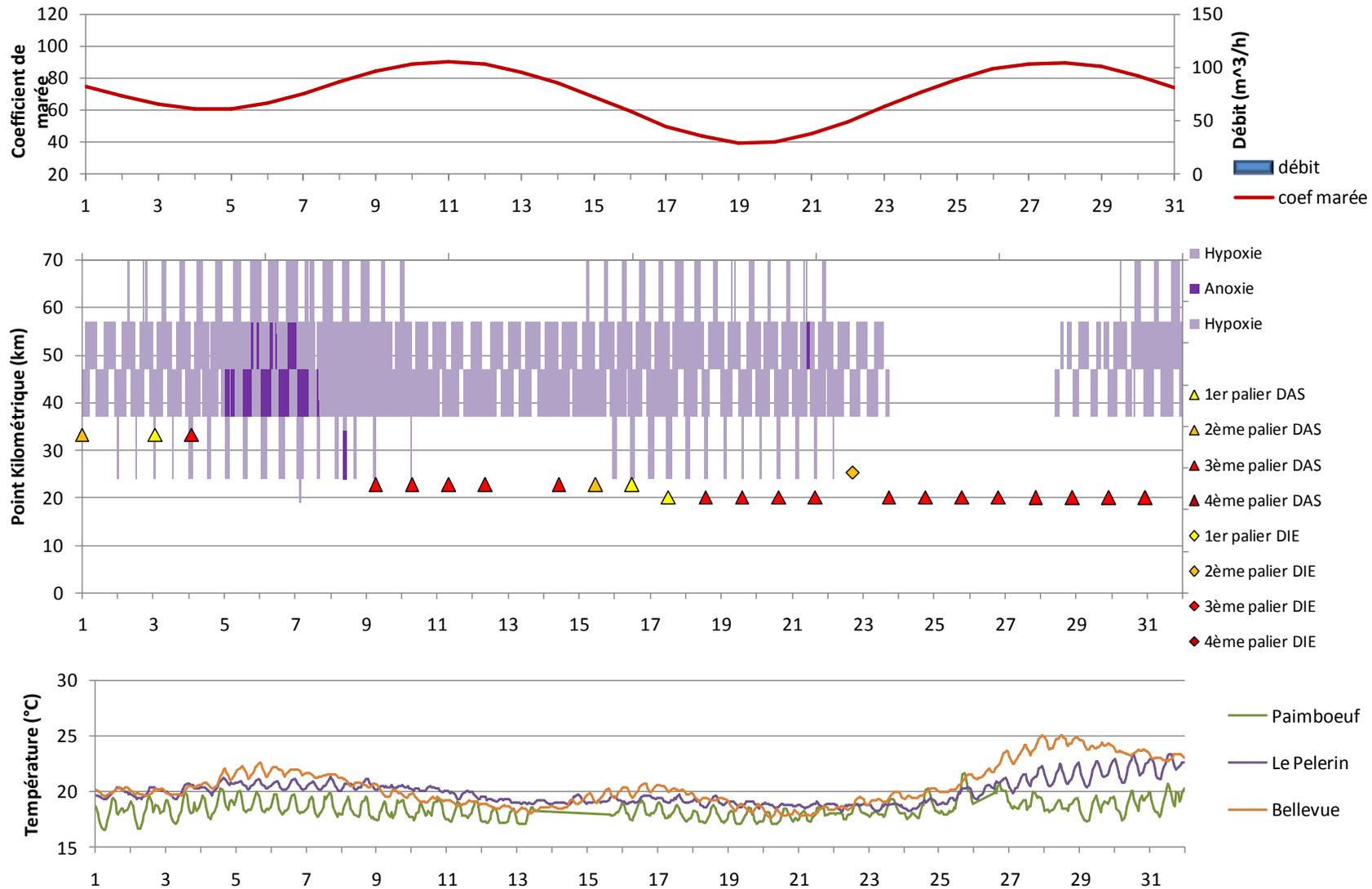
ANNEE 2011



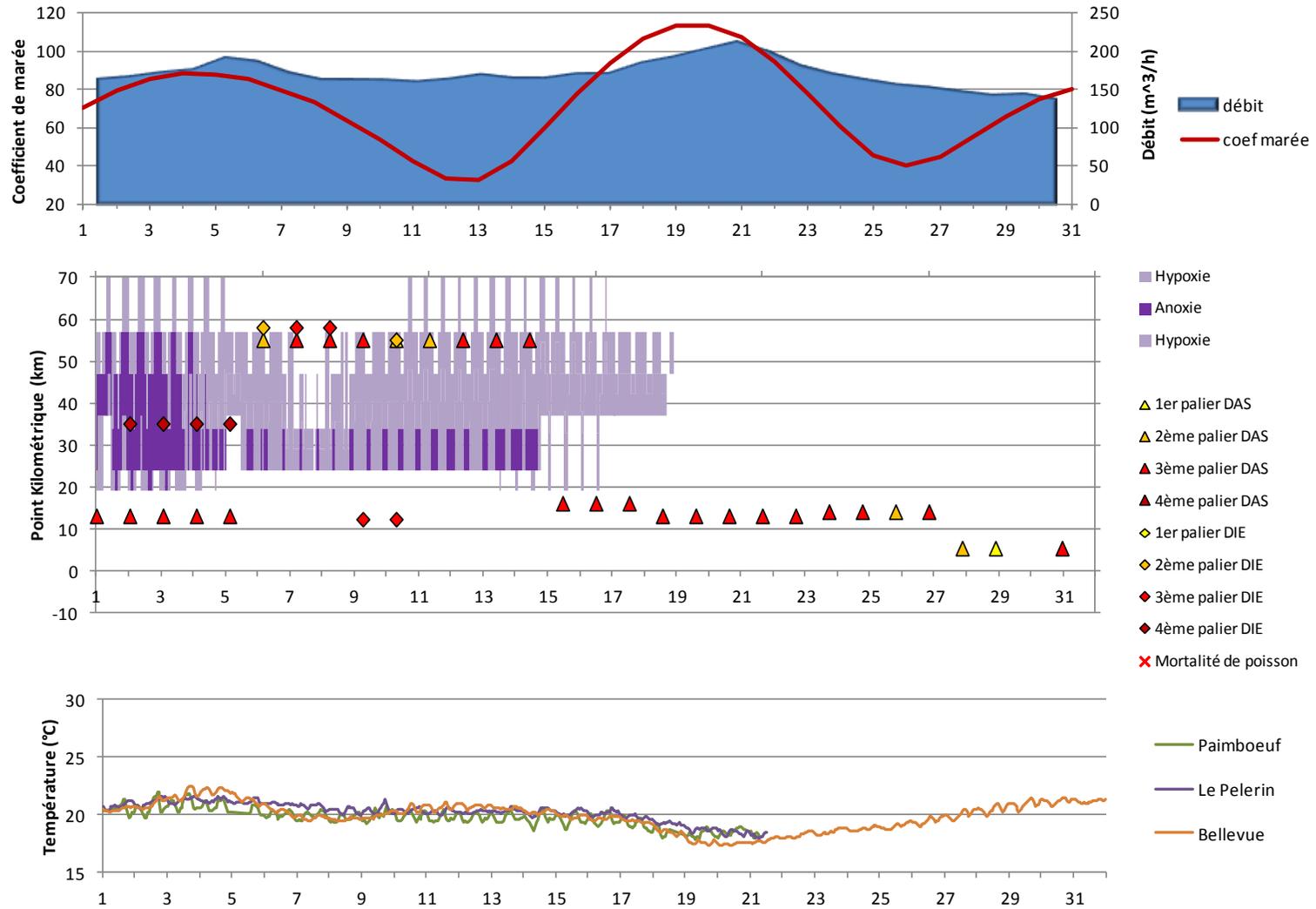
MAI 2011



JUIN 2011



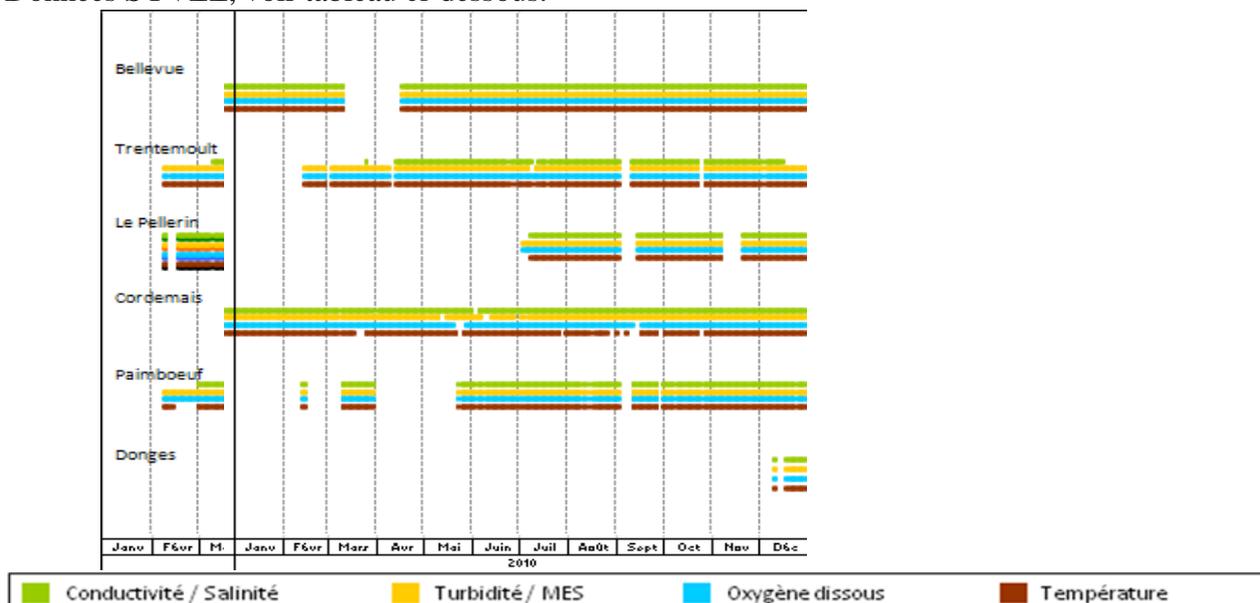
SEPTEMBRE 2011



D.II. 2010

D.II.1. Données disponibles

Données SYVEL, voir tableau ci-dessous.



Coefficient de marée = OK

Données Dragage du GPMNSN = OK.

Pas de données sur des mortalités de poissons.

D.II.2. Exploitation du graphique annuel

Le graphique d'évolution annuel montre des phénomènes d'hypoxie relativement étendus dans l'estuaire entre juin et octobre 2010, en relation avec des débits d'étiage. En août, la mise en forme graphique montre un épisode anoxique intense et étendu. La représentation d'une anoxie sur le graphique annuel correspond à une moyenne journalière d'oxygène dissous inférieure à 2 mg/L. Ainsi, en juillet, les conditions moyennes sur la journée sont hypoxiques, mais cela peut inclure des événements anoxiques de quelques heures, non représentés sur cette vision synthétique. La montée de la température au dessus de 20°C en juillet peut également être un facteur dégradant pour les poissons. En septembre, des épisodes anoxiques sont encore observés, mais de façon plus sporadique. En 2011, la moyenne mensuelle des dragages montre une activité continue et relativement intense dans l'estuaire aval, dans une zone qui semble épargnée par l'hypoxie à l'échelle de la journée. En août, période de forte anoxie, les dragages sont toujours nombreux et intenses dans la partie aval de l'estuaire. Mais il faut noter que des dragages par injection d'eau ont eu lieu dans la zone d'anoxie située en amont.

D.II.3. Exploitation des graphiques mensuels

Sur le graphique annuel, les mois d'août et de septembre 2012 indique des périodes d'anoxies notables associées à des dragages à proximité des zones anoxiques. Ces épisodes

présentant un risque d'interactions entre dragage et anoxie sont étudiés plus précisément en produisant les graphiques mensuels correspondants.

- Août 2010

En août, le débit fluvial décroît lentement et régulièrement, de 300 à 200 m³/s. Deux phases d'anoxie sont nettement détectées. Elles sont centrées sur les périodes de vives-eaux. Lors des mortes-eaux du 18 au 21 août, les conditions d'oxygénation s'améliorent sensiblement, mais restent hypoxiques. Sur ce graphique, l'intensité du dragage apparaît surtout liée au travail de la drague Jetsed, qui est susceptible de mobiliser des volumes importants de sédiment. Du 9 au 11 août, les dragages sont réalisés dans la partie amont du secteur anoxique. Du 18 au 22 août, les dragages par injection d'eau continuent, mais les conditions sont redevenues hypoxiques durant la morte-eau et une période de baisse relative de la température de l'eau. La fin du mois d'août est caractérisée par de nouveaux épisodes anoxiques, mais d'extension plus restreinte et centrée autour de Cordemais.

- Septembre 2010

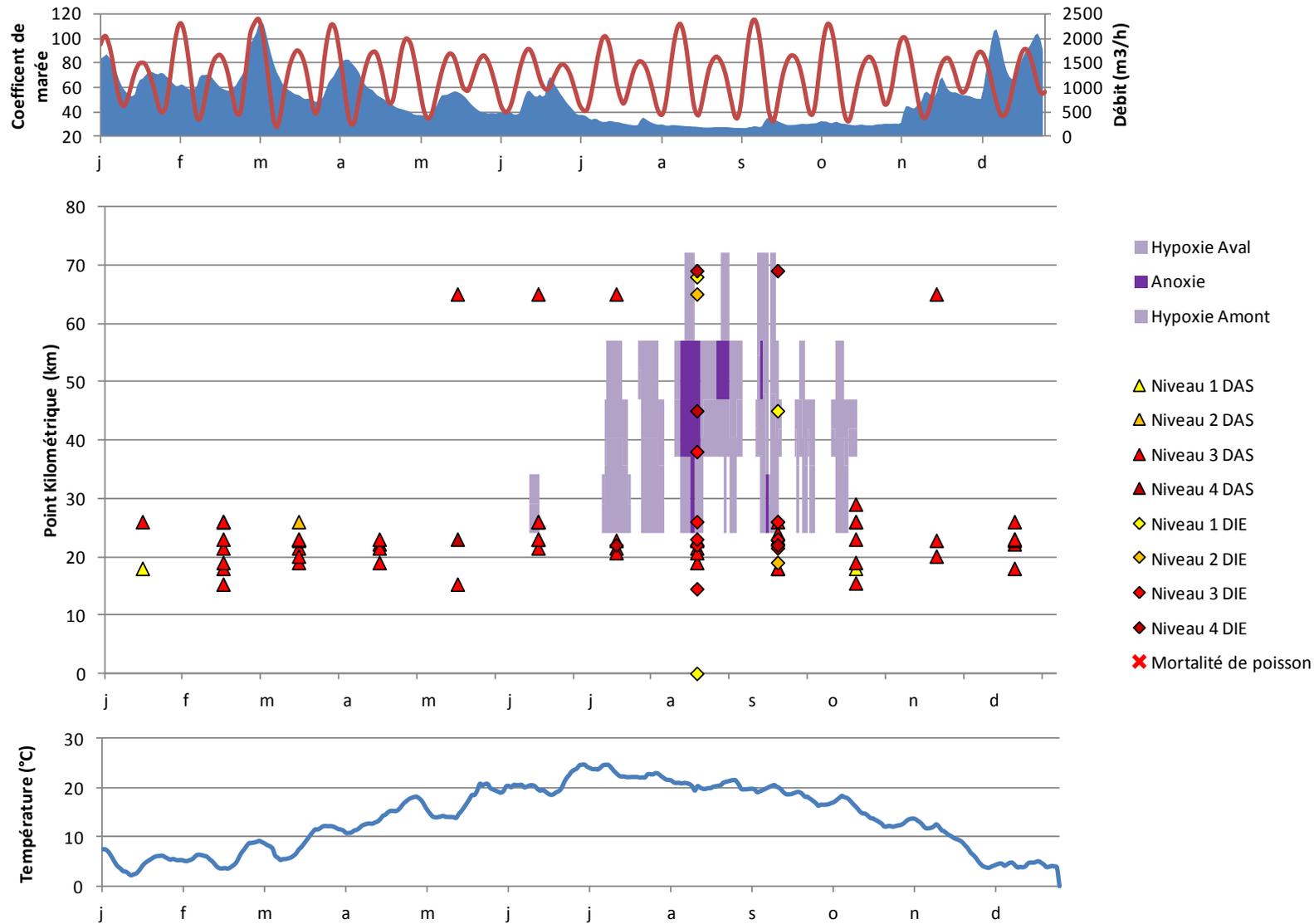
Le début du mois est caractérisé par des coefficients de marée très faibles et une amélioration notable des conditions d'oxygénation dans l'estuaire amont. De plus, le dragage par injection d'eau est réalisé dans une partie plus aval de l'estuaire. Mais le revif et les grandes marées des 9 et 10 septembre voient revenir des conditions d'oxygénation détériorées et des épisodes d'anoxie. Avec une rapide augmentation de débit jusqu'à 400 m³/s et des coefficients de marée décroissants, les valeurs de l'oxygène dissous redeviennent bonnes à partir du 17 septembre. Parallèlement, des dragages à injection d'eau sont pratiqués dans la partie amont de l'estuaire.

D.II.4. Bilan

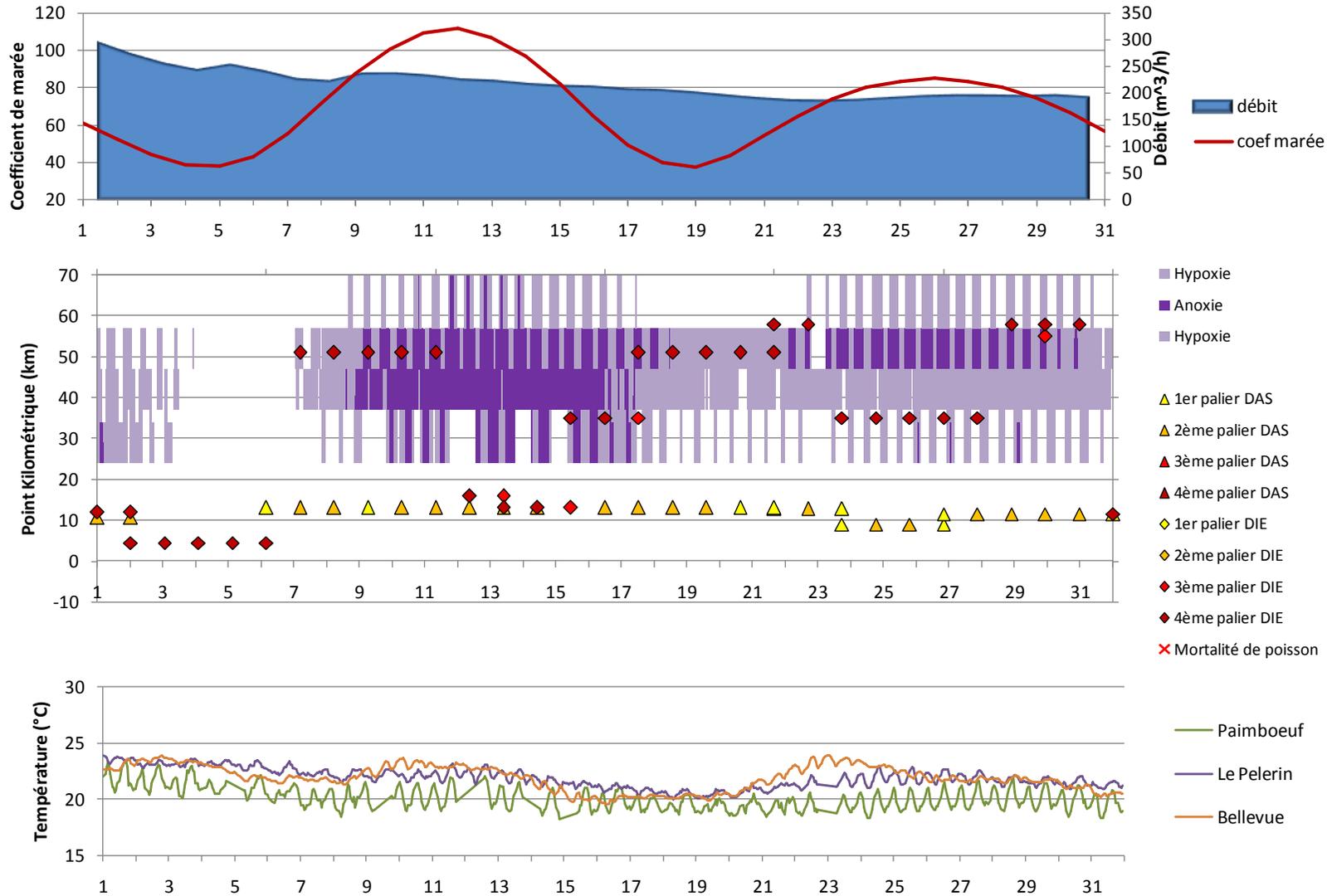
En août, autour du PK 50, le début des crises anoxiques du 9 et du 22 est associé à des dragages par injection d'eau intensifs. Une hypothèse de relation est possible. En revanche, la fin des crise anoxique sont également associée à des dragages du même type, ce qui ne permet pas de conclure sur un impact primordial des dragages, au regard des facteurs de débit croissant, de baisse de marnage et de température qui semblent prépondérant dans ce cas.

En septembre, les dragages ne sont pas situés au cœur des zones anoxiques. Ils ne sont pas liés au début des crises et n'empêchent pas la remonté du taux d'oxygène lié à la baisse des coefficients de marée et de température et à l'augmentation du débit.

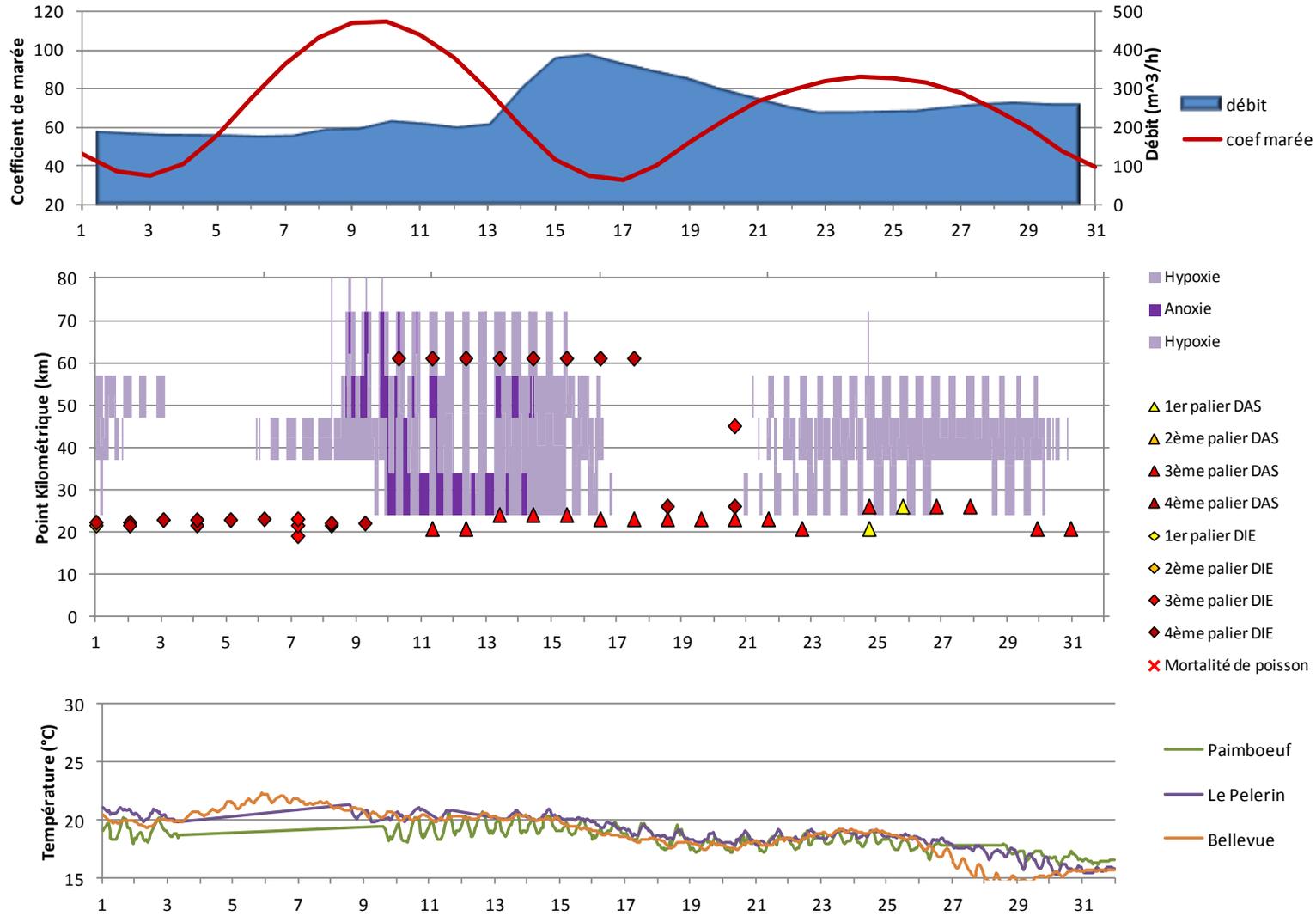
ANNEE 2010



AOUT 2010



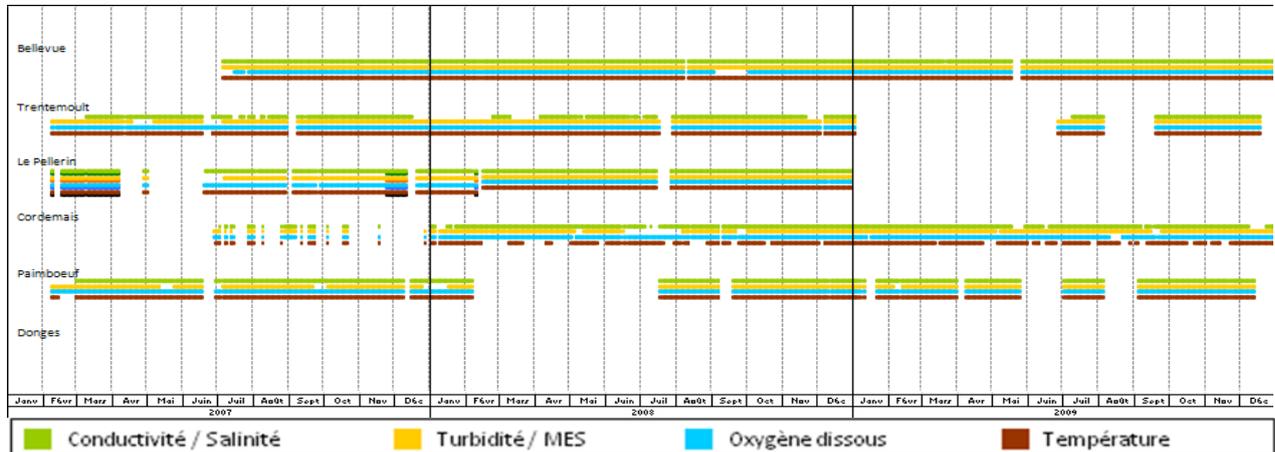
SEPTEMBRE 2010



D.I. 2009-2008-2007

D.I.1. Données disponibles

Données SYVEL, voir tableau ci-dessous.



Coefficient de marée = OK

Données Dragage annuel du GPMNSN = OK.

Pas de données sur des mortalités de poissons.

D.I.1. Exploitation du graphique annuel de 2009

Le graphique annuel montre que les périodes hypoxiques sont associées au débit plus faibles et aux températures de l'eau supérieures à 20°C dans l'estuaire. Fin juillet et fin août, deux périodes anoxiques sont observées au moment de fortes vives-eaux, dont les coefficients dépassent 100. En juillet, des dragages par drague aspiratrice stationnaire ont été réalisés à proximité du PK30 où la crise anoxique a eu lieu. En août, des dragages par injection d'eau ont eu lieu autour du PK40 qui a subi une anoxie marquée de plusieurs jours.

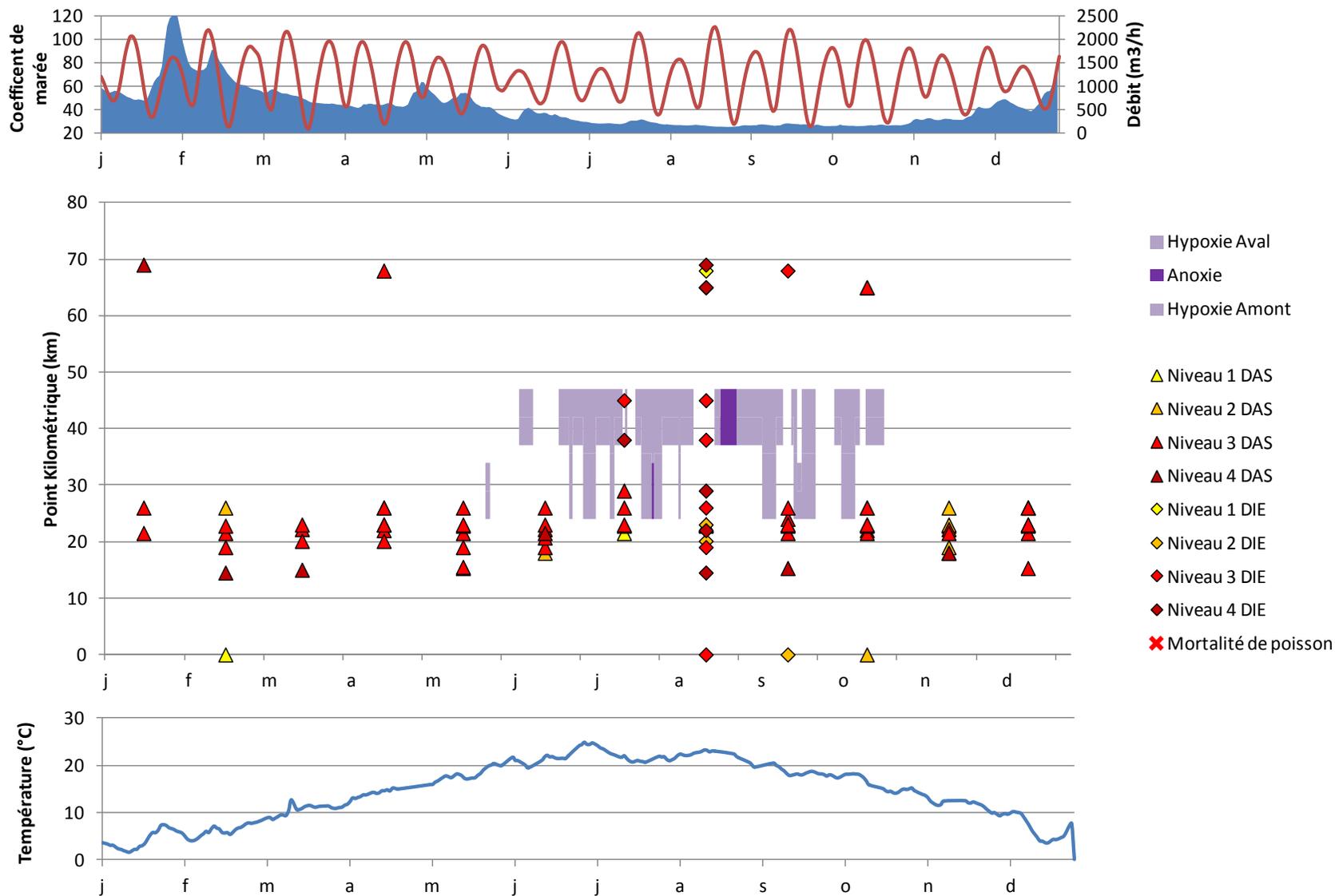
D.I.2. Exploitation du graphique annuel de 2008

Comme en 2009, les périodes hypoxiques sont associées aux conditions d'étiage. Elles se prolongent avec une légère baisse de température de l'eau, sous les 20°C. Les crises anoxiques notables se déroulent en août, autour du PK40. Ce secteur a fait l'objet de dragage par injection d'eau durant le mois touché par l'anoxie.

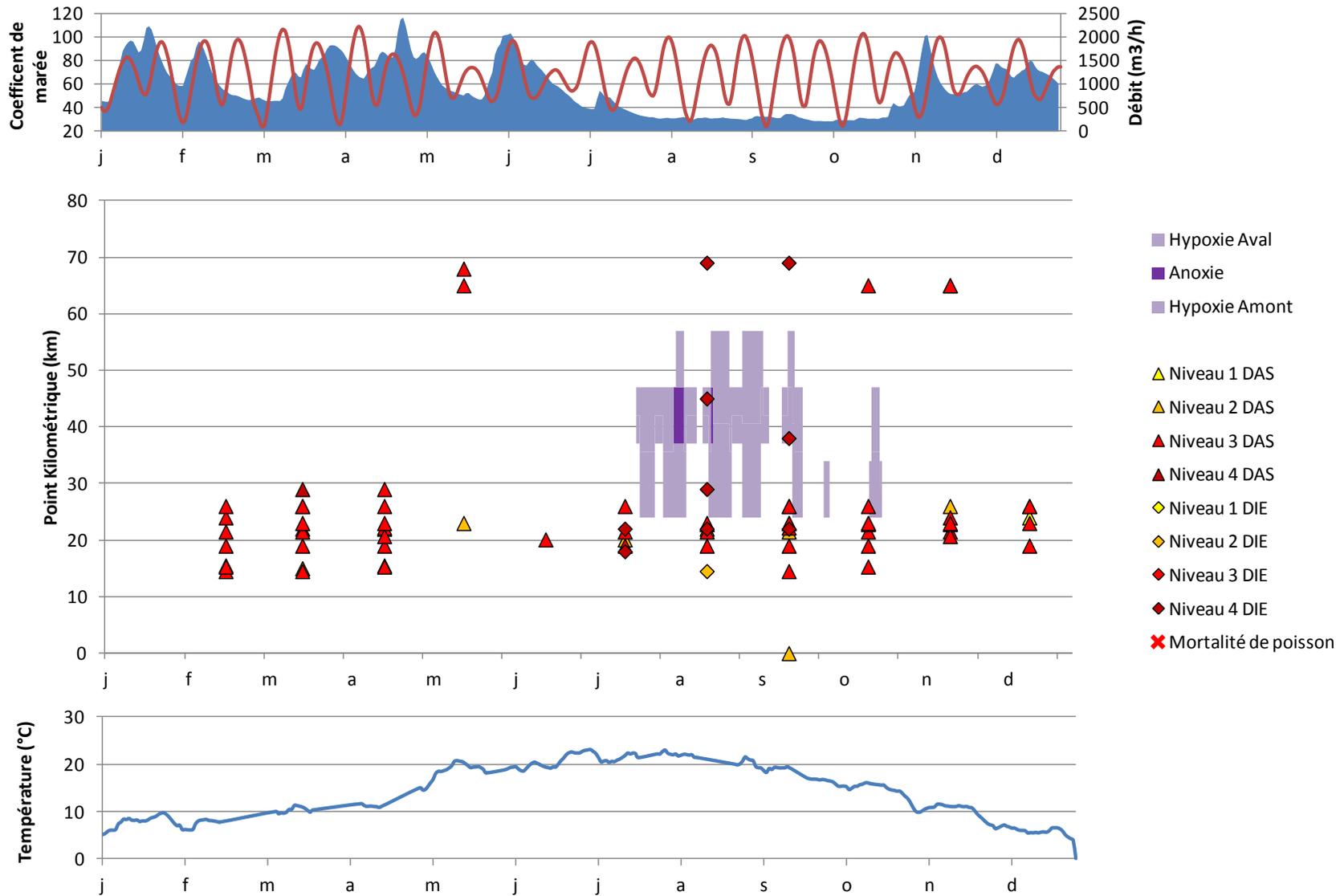
D.I.3. Exploitation du graphique annuel de 2007

En 2007, l'étiage est moins marqué que pour 2008 et 2009. Les périodes d'hypoxie sont toutefois observées dans les phases de température élevée, de débit plus faible et de marée de vive-eau. Au début des mois de septembre et octobre, deux crises d'anoxie sont indiquées sur ce graphique annuel autour du PK40. Aucun dragage n'a eu lieu dans le secteur touché au cours des mois concernés.

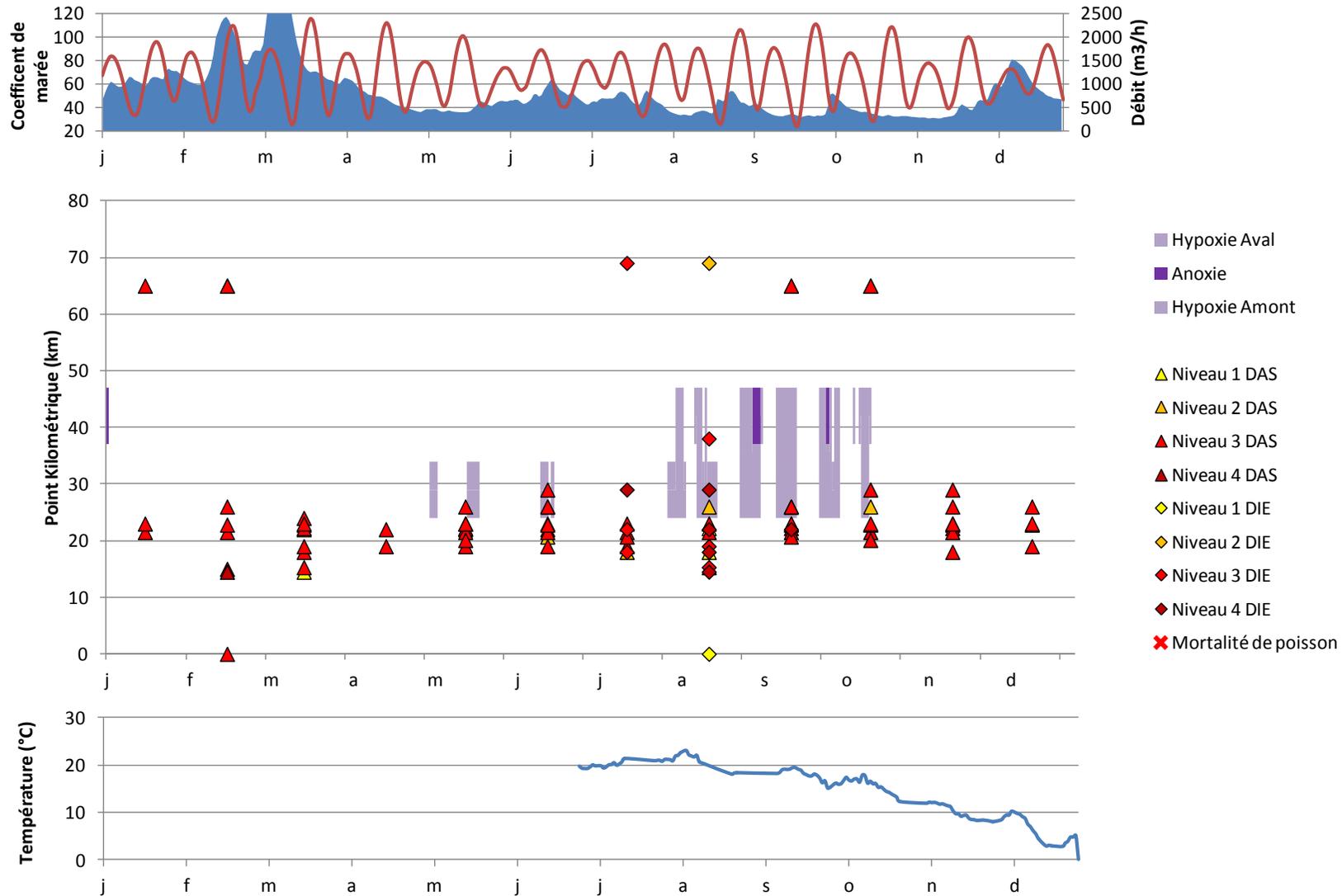
ANNEE 2009



ANNEE 2008



ANNEE 2007





E. CONCLUSION

Dans le cadre de suivis environnementaux réguliers et de la rédaction de dossiers d'autorisation, le GPMNSN cherche à évaluer les effets du dragage sur le milieu naturel de l'estuaire de la Loire. L'impact sur les conditions d'oxygénation de la masse d'eau est une question importante, car les périodes d'anoxie de l'estuaire peuvent provoquer des mortalités massives de poissons et nuire à l'écosystème.

Pour améliorer la compréhension et synthétiser les données disponibles, ce travail avait pour but de mettre au point une méthode de visualisation graphique des informations. Le but était de préparer un classeur Excel capable de prendre en charge différents jeux de données pour fournir des graphiques synthétiques sur les événements d'hypoxie-anoxie, de mortalité de poisson et les activités de dragage. L'application développée permet de visualiser l'évolution des paramètres en fonction de la position dans l'estuaire. L'évolution temporelle d'autres paramètres comme le coefficient de marée, le débit ou la température sont mis en forme parallèlement. Deux graphiques différents sont proposés, selon une échelle annuelle ou mensuelle.

Cet outil permet de décrire la succession des états, des activités de dragage et des événements dans l'estuaire, mais ne prétend pas déterminer de lien direct de causalité entre les paramètres affichés. Le travail de développement a consisté à traduire des paramètres quantifiés en indicateurs, plus simplement représentés et interprétables. Ainsi, les valeurs ponctuelles d'oxygène dissous du réseau Syvel sont représentées sous une forme spatiale interpolée et par 2 seuils caractérisant l'hypoxie et l'anoxie. Les actions de dragage sont représentées selon la méthode, la position et l'intensité, par des seuils modifiables par l'utilisateur.

Les graphiques annuels permettent de visualiser rapidement les périodes d'hypoxie et d'anoxie notables entre 2007 et 2011. A cette échelle d'observation, les secteurs subissant des crises d'anoxie ont généralement été dragués au cours du mois. Cependant l'année 2007 et le mois d'août 2011 sont marqués par des crises d'anoxie situées dans des secteurs qui n'ont pas été dragués au cours du mois. Ces graphiques annuels nous montrent que le secteur autour de Cordemais présente un risque d'anoxie marqué. Mais à proximité de la station de mesures Syvel de Cordemais, les dragages les plus impactants (ne prenant pas en compte la drague aspiratrice en marche) apparaissent moins fréquents que dans la partie aval de l'estuaire. De plus, ils sont majoritairement pratiqués par la drague à injection d'eau. Le rendement de cette drague est bien meilleur que la drague aspiratrice stationnaire, mais les suivis réalisés par le GPMNSN ces dernières années ont montré que son impact sur l'environnement était limité. En effet, la relation entre la consommation d'oxygène et le dragage est liée à la remise en suspension de matière organique accumulée dans la vase. Si elle est présente en grande quantité, cette matière organique se dégrade rapidement dans la colonne d'eau en consommant l'oxygène jusqu'à l'anoxie. Or la drague par injection d'eau permet de limiter cette remise en suspension en comparaison avec d'autres techniques de dragage.

Afin d'étudier de plus près la relation entre le dragage et les crises d'anoxie susceptibles de provoquer des mortalités de poisson, les graphiques mensuels ont été réalisés pour les années 2010 et 2011. Les graphiques ont été réalisés pour les mois présentant des anoxies notables et des dragages dans les secteurs touchés. Cette représentation permet de visualiser les épisodes hypo/anoxiques d'une heure. Les crises sont donc plus nombreuses que sur la

représentation annuelle qui prend en compte des moyennes journalières. Elles sont également plus étendues spatialement et sont généralement détectées entre le Pellerin et Paimboeuf pour les mois étudiés. En août et septembre 2010, des dragages intensifs par injection d'eau ont eu lieu dans un secteur anoxique au niveau du Pellerin. Il faut noter que ces dragages n'ont pas empêché la fin de la crise anoxique en liaison avec la baisse des coefficients de marée. En revanche, au mois d'août 2010, on peut se demander si la multiplication des jours de dragages au Pellerin n'a pas favorisé le déclenchement de la crise anoxique très localisée survenu en fin de mois. En mai et juin 2011, la représentation mensuelle montre bien que les épisodes anoxiques ne sont pas associés à des dragages impactants. En revanche, des dragages par injection d'eau sont pratiqués intensivement entre Paimboeuf et Cordemais durant la vive-eau du début septembre 2011. Cette période est marquée par une anoxie étendue de Donges au Pellerin. Au niveau de Paimboeuf, on peut se demander si le cumul des dragages n'a pas favorisé localement le prolongement de cette crise jusqu'au 14 septembre.

L'outil Excel mis au point pour cette étude est pertinent pour le suivi et l'étude a posteriori des événements et des conditions environnementales de l'estuaire lors de crise anoxique. Il permet de comparer les événements hypo/anoxique et les mortalités de poissons à des périodes de dragage. Les représentations annuelles et mensuelles doivent donc permettre de mieux suivre cette problématique d'impact des dragages sur les anoxies et les mortalités de poisson dans le temps. C'est également un moyen pour réfléchir et proposer des mesures de gestion complémentaire si nécessaire.

Mais il faut noter que les tests et les formules utilisées pour mettre en forme automatiquement les données exploitent au maximum les capacités du tableur Excel. Une fois l'importation des tableaux réalisée dans le classeur, les temps de calcul permettant la production des graphiques peuvent être longs sur un ordinateur basique. En effet, les jeux de données annuels du réseau Syvel sont importants en taille et les formules de tests systématiques utilisées dans Excel sont très consommateurs en ressources informatiques. Les améliorations possibles sont donc nombreuses, mais peuvent être développées avec d'autres outils informatiques. En premier lieu, il serait pertinent d'introduire des tests supplémentaires ayant trait à la physiologie des poissons sensibles et à leur position dans l'estuaire. L'ajout d'informations sur les MES ou la position du bouchon vaseux peut également être envisagé.