

Eiffage - Baudelet

 **EIFFAGE**

Baudelet
environnement 

Lagunes de valorisation de sédiments marins et fluviaux

AVP – Gestion des eaux



Rapport n° A130980 /F – 7 avril 2026

Projet suivi par Cécile PRINCE – 06.16.91.42.69 – cecile.prince@anteagroup.fr

Fiche signalétique

Lagunes de valorisation de sédiments marins et fluviaux AVP – Gestion des eaux

CLIENT

Eiffage - Baudelet

Branche Route - Région Nord Est
7 Rue Pierre HADOT 51100 Reims

Judith BOUCHAIN

+ 33 (0)6 30 17 66 59

judith.bouchain@eiffage.com

SITE

Carrière de Stinkal

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet

Cécile PRINCE

Interlocuteur commercial

Nicolas KETELERS

Implantation chargée du suivi du projet

Rapport / version n°

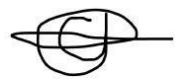
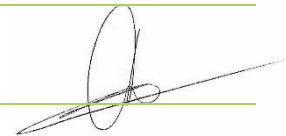
A130980 /F

Projet n°

NPCP240030

Votre commande et date

C508187806 du 11/04/24

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Cécile PRINCE	Ingénieur de projets	Avril 2026	
Approbation	Nicolas KETELERS	Directeur de Projet	Avril 2026	

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	09/07/24	33	2	Version initiale
B	19/09/25	27	0	Version suite mesures, essais complémentaires et retours DREAL
C	17/11/25	26	0	Version suite retours DREAL sept.25
D	27/11/25	28	2	Version suite retours DREAL sept.25 et remarques Eiffage
E	15/12/25	28	3	Remarques Eiffage
F	07/04/26	28	4	Ajouts suite dde informations complémentaires DREAL du 20/02/26

Sommaire

1. Contexte et objectifs	5
2. Présentation du projet	7
3. Justification du scénario de gestion retenu.....	11
4. Caractérisation des effluents générés à l'échelle du projet (volume et qualité)	12
4.1. Volume généré par le ruissellement des eaux pluviales	12
4.2. Flux générés.....	12
4.2.1. Méthodologie et hypothèses	12
4.2.2. Résultats.....	15
5. Contraintes de rejet liées au milieu récepteur.....	18
5.1. Présentation du milieu récepteur	18
5.2. Débit et qualité.....	18
5.3. Etudes complémentaires réalisées.....	19
5.4. Flux admissibles par le milieu récepteur	22
5.4.1. Méthodologie.....	22
5.4.2. Résultats.....	22
6. Valeurs seuils retenues pour le rejet en eau	24
7. Filière de traitement.....	26
8. Conclusion	28

Table des figures

Figure 1 : Localisation de la plateforme de valorisation des sédiments	8
Figure 2 : Projet de plateforme de valorisation des sédiments à Stinkal (Eiffage)	9
Figure 3 : Localisation des stations de suivi de la qualité sur la masse d'eau de la Slack	19
Figure 4 : Schéma de synthèse de l'unité de traitement des eaux	27
Figure 5 : Exemple de filtres de 2 m ³ (Desotec)	27

Table des tableaux

Tableau 1 : Valeurs limites d'acceptation des <u>sédiments non dangereux</u> sur la plateforme de valorisation de Stinkal	7
Tableau 2 : Valeurs limites à respecter pour une valorisation des sédiments en remblai K3+ ou en technique routière sur l'éluat après lixiviation	9
Tableau 3 : Valeurs limites à respecter pour une valorisation des sédiments en remblai K3+ ou en technique routière sur contenu brut	10
Tableau 4 : Comparaison des critères d'acceptation, des critères de valorisation et des sédiments susceptibles d'être accueillis à Stinkal	14
Tableau 5 : Flux spécifiques et flux générés par le projet	16
Tableau 6 : Concentrations correspondant aux flux générés par le projet.....	16
Tableau 7 : Etat et objectifs d'état de la masse d'eau « Slack » (SDAGE Artois-Picardie 2022-2027 ...	18
Tableau 8 : Synthèse de la qualité biologique des milieux récepteurs à l'aval de Stinkal (Hydrosphère – février 2024)	19
Tableau 9 : Qualité du Crembreux à Marquise en août 2023 et en mai 2025	20
Tableau 10 : Qualité du Crembreux et valeurs guides retenues pour évaluer l'impact des rejets aqueux de la plateforme de gestion des sédiments	21
Tableau 11 : Flux maximaux admissibles par Le Crembreux et concentration correspondante dans le rejet	23
Tableau 12 : Valeurs seuils retenues et nécessité d'un traitement pour le rejet en eau	24
Tableau 13 : Valeurs seuils retenues pour le rejet des eaux de la plateforme de valorisation des sédiments	28

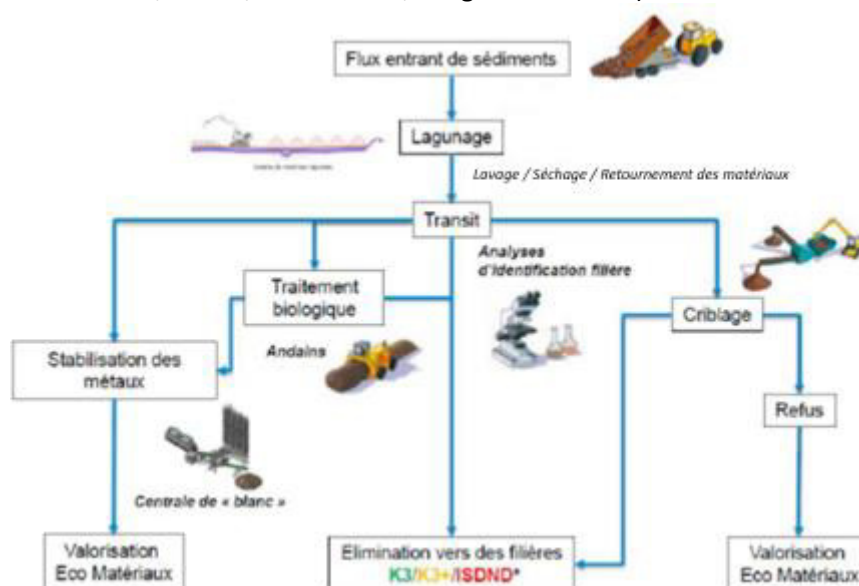
Table des annexes

Annexe I :	Tableau de synthèse des scénarios de gestion envisagés au stade faisabilité
Annexe II :	Rapport « Diagnostic hydrobiologique et piscicole » d'Hydrosphère de février 2024
Annexe III :	Note de caractérisation des cours d'eau du bassin versant de la Slack – Antea Group – Mars 2026
Annexe IV :	Exemple de fiche technique matériau adsorbant spécifique métaux

1. Contexte et objectifs

EIFFAGE et BAUDELET Environnement développent un projet confidentiel sur le site des carrières de Stinkal à Ferques, à savoir la modification du site pour la valorisation de sédiments fluviaux et marins. Comme le montre le logigramme ci-dessous, le projet consistera en un réaménagement partiel du site avec création de plusieurs lagunes destinées à accueillir des sédiments non inertes non dangereux pour ressuyage et retournement en vue, selon la qualité obtenue :

- D'une réutilisation en tant que matière première inerte pour la conception d'éco-matériaux par mélange avec des sables calcaires (STINKAL). Les éco-matériaux formulés seront des sables d'assainissement (agréés par le gestionnaire « NOREADE »), des terres fertiles ou des sables traités,
- D'une valorisation en tant que matériau de remblaiement dans le cadre de la remise en état de la carrière du Griset (K3/K3+),
- D'un stockage en tant que déchet non dangereux non inerte si le lagunage n'a pas permis d'atteindre les seuils visés (transfert vers le site de Blaringhem géré par BAUDELET ENVIRONNEMENT, ISDND/bio renforcé, éloignée de 60 km).



Les matériaux marins proviendraient des ports de Calais et Boulogne, distants de 20 km. Les sédiments fluviaux proviendraient du bassin Artois Picardie.

EIFFAGE a sollicité Antea Group / IRH Ingénieur conseil pour les accompagner au travers d'une mission de maîtrise d'œuvre. Celle-ci s'appuie sur les données déjà disponibles (Etude de l'évolution des sédiments par oxydation ; essais pilote menés par EIFFAGE accompagné de VALETUDES et visant au traitement de sédiments marins du port de Calais menés en 2022-2023 ; Note sur la caractérisation des effluents en sortie de lagune - Projet de valorisation des sédiments marins, Antea Group, 06/01/2023). Elle vise la conception et la réalisation des lagunes et des installations de traitement des eaux. Elle a pour but de définir, notamment :

- Les modalités de construction, le niveau d'étanchéité, le fonctionnement hydraulique et la stabilité géotechnique, au stade AVP, la phase PRO étant gérée par EIFFAGE INFRASTRUCTURES,
- Les modalités de traitement et de gestion des effluents générés, au stade AVP et PRO.

L'objet de ce rapport est de préciser au stade AVP les modalités de gestion des effluents générés par le projet. Il comprend les éléments suivants :

- Présentation du projet et des critères d'acceptation des sédiments,
- Justification du projet,
- Caractérisation des effluents générés à l'échelle du projet (volume et flux) sur la base des critères d'acceptation des sédiments,
- Etude des contraintes de rejet vers le milieu naturel (acceptabilité),
- Définition des valeurs seuils à retenir pour le rejet,
- Revue des traitement disponibles et filière de traitement retenue pour atteindre ces seuils.

2. Présentation du projet

De manière à gérer les sédiments marins et fluviaux non inertes non dangereux sur le site Stinkal de Ferques, le projet prévoit sur le site la création d'une plateforme de valorisation d'une capacité totale de 25 000 m³ par an, en réalisant deux campagnes par an (12 500 m³/campagne). Cette activité est soumise à autorisation au titre de la rubrique 2716 de la nomenclature ICPE.

Les sédiments marins dragués auront été préalablement égouttés bord à quai (hors périmètre de la plateforme, lié à l'opération de dragage) et présenteront une siccité de l'ordre de 75% (densité de 1,67). L'égouttage préalable des sédiments permet en effet de réduire notablement leur volume (environ 40%) et diminue d'autant le nombre de camions nécessaires pour transporter un même tonnage sec.

En plus de respecter les seuils de dangerosité des sédiments vis-à-vis des propriétés HP4 à HP8, HP10, HP11, HP13 et HP14, les sédiments non inertes non dangereux, quelle que soit leur origine, devront respecter les valeurs limites d'acceptation suivantes pour être accueillis sur le site de Stinkal.

Tableau 1 : Valeurs limites d'acceptation des sédiments non dangereux sur la plateforme de valorisation de Stinkal

Paramètres (sur éluât – après lixiviation)	Valeur limite à respecter (mg/kg M.S)
COT	500
Chlorures	30 000
Fluorures	10
Sulfates	5 000
Indices phénols	0,5
Fraction soluble	50 000
Antimoine (Sb)	0,3
Arsenic (As)	0,2
Baryum (Ba)	1
Cadmium (Cd)	0,1
Chrome (Cr)	0,1
Cuivre (Cu)	0,2
Molybdène (Mo)	2
Nickel (Ni)	0,1
Plomb (Pb)	0,1
Sélénium (Se)	0,1
Zinc (Zn)	0,5
Mercure (Hg)	0,005
TBT	0,1
Paramètres (sur contenu brut)	Valeur limite à respecter (mg/kg M.S)
COT	60 000
Hydrocarbures totaux (C10-C40)	2500
HAP (16)	100
BTEX	20
PCB (7 congénères)	1

Après validation du respect des critères d'acceptation sur la plateforme, les sédiments seront transportés sur le site de Stinkal. La plateforme de valorisation de Stinkal présentera les ouvrages suivants (voir figures suivantes) :

- Deux lagunes étanches d'une capacité unitaire de 6 250 m³ et d'une surface unitaire de 6 250 m². Chaque lagune sera équipée d'un réseau de drains en fond. La première lagune accueillera des sédiments marins et la seconde lagune accueillera des sédiments fluviaux. Les sédiments y seront alors ressuyés et retournés sur une période maximale de 6 mois.
- Un bassin étanche de stockage des eaux de ressuyage et de ruissellement (eaux pluviales). Collectées par des drains dans les lagunes, les eaux de ressuyage et de ruissellement seront acheminées vers le bassin par un dispositif de relevage. Ce bassin aura une capacité de 2 900 m³ pour une surface de 2000 m². Il pourra être divisé en deux zones identiques par un merlon, une zone de bassin étant dédiée aux eaux d'une lagune donnée, ce qui permettrait d'isoler les eaux issues de chaque lagune si besoin. Chaque zone du bassin pourra être connectée par une canalisation munie d'une vanne de sectionnement à un regard commun depuis lequel les eaux seront reprises par un dispositif de relevage.
- Une unité de traitement des eaux de ressuyage et de ruissellement, principalement chargées en chlorures, sodium et sulfates, voire en métaux. Les eaux traitées seront rejetées vers un regard depuis lequel elles seront reprises par un dispositif de relevage et envoyées vers le fossé SNCF Ouest (ou ruisseau des Broustats), plus exactement à l'aval immédiat du préleveur automatique des eaux d'exhaure (rejet C). Le fossé SNCF Ouest rejoint ensuite Le Crembreux, affluent de la Slack. Il est prévu la possibilité de retourner les effluents après l'unité de traitement vers le bassin de stockage en cas de non-respect des valeurs seuils fixées.



Figure 1 : Localisation de la plateforme de valorisation des sédiments

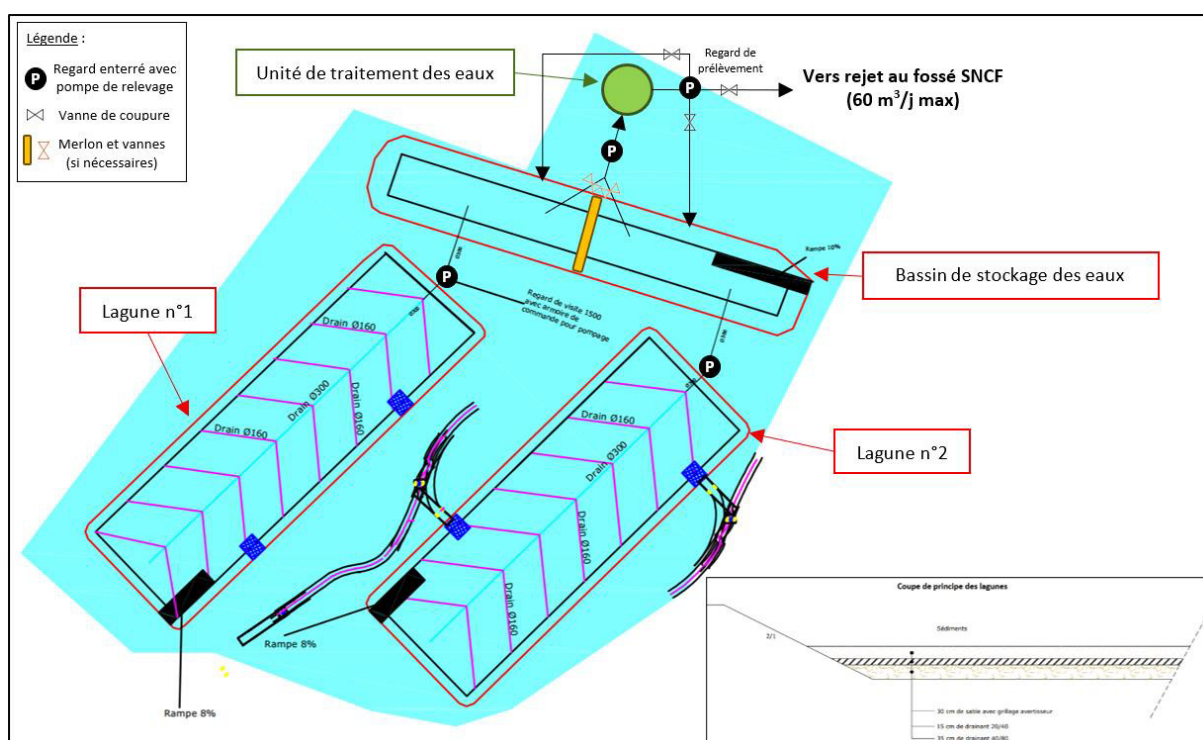


Figure 2 : Projet de plateforme de valorisation des sédiments à Stinkal (Eiffage)

Après analyse, les sédiments seront curés à la pelle mécanique puis transportés, selon les résultats d'analyses, vers un des trois exutoires identifiés précédemment (valorisation routière, valorisation en remblaiement K3+ dans le cadre de la remise en état du site, plateforme BAUDELET).

Tableau 2 : Valeurs limites à respecter pour une valorisation des sédiments en remblai K3+ ou en technique routière sur l'éluât après lixiviation

Paramètres (sur éluât – après lixiviation)	Valeurs limites à respecter (mg/kg M.S)	Valeurs limites à respecter (mg/kg M.S)
	Remblai K3+ GRISET	Technique routière
COT	500	500
Chlorures	2 400	800
Fluorures	30	10
Sulfates	3 000	1000
Indices phénols	3	1
Fraction soluble	12 000	4000
Antimoine (Sb)	0,18	0,06
Arsenic (As)	1,5	0,5
Baryum (Ba)	60	20
Cadmium (Cd)	0,12	0,04
Chrome (Cr)	1,5	0,5
Cuivre (Cu)	3	2
Molybdène (Mo)	1,5	0,5
Nickel (Ni)	1,2	0,4
Plomb (Pb)	1,5	0,5
Sélénium (Se)	0,3	0,1
Zinc (Zn)	12	4
Mercuré (Hg)	0,03	0,01

Tableau 3 : Valeurs limites à respecter pour une valorisation des sédiments en remblai K3+ ou en technique routière sur contenu brut

Paramètres (sur contenu brut)	Valeurs limites à respecter (mg/kg M.S)	Valeurs limites à respecter (mg/kg M.S)
	K3+ GRISET	Technique routière
COT	60 000	30 000
Hydrocarbures totaux (C10-C40)	500	500
HAP (16)	50	50
BTEX	6	6
PCB (7 congénères)	1	1

Ce rapport a pour objet la caractérisation des eaux générées (quantitative et qualitative) et des traitements à mettre en place pour respecter les valeurs seuils retenues en vue de maintenir ou d'atteindre le bon état du milieu récepteur.

3. Justification du scénario de gestion retenu

Divers scénarios de gestion des sédiments ont été étudiés (voir tableau de synthèse en annexe), avec un scénario initial de base comprenant un égouttage puis un ressuyage des sédiments marins sur le site de Stinkal. Les scénarios complémentaires cherchant à réduire les impacts du projet sur le milieu récepteur se sont basés sur :

- Une réduction du débit rejeté :
 - Par une augmentation du volume de stockage dans le bassin (rejet passant de 120 m³/j à 60 m³/j en passant d'un volume de bassin de 1545 m³ à 2900 m³),
 - Par une couverture des lagunes par des serres mobiles lors de la phase d'égouttage (rejet passant de 120 m³/j à 60 m³/j),
 - Par une réutilisation directe des effluents générés, à hauteur de 30 m³/j, pour un usage de brumisation sur le site de Stinkal (rejet passant à 30 m³/j),
- Une suppression de l'égouttage des sédiments sur le site Stinkal pour privilégier un égouttage bord à quai (hors périmètre). L'égouttage préalable des sédiments permettrait de réduire leur volume d'environ 40% et diminuerait d'autant le nombre de camions nécessaires pour transporter un même tonnage sec de sédiments à Stinkal. La capacité des lagunes étant fixe, un pré-égouttage à l'amont permet in fine d'accueillir plus de tonnage sec de sédiments.
- Une limitation de la proportion d'accueil de sédiments marins à 50% de la capacité des lagunes (réduction d'un facteur deux des flux en sels générés– chlorures, sodium).

Les flux générés dans certains scénarios, notamment en chlorures, nécessitaient un traitement par osmose inverse pour préserver le milieu à l'aval. Cette solution semble déraisonnable au regard du coût des traitements (700 à 1 000 000 € HT d'investissement et 400 à 900 000 €HT/an d'exploitation) et de leurs impacts environnementaux (consommation énergétique, gestion des concentrats, trafic lié à l'élimination des concentrats).

Par ailleurs, la réutilisation des effluents générés pour un usage de brumisation sur le site de Stinkal (traités ou non) n'apparaît pas non plus pertinente au regard de l'infiltration possible des effluents vers le sous-sol et la nappe.

Enfin, le bassin pourra être divisé en deux zones identiques par un merlon, une zone de bassin étant dédiée aux eaux d'une lagune donnée, ce qui permettrait d'isoler les eaux correspondantes si besoin.

C'est pourquoi le projet retenu intègre :

- un égouttage des sédiments préalable bord à quai,
- un volume de stockage important permettant de limiter le débit rejeté à 60 m³/j maximum,
- une limitation de la proportion d'accueil de sédiments marins à une seule lagune (50% de la capacité totale de traitement),
- la possibilité de diviser le bassin de stockage des eaux en deux zones (une zone par lagune).

4. Caractérisation des effluents générés à l'échelle du projet (volume et qualité)

4.1. Volume généré par le ruissellement des eaux pluviales

Le volume d'eau généré par le ruissellement des eaux pluviales est proportionnel à la superficie des lagunes et bassins considérés à l'échelle du projet, et non à la quantité de sédiments stockés.

Les calculs sont effectués sur la base de :

- Une surface de lagunes de 12 500 m² (2 lagunes de 6 250 m²).
- Un bassin de stockage des eaux d'une surface de 2000 m².

Sont uniquement prises en compte les eaux pluviales générées par les surfaces des lagunes et du bassin de stockage des eaux.

Le volume d'eaux pluviales généré est évalué avec la pluviométrie journalière au cours de l'essai pilote (de mai 2023 à avril 2024), la pluviométrie de la période étant plutôt défavorable (forte pluviométrie). Sur cette base, le volume total d'eaux issues des eaux pluviales est estimé à environ **15 500 m³ sur l'année.**

Sur cette base, pour un pompage max. de 60 m³/j (45 m³/j en moyenne), en supposant qu'un pompage a lieu dès qu'il y a de l'eau dans le bassin, le volume à stocker est de 2 900 m³.

A noter que la doctrine sur la gestion des eaux pluviales au sein des ICPE soumises à Autorisation de la DREAL Hauts de France de 2017 indique, pour le bassin versant de la Slack, de prendre en compte une pluie centennale avec un débit de fuite de 2 l/s/ha. Le débit de 60 m³/j (0,5 l/s/ha) est bien inférieur au débit de fuite imposé. Pour un tel débit et une surface de 14 500 m², un volume d'environ 1950 m³ est nécessaire. Le bassin prévu de 2 900 m³ est donc largement capacitaire pour gérer la pluie centennale.

Un bassin de stockage des eaux de 2900 m³ permettra donc de conserver un volume tampon d'environ 1000 m³ sans que cela remette en cause la gestion de la pluie centennale.

4.2. Flux générés

4.2.1. Méthodologie et hypothèses

L'estimation des flux générés est basée sur les résultats d'analyses des eaux générées dans le cadre de l'essai pilote réalisé par Eiffage de 2023 à 2024 pour évaluer le comportement des sédiments marins non dangereux non inertes soumis par action mécanique (retournement) aux conditions climatiques (pluie, vent, soleil).

La représentativité de ces analyses se justifie par le fait que les critères d'acceptation des sédiments définis précédemment au §2 ont été établis pour correspondre à la fois (voir tableau ci-dessous) :

- Aux caractéristiques des sédiments marins accueillis lors de l'essai pilote (prélèvement bord à quai dans le bassin Carnot du Port de Calais en mai 2023).

- Aux caractéristiques des sédiments marins (prélèvement en plusieurs points du bassin Carnot du Port de Calais en 2024) et fluviaux utilisés dans le cadre des essais statiques et cinétiques d'évaluation et de correction du caractère acidogène des sédiments.
- Aux caractéristiques des sédiments marins trouvées dans la bibliographie (principalement le rapport Qualité chimique des sédiments marins en France : Synthèse des bases de données disponibles de l'INERIS de 2010).
- Aux caractéristiques des sédiments fluviaux de la région déjà rencontrés par Eiffage dans le cadre de divers chantiers (canal d'Ardres, canal de Bourbourg, canal de Neufossé, canal d'Aire à Béthune, ...)

Le tableau page suivante permet de mettre en évidence que :

- Concernant les paramètres sur éluat, la plupart des valeurs limites des critères d'acceptation de Stinkal, choisies sur la base de la caractérisation réelle et bibliographique des sédiments, sont inférieures aux critères de valorisation K3+ et de valorisation en technique routière excepté pour les chlorures, les sulfates, la fraction soluble, l'antimoine et le molybdène.
- Pour les paramètres sur contenu brut, seule la valeur limite d'acceptation sur Stinkal en PCB respecte les critères de valorisation en K3+ ou en technique routière. Les HAP, BTEX et HCT présentent des valeurs limites d'acceptation à Stinkal bien plus élevées que les critères de valorisation.
- Les sédiments de l'essai pilote présentent des teneurs en métaux sur le contenu total bien plus élevées que l'échantillon prélevé pour les essais statiques et que les valeurs trouvées dans la bibliographie. Pour autant, les teneurs en métaux lixiviables restent faibles, voire ne sont pas quantifiées, autant sur les sédiments prélevés pour le pilote que sur les sédiments prélevés pour les essais statiques. Pour les métaux lixiviables quantifiés (antimoine, baryum, molybdène, zinc), les teneurs sur les sédiments prélevés pour le pilote sont malgré tout supérieures à celles des sédiments prélevés pour les essais statiques.

Ainsi, les paramètres lixiviables et donc susceptibles d'être émis dans l'eau sont ainsi essentiellement des chlorures et des sulfates, et dans une moindre mesure du molybdène et de l'antimoine. Les hydrocarbures totaux, HAP et BTEX, substances non lixiviables, seront essentiellement traitées par retournement des sédiments.

Tableau 4 : Comparaison des critères d'acceptation, des critères de valorisation et des sédiments susceptibles d'être accueillis à Stinkal

Paramètres	Critères acceptation Stinkal	Valorisation K3+ GRISET	Valorisation en technique routière	PILOTE - Sédiments marins Prélèvement bord à quai dans le bassin Carnot		Essais statiques & cinétiques		Bibliographie INERIS – Sédiments Marins		Sédiments fluviaux régionaux Données Eiffage	
				09/05/23 A réception	01/06/23 Après égouttage	Marin Bassin Carnot 11/10/24	Fluvial 11/10/24	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
				SUR ELUAT – APRES LIXIVIATION – en mg/kgMS							
COT	500	500	500	90,7	64,1	NA	NA	NA	NA	187	129
Chlorures	30 000	2 400	800	15 800	10 900	11 000	61,1	NA	NA	244	321
Fluorures	10	30	10	<5	<5	NA	NA	NA	NA	<5	0,7
Sulfates	5 000	3 000	1 000	2 300	3 290	1 510	<50,3	NA	NA	956	580
Indices phénols	0,5	3	1	<0,5	<0,5	NA	NA	NA	NA	<0,5	0
Fraction soluble	50 000	12 000	4 000	33 600	26 200	NA	NA	NA	NA	3 587	3 482
Antimoine (Sb)	0,3	0,18	0,06	0,17	0,13	0,11	0,026	NA	NA	0,034	0,016
Arsenic (As)	0,2	1,5	0,5	<0,1	<0,1	0,115	<0,101	0,087	0,092	0,084	0,042
Baryum (Ba)	1	60	20	0,38	0,86	0,137	0,118	NA	NA	0,334	0,194
Cadmium (Cd)	0,1	0,12	0,04	<0,1	<0,01	<0,002	<0,002	0,0032	0,0018	<0,002	0
Chrome (Cr)	0,1	1,5	0,5	<0,1	<0,01	<0,10	<0,10	0,078	0,087	<0,1	0
Cuivre (Cu)	0,2	3	2	<0,1	<0,01	<0,100	<0,101	0,03	0	0,099	0,088
Molybdène (Mo)	2	1,5	0,5	1,53	0,79	0,623	0,051	NA	NA	0,061	0,026
Nickel (Ni)	0,1	1,2	0,4	<0,1	<0,1	<0,100	<0,101	0,03	0	0,05	0,01
Plomb (Pb)	0,1	1,5	0,5	<0,1	<0,1	<0,100	<0,101	0,023	0,004	<0,1	0
Sélénium (Se)	0,1	0,3	0,1	<0,05	<0,05	<0,01	0,03	NA	NA	0,051	0,013
Zinc (Zn)	0,5	12	4	<0,1	0,24	<0,100	<0,101	0,03	0	0,104	0,111
Mercure (Hg)	0,005	0,03	0,01	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	0,009	0,0004	0,001	0,002
TBT	0,1	NC	NC	<0,02	<0,1	NA	NA	0,0001	0,0003	NA	NA
SUR CONTENU BRUT – en mg/kgMS											
COT	60 000	60 000	30 000	48 700	20 700	28 900	44 800	26 013	20 536	20 419	13 730
Antimoine (Sb)	NC	NC	NC	NA	NA	2,8	<1,02	NA	NA	NA	NA
Arsenic (As)	330*	NC	NC	23,9	31,4	11,9	3,87	13,85	9,22	5,56	1,30
Baryum (Ba)	NC	NC	NC	NA	NA	43,8	53,4	NA	NA	NA	NA
Cadmium (Cd)	530*	NC	NC	13,9	19,7	4,47	0,56	0,6	0,92	0,64	0,16
Chrome (Cr)	250 (Cr VI)*	NC	NC	35,5	38,1	19,1	16	56,2	46,7	21,9	7,3
Cuivre (Cu)	4 000*	NC	NC	172	132	94,8	16,4	85,2	161	18,0	7,9
Molybdène (Mo)	NC	NC	NC	NA	NA	2,38	<1,02	NA	NA	NA	NA
Nickel (Ni)	130*	NC	NC	14,1	15,9	9,7	11,4	23,6	21,2	13,5	5,3
Plomb (Pb)	1 000*	NC	NC	941	1370	276	27,7	56,6	78,2	26,7	6,8
Sélénium (Se)	NC	NC	NC	NA	NA	<1,00	<1,02	NA	NA	NA	NA
Zinc (Zn)	7 230*	NC	NC	4461	6420	1650	122	219	249	109,1	46,0
Mercure (Hg)	500*	NC	NC	2,13	4,18	0,5	<0,10	0,5	4,39	0,20	0,07
Hydrocarbures totaux (C10-C40)	2 500	500	500	150	86	329	254	410	863	253	145
Somme des HAP	100	50	50	39	40,06	3,1	1,9	5,36	16,1	6,04	6,95
BTEX	20	6	6	<0,25	<0,25	NA	NA	NA	NA	0,24	0,12
7 PCB	1	1	1	0,17	0,13	NA	NA	0,139	0,239	0,010	0,016
TBT	3 000*	NC	NC	<0,02	<0,1	NA	NA	1,006	7,048	NA	NA

* seuils de dangerosité des sédiments vis-à-vis des propriétés HP4 à HP8, HP10, HP11, HP13 et HP14

NC : Non Concerné// NA : Non Analysé

Lors de l'essai pilote, une augmentation progressive du zinc lixiviable a été constatée sur les sédiments et le zinc a été quantifié dans les eaux. Ce phénomène s'explique par une présence marquée de sulfures métalliques dans les sédiments du pilote, surtout en sulfures de zinc, qui subissent une oxydation à la suite du dragage et des retournements en lagune provoquant une acidification et un relargage des sulfates et des éléments traces métalliques (ETM). Ces sulfates et ETM sont ensuite lavés par les eaux météoriques. La présence marquée de sulfures de zinc dans les sédiments du pilote se traduit par une teneur élevée en zinc sur le contenu total, qui n'a pas été retrouvée dans ces proportions lors des prélèvements ultérieurs pour les essais statiques et cinétiques et ne semble pas représentative d'après la bibliographie. Le prélèvement des sédiments de l'essai pilote ayant été réalisé bord à quai, la présence marquée de sulfures de zinc peut s'expliquer par les activités historiques de transbordement de pondéreux chargé en sulfures métalliques, probablement réalisées bord à quai, liées aux approvisionnements des industries locales.

Il sera donc supposé dans la suite que, pour les sédiments marins, le phénomène de libération des sulfates et ETM n'a pas lieu dans les proportions observées sur le pilote à l'échelle d'un volume de dragage de plusieurs milliers de m³ (flux émis divisé par 3 pour les sulfates et divisé par 8 pour le zinc par rapport aux valeurs du pilote).

De plus, la caractérisation des sédiments fluviaux du tableau précédent montre :

- Des teneurs en chlorures lixiviables quasi-nulles en comparaison de celles des sédiments marins (> 10 000 mg/kgMS contre 244 mg/kgMS).
- Des teneurs en sulfates lixiviables également bien moindres.
- Des teneurs en zinc lixiviables équivalentes (0,1 mg/kgMS) mais des teneurs en contenu total bien moindre que les sédiments marins (env. 5 000 et 1 650 mg/kgMS contre environ 100 mg/kgMS).

Les essais statiques ont par ailleurs permis de mettre en évidence une teneur en sulfates maximale libérable (sulfates à l'acide contexte pyrite) par les sédiments fluviaux (1260 mg/kgMS) bien inférieure (facteur 4,1) à la valeur mesurée sur les sédiments marins des essais statiques (5 190 mg/kgMS). Les sédiments fluviaux libéreront 4 fois moins de sulfates et donc au moins 4 fois moins de zinc que les sédiments marins. **Il sera donc supposé que les sédiments fluviaux n'émettent pas de chlorures et émettent des sulfates et du zinc en quantités diminuées d'un facteur 4 par rapport aux sédiments marins.**

4.2.2. Résultats

Sur la base des résultats d'analyses des eaux générées dans le cadre de l'essai pilote mené par Eiffage de 2023 à 2024, des flux spécifiques d'émission ont été déterminés en vue d'évaluer les flux générés par le projet. Le sodium, principal constituant d'eau de mer avec les chlorures et les sulfates est ajouté à la liste des paramètres déjà établis. Il est supposé que les sédiments fluviaux se comporteront de la même façon que les sédiments marins, hormis pour les chlorures, le sodium (absence d'émission pour les sédiments fluviaux) et les sulfates et le zinc (4 fois moins d'émission que les sédiments marins). Les flux spécifiques, exprimés en kg/mm/tMS, correspondent à la quantité du paramètre émise lors du ruissellement d'une pluie de 1 mm sur une tonne sèche de sédiments.

Les flux générés ont été évalués sur la base de ces flux spécifiques, de la pluviométrie importante constatée sur la période du pilote (mai-23 à avril-24) et d'un tonnage total de 16 070 tMS de sédiments stockés dans les lagunes (50% sédiments marins- 50% sédiments fluviaux – 12 500 m³ de sédiments égouttés avec une siccité de 77% et une densité de 1,67). Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Flux spécifiques et flux générés par le projet

Paramètres	Flux spécifique sédiments marins (kg/mm/tMS)	Flux spécifique sédiments fluviaux (kg/mm/tMS)	Flux moyen généré par le projet (kg/j) 45 m ³ /j	Flux max. généré par le projet (kg/j) 60 m ³ /j
Sodium	0,0068	0	170	226
MES	15 mg/l		0,675	0,900
DCO	9,8.10 ⁻⁵		4,9	6,5
COT	1,1.10 ⁻⁴		5,5	7,5
Chlorures	0,0109	0	272	362
Fluorures	3,2.10 ⁻⁶		0,160	0,214
Sulfates	0,0025	0,00062	77,9	104
Antimoine (Sb)*	6,75.10 ⁻⁸		0,0035	0,0045
Arsenic (As)*	4,5.10 ⁻⁸		0,0023	0,0030
Baryum (Ba)	4,7.10 ⁻⁸		0,0023	0,0031
Cadmium (Cd)*	2,3.10 ⁻⁸		0,0011	0,0015
Chrome (Cr)*	2,3.10 ⁻⁸		0,0011	0,0015
Cuivre (Cu)*	4,6.10 ⁻⁸		0,0022	0,0030
Molybdène (Mo)	3,8.10 ⁻⁸		0,0019	0,0025
Nickel (Ni)*	2,3.10 ⁻⁸		0,0011	0,0015
Plomb (Pb)*	4,5.10 ⁻⁸		0,0023	0,0030
Sélénium (Se)*	9,0.10 ⁻⁸		0,0046	0,0060
Zinc (Zn)	3,74.10 ⁻⁷	9,35.10 ⁻⁸	0,0116	0,0155
Mercure (Hg)*	4,5.10 ⁻¹⁰		0,000023	0,000030
HCT	Non suivi sur les eaux		Non déterminé	
HAP*	3,9.10 ⁻¹¹		2,0.10 ⁻⁶	2,6.10 ⁻⁶
Benzo(a)pyrène*	2,3.10 ⁻¹¹		1,1.10 ⁻⁶	1,5.10 ⁻⁶
Fluoranthène*	2,3.10 ⁻¹¹		1,1.10 ⁻⁶	1,5.10 ⁻⁶
Naphtalène*	1,1.10 ⁻¹¹		5,6.10 ⁻⁷	7,5.10 ⁻⁷
BTEX*	1,4.10 ⁻⁸		0,00068	0,00090
Benzène*	2,3.10 ⁻⁹		0,00011	0,00015
PCB*	7,9.10 ⁻¹¹		4,0.10 ⁻⁶	5,3.10 ⁻⁶
TBT*	4,5.10 ⁻¹¹		2,3.10 ⁻⁶	3,0.10 ⁻⁶

*paramètres non quantifiés dans les eaux sur le pilote. La LQ/2 a été utilisée pour déterminer le flux spécifique.

Le tableau ci-dessous présente les concentrations correspondant aux flux générés par le projet.

Tableau 6 : Concentrations correspondant aux flux générés par le projet

Paramètres	Unités	Concentration pour le flux moy.	Concentration pour le flux. max
Sodium	mg/l	3 778	3 767
MES	mg/l	15,0	15,0
DCO	mg/l	108,9	108,3
COT	mg/l	122	125
Chlorures	mg/l	6 044	6 033
Fluorures	mg/l	3,6	3,6
Sulfates	mg/l	1 731	1 733
Antimoine (Sb)*	µg/l	76,7	75,0
Arsenic (As)*	µg/l	51,1	50,0

Paramètres	Unités	Concentration pour le flux moy.	Concentration pour le flux. max
Baryum (Ba)	µg/l	51,1	51,7
Cadmium (Cd)*	µg/l	24,4	25,0
Chrome (Cr)*	µg/l	24,4	25,0
Cuivre (Cu)*	µg/l	48,9	50,0
Molybdène (Mo)	µg/l	42,2	41,7
Nickel (Ni)*	µg/l	24,4	25,0
Plomb (Pb)*	µg/l	51,1	50,0
Sélénium (Se)*	µg/l	102	100
Zinc (Zn)	µg/l	258	258
Mercure (Hg)*	µg/l	0,51	0,50
HCT	-	ND	ND
HAP*	µg/l	0,04	0,04
Benzo(a)pyrène*	µg/l	0,02	0,03
Fluoranthène*	µg/l	0,02	0,03
Naphtalène*	µg/l	0,01	0,01
BTEX*	µg/l	15,1	15,0
Benzène*	µg/l	2,4	2,5
PCB*	µg/l	0,09	0,09
TBT*	µg/l	0,05	0,05

*paramètres non quantifiés dans les eaux sur le pilote. La LQ/2 a été utilisée pour déterminer le flux spécifique.

Les concentrations du rejet brut en sodium, chlorures et sulfates sont relativement élevées par rapport à des eaux douces mais environ trois fois moindres que celles d'eau de mer (10 000 mg/l pour le sodium, 19 000 mg/l pour les chlorures et 2 650 mg/l pour les sulfates). Les autres concentrations sont plutôt faibles.

5. Contraintes de rejet liées au milieu récepteur

5.1. Présentation du milieu récepteur

Le site des carrières de Stinkal dispose actuellement de trois points de rejet (un rejet d'eaux d'exhaure et deux rejets d'eaux de ruissellement) vers le fossé SNCF Ouest (ou ruisseau des Broustats), qui se rejette en aval dans le cours d'eau « Le Crembreux », affluent de la Slack.

La masse d'eau de surface de référence sur le secteur est la masse d'eau de surface naturelle (cours d'eau) : FRAR53 « SLACK ».

Les objectifs retenus par le SDAGE du bassin Artois-Picardie 2022-2027 concernant cette masse d'eau sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 7 : Etat et objectifs d'état de la masse d'eau « Slack » (SDAGE Artois-Picardie 2022-2027)

N°	Nom de la masse d'eau	État écologique		Objectifs d'état écologique		
FRAR53	Slack	État écologique moyen		Bon état écologique 2027		
N°	Nom de la masse d'eau	État chimique de la masse d'eau de surface		Objectifs d'état chimique de la masse d'eau de surface		
		Avec subst. Ubiq.	Sans subst. Ubiq.	Avec subst. Ubiq.	Sans subst. Ubiq.	Motif de dérogation
FRAR53	Slack	Mauvais état chimique	Bon état chimique	Bon état chimique 2033	Bon état chimique 2015	Report pour faisabilité technique Pollutions par des substances ubiquistes

L'état écologique moyen actuel de la Slack est lié d'une part à un état biologique moyen mais aussi à un état physico-chimique moyen en lien avec les nutriments (orthophosphates et phosphore) et l'arsenic.

Par ailleurs, le SAGE du Boulonnais, qui concerne cette zone hydrographique, impose dans son règlement de 2013 (article I) que *les rejets [...] doivent être compatibles avec l'objectif de qualité de bon état fixé pour 2015 par le SDAGE pour les cours d'eau principaux du Boulonnais (Liane, Wimereux, Slack) sur la base d'un calcul de dilution calé sur le débit d'étiage quinquennal.*

5.2. Débit et qualité

Aucune station de suivi de la qualité n'existe sur le cours d'eau « Le Crembreux ».

Les deux seules stations présentes sur masse d'eau sont localisées sur la Slack, à l'amont à Rincent et à l'aval à Ambleteuse (voir figure ci-dessous).

Sur les quatre stations de suivi du débit identifiées sur Hydroportail pour la masse d'eau (2 sur la Slack, 1 sur le Crembreux et 1 sur le ruisseau de Bazhingen), seule la station de la Slack à Rincent dispose de données permettant d'évaluer les débits caractéristiques, notamment le débit d'étiage (QMNA5) évalué à 46 l/s pour la période 1980-2024.

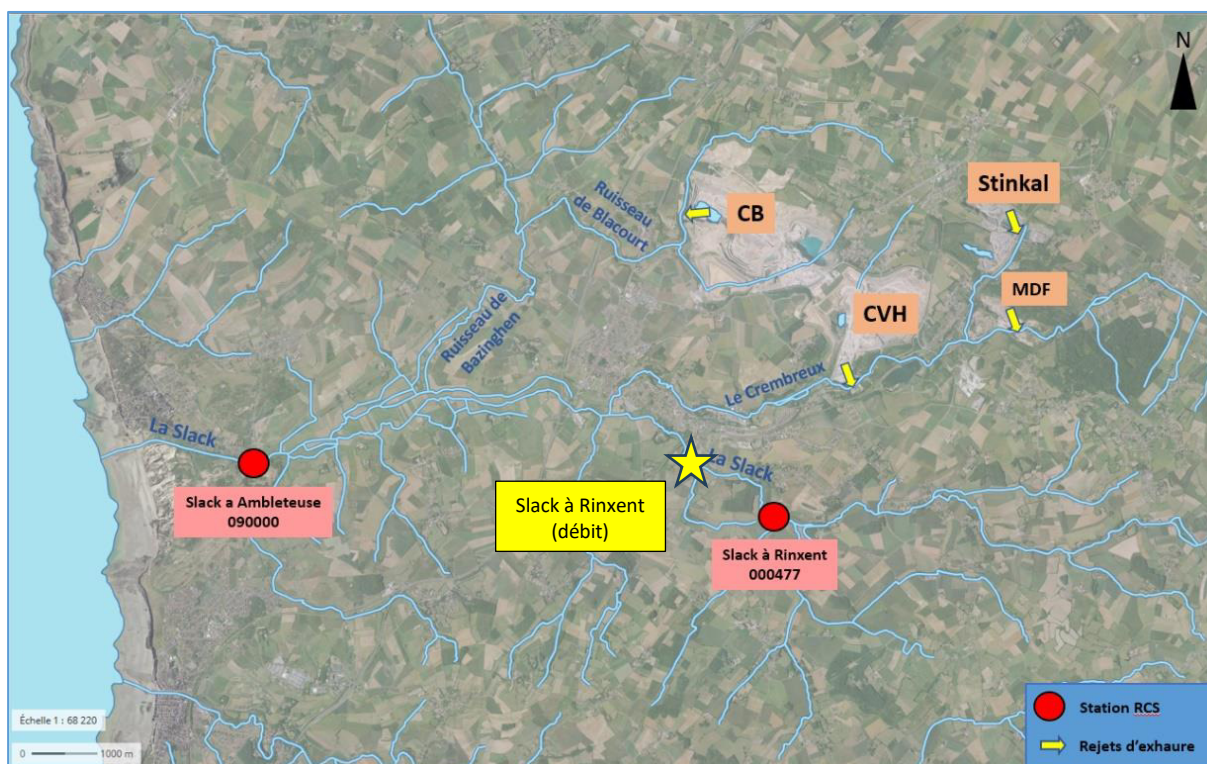


Figure 3 : Localisation des stations de suivi de la qualité sur la masse d'eau de la Slack

5.3. Etudes complémentaires réalisées

De manière à bien caractériser les enjeux vis-à-vis du milieu récepteur, plusieurs études et diagnostics ont été réalisés :

- Le diagnostic hydrobiologique et piscicole d'Hydrosphère de février 2024 sur Le Crembreux et le ruisseau des Broustats (fossé SNCF) (voir annexe),
- Des campagnes de mesure (débit et qualité), réalisées par Antea Group, sur les principaux cours d'eau de la masse d'eau Slack (Slack, Les Broustats, Crembreux et Ruisseau de Bazinghen) en février 2023 et août 2023.
- Une campagne de mesure fin mai 2025 et décembre 2025, réalisée par Antea Group, sur les principaux cours d'eau de la masse d'eau Slack (Slack, Les Broustats, Crembreux et Ruisseau de Bazinghen), intégrant des paramètres supplémentaires comme les métaux (cf. Note de caractérisation des eaux de surface du bassin versant de la Slack en Annexe).

Le tableau ci-dessous présente la synthèse de la qualité biologique du ruisseau des Broustats et du Crembreux, réalisée par Hydrosphère. Elle fait état d'enjeux très faibles sur le fossé SNCF Ouest (ruisseau des Broustats), très anthropisé, et d'enjeux moyens pour Le Crembreux.

Tableau 8 : Synthèse de la qualité biologique des milieux récepteurs à l'aval de Stinkal (Hydrosphère – février 2024)

	Les Broustats	Le Crembreux
Macro-invertébrés benthiques	0,0085	0,3049
	Mauvaise	Moyenne
Diatomées	0,67	0,83
	Moyenne	Bonne
Ichtyofaune	43,21	22,93
	Mauvaise	Moyenne
Qualité biologique DCE	MAUVAISE	MOYENNE

Si la Slack aurait pu être retenue pour évaluer l'impact sur le milieu récepteur, comme le demande le SAGE du Boulonnais dans l'article I de son règlement, c'est finalement Le Crembreux qui est retenu prioritairement dans la suite de l'étude comme point de référence pour évaluer l'impact du projet sur le milieu récepteur, de manière à évaluer l'impact le plus à l'amont possible tout en restant pertinent au vu des enjeux écologiques.

Etant donnée la disparité des valeurs de débits obtenues lors des campagnes de mesures, le débit d'étiage quinquennal du Crembreux, à l'amont de sa confluence avec le fossé SNCF Ouest (Ruisseau des Broustats), est pris à **42 l/s** d'après la cartographie de 2024 de l'INRAE (« Carte Consensus QMNA5 QA » ; E. SAQUET).

En l'absence d'autres données, les données de qualité mesurées lors des prélèvements réalisés par Antea Group en période de basses eaux sur le Crembreux en aval de la confluence avec les Broustats, à Marquise, sont utilisées. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Qualité du Crembreux à Marquise en août 2023 et en mai 2025

Paramètres	Le Crembreux à Marquise (août 23)	Le Crembreux à Marquise (mai-25)	Valeur guide*	Source valeur guide
Sodium (mg/l)	22	22,8	200	EDCH
MES (mg/l)	3,1	8,3	25-50	Guide tech.
COT (mg/l)	1,1	2,8	5-7	Etat écologique
Chlorures (mg/l)	37,3	39,4	200	EDCH
Sulfates (mg/l)	105	97,4	250	EDCH
Antimoine (µg/l)	-	<0,2	10	EDCH
Arsenic (µg/l)	-	0,64	0,83 (MA)	Etat écologique
Baryum (µg/l)	-	32,9	700	EDCH
Cadmium (µg/l)	-	<0,2	0,25 (MA) – 1,5 (CMA)	Etat chimique (Cl.5)
Chrome (µg/l)	-	<0,5	3,4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (µg/l)	-	2,42	1,0 (MA)	Etat écologique
Molybdène (µg/l)	-	0,74	6,7 (NQE)	REGARD
Nickel (µg/l)	-	<2	4 (MA) -34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (µg/l)	-	1,01	1,2 (MA) -14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (µg/l)	-	0,56	20	EDCH
Zinc (µg/l)	-	17	7,8	Etat écologique
Mercure (µg/l)	-	<0,1	0,07 (CMA)	Etat chimique
HCT (mg/l)	<0,03	<0,03	1	EDCH (eaux brutes)
HAP (5)	<0,2587	<0,0475	-	Etat chimique basé sur Benzo(a)pyrène
Benzo(a)pyrène	<0,0645	< 0,0075	0,00017 (MA) 0,27 (CMA)	Etat chimique
Fluoranthène	<0,06	0,06	0,0063 (MA) – 0,12 (CMA)	Etat chimique
Naphtalène	<0,06	0,05	2 (MA) – 130 (CMA)	Etat chimique
HAP (16) (µg/l)	0,47	0,24	-	-
PCB (7) (µg/l)	-	<0,01	0,001	NQE provisoire

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d'un cours d'eau du Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH / > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Reduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

L'arrêté du 25/01/2010 modifié indique que l'évaluation de l'état écologique pour les paramètres physico-chimiques généraux des eaux de surface doit se faire sur le percentile 90 d'au moins 4 valeurs pour une année et sur une moyenne d'au moins 4 valeurs pour une année quand il s'agit d'une NQE en moyenne annuelle (NQE-MA). La NQE en Concentration Maximale Admissible (CMA) est utilisée, quand elle existe, dans les cas où moins de 4 valeurs sont disponibles : la concentration maximale mesurée est alors comparée à la NQE-CMA.

Le tableau montre que Le Crembreux est en bon état, voire en très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour :

- Les concentrations en benzo(a)pyrène et fluoranthène qui sont inférieures à la NQE-CMA mais supérieures à la NQE-MA, même en prenant en compte la limite de quantification (LQ) divisée par deux.
- Le cuivre et le zinc pour lesquels les uniques valeurs mesurées sont supérieures à la NQE-MA (pas de NQE-CMA pour ces substances). Ces données, en nombre insuffisant, ne permettent pas de conclure sur le bon ou le mauvais état du Crembreux. A noter que les mesures réalisées par Antea Group en 2025 sur les cours d'eau du bassin versant de la Slack montrent que l'ensemble du bassin versant est touché par la présence de zinc et de cuivre dans des concentrations supérieures à celles du bon état écologique. Ces deux substances sont ubiquistes et peuvent être liées à de nombreuses sources, notamment les eaux pluviales et urbaines ainsi que les épandages agricoles.
- La concentration PCB qui, même prise à LQ/2, est supérieure à la NQE considérée.

Ainsi, pour ces 5 substances ou familles de substances, la valeur médiane du bon état (NQE-MA divisée par deux) sera utilisée comme valeur de concentration actuelle dans le Crembreux pour le calcul d'acceptabilité.

Par ailleurs, lorsque deux valeurs sont disponibles, la valeur la plus défavorable entre les deux valeurs disponibles est retenue, soit généralement la valeur du prélèvement de mai 2025 (hormis pour les sulfates).

Certains paramètres (DCO, BTEX, TBT, fluorures) n'ont pas fait l'objet d'analyses sur Le Crembreux. Ils ont été recherchés sur la Slack à Ambleteuse. Seuls la DCO et le TBT ont été trouvés dans les analyses récentes (à partir de 2020). Pour les autres paramètres, les médianes du bon état seront utilisées.

Le tableau suivant rassemble les valeurs qui vont être utilisées pour caractériser le milieu récepteur et évaluer l'impact des rejets aqueux de la plateforme de gestion des sédiments.

Tableau 10 : Qualité du Crembreux et valeurs guides retenues pour évaluer l'impact des rejets aqueux de la plateforme de gestion des sédiments

Paramètres	Unités	Concentration du Crembreux retenue	Valeur guide	Source valeur guide
Sodium	mg/l	22,8	200	EDCH
MES	mg/l	8,3	25-50	Guide tech.
DCO**	mg/l	25,5	20-30	Guide tech.
COT	mg/l	2,8	5-7	Etat écologique
Chlorures	mg/l	39,4	200	EDCH
Fluorures*	mg/l	0,75	1,5	EDCH
Sulfates	mg/l	105	250	EDCH
Antimoine (Sb)	µg/l	0,1	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	0,64	0,83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	32,9	700	EDCH

Paramètres	Unités	Concentration du Crembreux retenue	Valeur guide	Source valeur guide
Cadmium (Cd)	µg/l	0,1	0,25 (MA)	Etat chimique (Cl.5)
Chrome (Cr)	µg/l	0,25	3,4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	0,5	1,0 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	0,74	6,7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	1	4 (MA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	1,01	1,2 (MA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	0,56	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	3,9	7,8	Etat écologique
Mercure (Hg)	µg/l	0,05	0,07 (CMA)	Etat chimique
HCT	µg/l	15	1	EDCH (eaux brutes)
HAP	µg/l	-	-	Etat chimique basé sur Benzo(a)pyrène
Benzo(a)pyrène*	µg/l	8,5.10 ⁻⁵	0,00017 (MA)	Etat chimique
Fluoranthène*	µg/l	0,00315	0,0063 (MA)	Etat chimique
Naphtalène*	µg/l	0,05	2 (MA)	Etat chimique
BTEX*	µg/l	75	-	-
Benzène*	µg/l	5	10 (NA)	Etat chimique
PCB*	µg/l	0,0005	0,001	NQE provisoire
TBT**	µg/l	0,0001	0,0002 (MA)	Etat chimique

*médiane du bon état **Slack

5.4. Flux admissibles par le milieu récepteur

5.4.1. Méthodologie

Les calculs réalisés permettent de déterminer, pour chaque paramètre considéré, le flux maximal admissible (FMA) par le milieu, soit le flux maximal qui permet de maintenir le bon état du cours d'eau. Il est calculé comme suit :

$$(Eq. 1) FMA = Conc_{Lim.Sup\ Bon\ état} \times (Débit_{Crembreux} + Débit_{Plateforme}) - Conc_{Crembreux} \times Débit_{Crembreux}$$

A partir de ce flux, est calculé la concentration maximale du rejet :

$$(Eq. 2) Conc.\ maxi\ Rejet\ Plateforme = \frac{FMA}{Débit_{SITE}}$$

5.4.2. Résultats

Les flux admissibles par le Crembreux, garantissant le maintien de son état, sont rassemblés dans le tableau ci-dessous. Le tableau présente également les concentrations associées. Ces concentrations sont comparées aux valeurs limites de l'arrêté ministériel du 02/02/98 modifié réglementant les rejets dans l'eau des ICPE.

Les valeurs limites à retenir sont les concentrations maximales admissibles si ces dernières sont inférieures aux VLE définies dans l'AM du 02/02/98. Dans le cas contraire (concentrations max. admissibles > VLE AM ICPE), ce sont les VLE de l'AM du 02/02/98 qui sont à retenir. **Les valeurs seuils à retenir en première approche sont identifiées en gras.**

Tableau 11 : Flux maximaux admissibles par Le Crembreux et concentration correspondante dans le rejet

Paramètres	Flux max. admissible	Concentration max. rejet	VLE AM 02/02/98
Sodium	655 kg/j	10 917 mg/l	-
MES	62,1 kg/j	1035 mg/l	100 mg/l si flux < 15 kg/j ; 35 mg/l au-delà*
DCO	18,1 kg/j	302 mg/l	300 mg/l si flux < 50 kg/j ; 125 mg/l au-delà*
COT	8,3 kg/j	138 mg/l	100 mg/l si flux < 35 kg/j ; 45 mg/l au-delà
Chlorures	595 kg/j	9 913 mg/l	-
Fluorures	2,8 kg/j	46,9 mg/l	15 mg/l si flux > 150g/j
Sulfates	541 kg/j	9 019 mg/l	-
Antimoine (Sb)	36,5 g/j	609 µg/l	-
Arsenic (As)	0,7 g/j	12 µg/l	25 µg/l
Baryum (Ba)	2,5 kg/j	41 mg/l	-
Cadmium (Cd)	0,6 g/j	9 µg/l	25 µg/l
Chrome (Cr)	11,6 g/j	194 µg/l	100 µg/l si flux > 5g/j
Cuivre (Cu)	1,9 g/j	31 µg/l	150 µg/l si flux > 5 g/j
Molybdène (Mo)	22,0 g/j	367 µg/l	-
Nickel (Ni)	11,1 g/j	185 µg/l	200 µg/l si flux > 5g/j
Plomb (Pb)	0,8 g/j	13 µg/l	100 µg/l si flux > 5g/j
Sélénium (Se)	71,7 g/j	1,2 mg/l	-
Zinc (Zn)	14,6 g/j	244 µg/l	800 µg/l si flux > 20g/j
Mercure (Hg)	0,1 g/j	1 µg/l	25 µg/l
HCT	3,6 kg/j	60 mg/l	10 mg/l si flux < 100 g/j*
HAP	-	-	25 µg/l (5 HAP)
Benzo(a)pyrène	0,0003 g/j	0,005 µg/l	-
Fluoranthène	0,01 g/j	0,2 µg/l	25 µg/l si flux > 1g/j
Naphtalène	7,2 g/j	120 µg/l	130 µg/l si flux > 1g/j
BTEX	281 g/j	4,7 mg/l	174 µg/l
Benzène	19 g/j	312 µg/l	50 µg/l si flux > 1 g/j
PCB	0,002 g/j	0,03 µg/l	25 µg/l
TBT	0,004 g/j	0,006 µg/l	25 µg/l

*AP Stinkal du 07/04/11 : MES < 10 mg/l ; DCO < 60 mg/l ; HCT < 2 mg/l (pas de VLE pour les autres paramètres du tableau dans cet AP).

6. Valeurs seuils retenues pour le rejet en eau

Le tableau ci-dessous présente les concentrations du rejet non traité, les valeurs seuils à retenir, les valeurs seuils retenues (valeur arrondie tenant compte du rejet réel et des limites de quantifications), si ces dernières nécessitent la mise en place d'un traitement au vu des concentrations du rejet non traité, et la fréquence de suivi proposée pour l'autosurveillance réglementaire sur la base des flux rejetés. Par souci de cohérence avec l'AP actuel de Stinkal, il est proposé de retenir pour les rejets en eau de la plateforme de gestion des sédiments les mêmes valeurs seuils que l'AP existant de Stinkal pour les trois paramètres communs : MES < 10 mg/l ; DCO < 60 mg/l ; HCT < 2 mg/l.

Tableau 12 : Valeurs seuils retenues et nécessité d'un traitement pour le rejet en eau

Paramètres	Unités	Concentration du rejet non traité	Valeur seuil à retenir suite calcul acceptabilité	Valeur seuil retenue	Traitement nécessaire	Fréquence de suivi proposée**
Sodium	mg/l	3 778	10 917	4 000	Non	T
MES	mg/l	15,0	35	10*	OUI	M
DCO	mg/l	108,9	125	60*	OUI	M
COT	mg/l	125,0	45	45	OUI	M
Chlorures	mg/l	6044	9 913	6 500	Non	T
Fluorures	mg/l	3,6	15	15	Non	T
Sulfates	mg/l	1733	9 019	2000	Non	T
Antimoine (Sb)	µg/l	77,0	609	100	Non	T
Arsenic (As)	µg/l	51,1	12	10	OUI	M
Baryum (Ba)	µg/l	51,7	41	40	OUI	M
Cadmium (Cd)	µg/l	25,0	9	10	OUI	M
Chrome (Cr)	µg/l	25,0	100	100	Non	T
Cuivre (Cu)	µg/l	50,0	31	30	OUI	M
Molybdène (Mo)	µg/l	41,7	367	100	Non	T
Nickel (Ni)	µg/l	25,0	185	100	Non	T
Plomb (Pb)	µg/l	51,1	13	10	OUI	M
Sélénium (Se)	µg/l	102	1200	150	Non	T
Zinc (Zn)	µg/l	258	244	200	OUI	M
Mercure (Hg)	µg/l	0,51	1	1	Non	T
HCT	µg/l	ND	10 000	2 000*	Non	T
HAP (5)	µg/l	0,04	25	25	Non	T
Benzo(a)pyrène	µg/l	0,03	0,005	0,01 (LQ)	OUI	M
Fluoranthène	µg/l	0,03	0,2	0,1	Non	T
Naphtalène	µg/l	0,01	120	1	Non	T
BTEX	µg/l	15,1	174	174	Non	T
Benzène	µg/l	2,5	50	50	Non	T
PCB	µg/l	0,09	0,03	0,035 (LQ)	OUI	M
TBT	µg/l	0,05	0,006	0,02 (LQ)	OUI	M

*Cohérence AP Stinkal - MES < 35 mg/l ; DCO < 125 mg/l et HCT < 10 mg/l suffisant pour le bon état.

** T = Trimestrielle / M = Mensuelle ; sur un échantillon moyen 24h

Ainsi, le traitement à mettre en place doit permettre d'éliminer le COT, des métaux (As, Ba, Cd, Cu, Pb, Zn), des HAP, des PCB et le TBT.

Les tableaux ci-dessous présentent, pour chaque paramètre considéré, l'impact du rejet respectant les valeurs seuils établies dans le tableau précédent en calculant la concentration future dans le Crembreux, en précisant s'il y a déclassement ou non et en calculant la part du FMA qu'il représente.

		Paramètres	Sodium	MES	DCO	COT	Chlorures	Fluorures	Sulfates	Antimoine	Arsenic	Baryum	Cadmium	Chrome	Cuivre		
HYPOTHESES	Le Crembreux avant le rejet de la plateforme de gestion des sédiments	Débit du cours d'eau (m3/s)	m3/s	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	
		Débit cours d'eau (m3/j)		3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8
		Concentration Borne inférieure de l'état	mg/l	0	0	20	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Concentration Borne supérieure de l'état	mg/l	200	25	30	5	200	1,5	250	0,01	0,00083	0,7	0,00025	0,0034	0,001	
		Concentration du cours d'eau	mg/l	22,8	8,3	25,5	2,8	39,4	0,75	105,0	0,00010	0,00064	0,03290	0,00010	0,00025	0,00050	
		Flux dans le cours d'eau	kg/j	82,74	30,12	92,53	10	142,97	2,72	381,02	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	
	Rejet de la plateforme de gestion des sédiments Valeurs seuils retenues	Débit du rejet	m3/j	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
		Concentration du rejet	mg/l	4000,0	10,0	60,0	45,0	6500,0	15,0	2000,0	0,100	0,010	0,040	0,010	0,100	0,030	
		Flux émis par le rejet	kg/j	240,00	0,60	3,60	2,70	390,00	0,90	120,00	0,006000	0,000600	0,002400	0,000600	0,006000	0,001800	
	RESULTATS	Le Crembreux avec le rejet de la plateforme	Concentration du cours d'eau	mg/l	87,5	8,3	26,1	3,5	144,5	1,0	135,8	0,00172	0,00079	0,03302	0,00026	0,00187	0,00098
"Déclassement" de l'état du cours d'eau			-	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	
Acceptabilité		Flux Maximal Admissible (Eq.1)	kg/j	655,0	62,1	18,1	8,3	594,8	2,8	541,2	0,0365	0,0007	2,4628	0,0006	0,0116	0,0019	
		Part du flux de rejet par rapport au Flux Max. Admissible	%	36,6%	1,0%	19,9%	32,6%	65,6%	32,0%	22,2%	16,4%	81,2%	0,1%	107,3%	51,6%	96,0%	
		Paramètres	Molybdène	Nickel	Plomb	Sélénium	Zinc	Mercur	HCT C10-C40	HAP (5)	Fluoranthène	Naphtalène	BTEX	Benzène	PCB (7)	TBT	
HYPOTHESES	Le Crembreux avant le rejet de la plateforme de gestion des sédiments	BaP															
		Débit du cours d'eau (m3/s)	m3/s	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
		Débit cours d'eau (m3/j)		3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8	3628,8
		Concentration Borne inférieure de l'état	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0
		Concentration Borne supérieure de l'état	mg/l	0,0067	0,004	0,0012	0,02	0,0078	0,00007	1	1,70E-07	6,30E-06	0,002	0,15	0,01	0,000001	2,00E-07
		Concentration du cours d'eau	mg/l	0,00074	0,00100	0,00101	0,00056	0,00390	0,00005	0,015	8,50E-08	3,15E-06	0,00005	0,0750	0,0050	0,0000005	1,00E-07
	Flux dans le cours d'eau	kg/j	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	
	Rejet de la plateforme de gestion des sédiments Valeurs seuils retenues	Débit du rejet	m3/j	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
		Concentration du rejet	mg/l	0,100	0,100	0,010	0,150	0,200	0,0010	2,0	0,00001	0,00010	0,001000	0,1740	0,0500	0,000035	0,00002
		Flux émis par le rejet	kg/j	0,006000	0,006000	0,000600	0,009000	0,012000	0,000060	0,120000	0,000001	0,000006	0,000060	0,010440	0,003000	0,000002	0,000001
RESULTATS	Le Crembreux avec le rejet de la plateforme	Concentration du cours d'eau	mg/l	0,00235	0,00261	0,00116	0,00299	0,00709	0,00007	0,04729	2,46E-07	4,73E-06	0,00007	0,07661	0,00573	1,06E-06	4,24E-07
		"Déclassement" de l'état du cours d'eau	-	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	OUI	OUI
	Acceptabilité	Flux Maximal Admissible (Eq.1)	kg/j	0,0220	0,0111	0,0008	0,0717	0,0146	0,0001	3,6344	0,0000003	0,000012	0,0072	0,281	0,019	0,0000019	0,00000037
		Part du flux de rejet par rapport au Flux Max. Admissible	%	27,2%	53,9%	78,8%	12,5%	82,1%	78,1%	3,3%	188,3%	50,8%	0,8%	3,7%	16,0%	112,0%	320,1%

Légende :

Valeurs du Crembreux à Marquise (Antea Group)
Valeurs de La Slack à Ambleteuse (Antea Group ou AEAP)
Médiane car mauvais état ponctuel sur le Crembreux mais bon état pour la Slack
Médiane en l'absence de valeur récente (>2020) sur la Slack à Ambleteuse et sur Le Crembreux
Médiane car LQ/2 correspond à mauvais état
< LQ; LQ/2 utilisée

Pour la très grande majorité des paramètres (23/27), les valeurs seuils retenues ne déclassent pas l'état du Crembreux et le flux rejeté correspond en moyenne à 37,5% du flux maximal admissible (minimum à 0,1% et maximum à 96%).

Pour 3 des 4 paramètres où les valeurs seuils retenues ne permettent pas de maintenir le bon état (Benzo(a)pyrène, PCB et TBT), les concentrations qu'il faudrait atteindre pour maintenir le bon état ne sont pas quantifiables en laboratoire. Ce sont donc les limites de quantification qui ont été retenues, même si le calcul montre une non-acceptabilité.

Pour le cadmium, le dépassement avec la valeur seuil fixée reste mineur (0,26 µg/l dans le Crembreux en prenant en compte le rejet pour une NQE-MA à 0,25 µg/l) et la valeur seuil fixée de 10 µg/l est déjà très restrictive (très proche de la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine définie dans l'AM du 30/12/2025 de 5 µg/l) et dans les limites de ce qui reste possible sans passer par un traitement disproportionné.

7. Filière de traitement

Le traitement à mettre en place doit permettre d'éliminer le COT, des métaux (As, Ba, Cd, Cu, Pb, Zn), des HAP, des PCB et le TBT, en présence d'une salinité importante.

Il existe peu de procédés capables d'éliminer les métaux et HAP à l'état de traces en présence de salinité, sans éliminer et donc sans être impacté par cette salinité. Ont été identifiés :

- Les traitements de type adsorption par charbon actif pour le traitement du COT, des HAP, PCB, TBT et métaux, combinés avec un autre matériau adsorbant spécifique pour le traitement de finition des métaux.
- La nanofiltration membranaire. Cette technologie, similaire à l'osmose inverse évoquée au §3, n'est pas détaillée ici dans la mesure où elle semble déraisonnable au regard du coût des traitements (> 700 000 € HT d'investissement et > 400 000 €/an d'exploitation) et de leurs impacts environnementaux (consommation énergétique, gestion des concentrats, trafic lié à l'élimination des concentrats).

L'adsorption du COT, des HAP, des PCB et du TBT sur certains types de charbon actif est éprouvée. En revanche, l'adsorption des métaux est plus variable. Pour les métaux, d'autres matériaux adsorbants spécifiques peuvent être envisagés et peuvent permettre d'atteindre des concentrations <10 µg/l (voir seconde annexe).

Afin de valider l'efficacité de ce traitement et d'estimer au plus juste les coûts d'exploitation (vitesse de saturation des filtres), il apparaît primordial de réaliser des essais en laboratoire (isothermes d'adsorption) sur un effluent représentatif.

La filière de traitement à mettre en place (voir schéma ci-dessous) pourrait être la suivante :

- Pompage depuis le bassin de stockage des eaux.
- Filtre à tamis « Y ».
- Filtre à sable, en tant que pré-traitement pour protéger les filtres aval des MES résiduelles et limiter leur saturation.
- Filtre 1 avec charbon actif pour traiter le COT et les HAP.
- Filtre 2 avec charbon actif pour du traitement de finition sur les PCB et le TBT.
- Filtre 3 avec matériau d'adsorption spécifique pour les métaux.
- Filtre 4 avec matériau d'adsorption spécifique pour du traitement de finition sur l'arsenic.
- Rejet de l'effluent traité vers le milieu naturel par pompage dans un regard, depuis lequel il sera possible de réaliser un prélèvement moyen 24h. La canalisation de pompage sera équipée d'un débitmètre.
- Rejet des éventuelles eaux de lavage dans le bassin.

En termes d'utilités, sont à prévoir :

- Electricité (pompage),
- Eau industrielle pour le lavage du filtre à sable et le rinçage des filtres charbon avant enlèvement. Pour le lavage du filtre à sable, une cuve de stockage d'eau traitée pourra être installée.

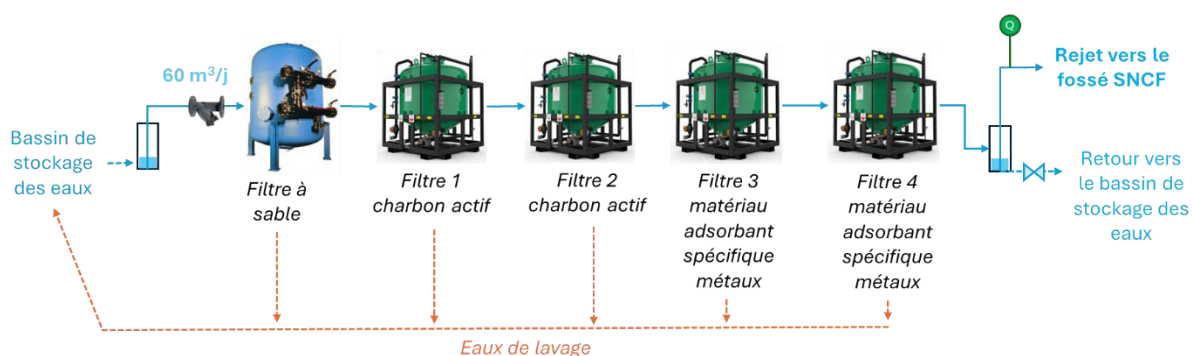


Figure 4 : Schéma de synthèse de l'unité de traitement des eaux

Pour traiter 60 m³/jour, des filtres d'un volume unitaire de 2 m³ pourraient être envisagés (H x L x l : 2,3 m x 1,7 m x 1,7 m). Au démarrage de l'installation et pendant les premières semaines de fonctionnement, un suivi resserré des performances de l'installation sera à prévoir.



Figure 5 : Exemple de filtres de 2 m³ (Desotec)

La plupart des filtres sont généralement mis à disposition en location avec le matériau adsorbant à l'intérieur. Lorsque que le matériau adsorbant est saturé, le filtre saturé est échangé avec un nouveau filtre contenant du matériau adsorbant « neuf ». Aucune manipulation de charbon actif n'est à réaliser.

Le charbon actif saturé peut être réactivé pour une réutilisation ultérieure. De manière à assurer la possibilité de réactiver le charbon actif, un rinçage des filtres avant reprise sera à effectuer. Les autres matériaux adsorbants sont à éliminer une fois saturés.

A ce stade, dans l'attente des essais en laboratoire, pour un débit de 60 m³/j, il est supposé une saturation des deux filtres au bout d'un mois d'utilisation. Sur cette base, les coûts de la filière décrite ci-dessus sont estimés à :

- Coûts d'investissement (hors GC) à ±30% : 75 000 € HT,
- Coûts d'exploitation à ±30% : 330 000 € HT/an.

8. Conclusion

Après avoir présenté et justifié le projet de plateforme de valorisation à terre des sédiments marins et fluviaux, notamment vis-à-vis de la gestion des effluents générés, le rapport a permis de :

- Caractériser les effluents générés (volume et flux) : le rejet brut, d'un maximum de 60 m³/j, présente des concentrations en sodium, chlorures et sulfates relativement élevées par rapport à des eaux douces mais environ trois fois moindres que celles d'eau de mer (10 000 mg/l pour le sodium, 19 000 mg/l pour les chlorures et 2 650 mg/l pour les sulfates). Les autres concentrations (métaux, HAP, BTEX, ...) sont plutôt faibles à très faibles.
- Définir l'acceptabilité du rejet par le milieu récepteur (Le Crembreux).
- Définir des valeurs seuils à retenir pour le rejet, en comparant les valeurs acceptables par le milieu et les valeurs de l'AM du 02/02/98 modifié mais aussi en se basant sur les caractéristiques des effluents bruts.
- Définir une filière de traitement permettant de respecter ces seuils (à confirmer par des essais en laboratoire) : charbon actif et matériau adsorbant spécifique des métaux.

Tableau 13 : Valeurs seuils retenues pour le rejet des eaux de la plateforme de valorisation des sédiments

Paramètres	Unités	Valeur seuil retenue	Fréquence d'autosurveillance proposée**
Débit	m ³ /j	60	M
pH	upH	5,5-8,5	M
Sodium	mg/l	4 000	T
MES	mg/l	10*	M
DCO	mg/l	60*	M
COT	mg/l	45	M
Chlorures	mg/l	6 500	T
Fluorures	mg/l	15	T
Sulfates	mg/l	2000	T
Antimoine (Sb)	µg/l	100	T
Arsenic (As)	µg/l	10	M
Baryum (Ba)	µg/l	40	M
Cadmium (Cd)	µg/l	10	M
Chrome (Cr)	µg/l	100	T
Cuivre (Cu)	µg/l	30	M
Molybdène (Mo)	µg/l	100	T
Nickel (Ni)	µg/l	100	T
Plomb (Pb)	µg/l	10	M
Sélénium (Se)	µg/l	150	T
Zinc (Zn)	µg/l	200	M
Mercure (Hg)	µg/l	1	T
HCT	µg/l	2 000*	T
HAP (5)	µg/l	25	T
Benzo(a)pyrène	µg/l	0,01 (LQ)	M
Fluoranthène	µg/l	0,1	T
Naphtalène	µg/l	1	T
BTEX	µg/l	174	T
Benzène	µg/l	50	T
PCB	µg/l	0,035 (LQ)	M
TBT	µg/l	0,02 (LQ)	M

*Cohérence AP Stinkal - MES < 35 mg/l ; DCO < 125 mg/l et HCT < 10 mg/l suffisant pour le bon état.

** T = Trimestrielle / M = Mensuelle ; sur un échantillon moyen 24h

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Sauf avis contraire de votre part, la présente prestation sera intégrée dans la liste des références d'Antea Group. Les noms de nos clients, les titres des prestations ainsi que leurs montants sont ainsi susceptibles d'être communiqués à des tiers.

Ce rapport devient la propriété du client après paiement intégral du coût de la mission ; son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <http://www.annexes.anteagroup.org>.



ANNEXES

- Annexe I : Tableau de synthèse des scénarios de gestion envisagés au stade faisabilité
- Annexe II : Rapport « Diagnostic hydrobiologique et piscicole » d’Hydrosphère de février 2024
- Annexe III : Note de caractérisation des cours d’eau du bassin versant de la Slack – Antea Group – Mars 2026
- Annexe IV : Exemple de fiche technique matériau adsorbant spécifique métaux

Annexe I : Tableau de synthèse des scénarios de gestion envisagés au stade faisabilité

(1 page A3)

2 lagunes de 6 250 m ² 1 bassin de 2000 m ²	1-Scenario initial	2-Lissage du débit rejeté	3-Couverture par serre lors de l'égouttage	4-Suppression de l'égouttage à Stinkal (égouttage bord à quai)	5-Réutilisation directe sur le site de 30 m ³ /j d'effluents générés	6-Accueil d'eau maximum 50% de sédiments de marins	7-Accueil d'eau maximum 50% de sédiments de marins sans réutilisation							
Egouttage à Stinkal	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non							
Lavage par EP à Stinkal	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui							
Volume et tonnage par campagne accueillis à Stinkal	12 500 m ³ 9 625 tMS	12 500 m ³ 9 625 tMS	12 500 m ³ 9 625 tMS	12 500 m ³ 16 070 t MS	12 500 m ³ 16 070 t MS	12 500 m ³ 16 070 t MS	12 500 m ³ 16 070 t MS							
Volume de bassin Débit max. d'effluents généré	1545 m ³ 120 m ³ /j	2900 m ³ 120 m ³ /j en égouttage 60 m ³ /j lavage EP	2900 m ³ 60 m ³ /j	2900 m ³ 60 m ³ /j	2900 m ³ 60 m ³ /j	2900 m ³ 60 m ³ /j	2900 m ³ 60 m ³ /j							
Répartition Sédiments marins/ Sédiments fluviaux	100% sédiments marins 0% sédiments fluviaux	100% sédiments marins 0% sédiments fluviaux	100% sédiments marins 0% sédiments fluviaux	100% sédiments marins 0% sédiments fluviaux	100% sédiments marins 0% sédiments fluviaux	50% sédiments marins 50% sédiments fluviaux	50% sédiments marins 50% sédiments fluviaux							
Flux générés max. à gérer (si égouttage, valeur la plus haute entre égouttage et lavage)	Débit 120 m ³ /j		Débit 120 m ³ /j		Débit 60 m ³ /j		Débit 60 m ³ /j		Débit 60 m ³ /j		Débit 60 m ³ /j		Débit 60 m ³ /j	
	Sodium 550 kg/j 4 583 mg/l		Sodium 515 kg/j 4 292 mg/l		Sodium 275 kg/j 4 583 mg/l		Sodium 452 kg/j 7 533 mg/l		Sodium 452 kg/j 7 533 mg/l		Sodium 226,0 kg/j 3 767 mg/l		Sodium 226,0 kg/j 3 767 mg/l	
	Chlorures 895 kg/j 7 458 mg/l		Chlorures 887 kg/j 7 392 mg/l		Chlorures 448 kg/j 7 467 mg/l		Chlorures 725 kg/j 12 083 mg/l		Chlorures 725 kg/j 12 083 mg/l		Chlorures 362,4 kg/j 6 040 mg/l		Chlorures 362,4 kg/j 6 040 mg/l	
	Sulfates 637 kg/j 5 308 mg/l		Sulfates 376 kg/j 3 133 mg/l		Sulfates 319 kg/j 5 317 mg/l		Sulfates 525 kg/j 8 750 mg/l		Sulfates 525 kg/j 8 750 mg/l		Sulfates 326,0 kg/j 5 433 mg/l		Sulfates 326,0 kg/j 5 433 mg/l	
	Zinc 0,0304 kg/j 0,253 mg/l		Zinc 0,0152 kg/j 0,127 mg/l		Zinc 0,0152 kg/j 0,253 mg/l		Zinc 0,0250 kg/j 0,417 mg/l		Zinc 0,0250 kg/j 0,417 mg/l		Zinc 0,0125 kg/j 0,208 mg/l		Zinc 0,0125 kg/j 0,208 mg/l	
Réutilisation des effluents	0%	0%	0%	0%	30 m ³ /j - 50% de réutilisation (70% du flux rejeté – 50% directement et 20% en différé)	30 m ³ /j - 50% de réutilisation (70% du flux rejeté – 50% directement et 20% en différé)	0%							
Rejet maximal au milieu	Débit 120 m ³ /j		Débit 120 m ³ /j		Débit 60 m ³ /j		Débit 60 m ³ /j		Débit 30 m ³ /j		Débit 30 m ³ /j		Débit 60 m ³ /j	
	Sodium 550 kg/j 4 583 mg/l		Sodium 515 kg/j 4 292 mg/l		Sodium 275 kg/j 4 583 mg/l		Sodium 452 kg/j 7 533 mg/l		Sodium 316 kg/j 10 547 mg/l		Sodium 158 kg/j 5 273 mg/l		Sodium 226,0 kg/j 3 767 mg/l	
	Chlorures 895 kg/j 7 458 mg/l		Chlorures 887 kg/j 7 392 mg/l		Chlorures 448 kg/j 7 467 mg/l		Chlorures 725 kg/j 12 083 mg/l		Chlorures 508 kg/j 16 917 mg/l		Chlorures 254 kg/j 8 456 mg/l		Chlorures 362,4 kg/j 6 040 mg/l	
	Sulfates 637 kg/j 5 308 mg/l		Sulfates 376 kg/j 3 133 mg/l		Sulfates 319 kg/j 5 317 mg/l		Sulfates 525 kg/j 8 750 mg/l		Sulfates 368 kg/j 12 250 mg/l		Sulfates 228 kg/j 7 607 mg/l		Sulfates 326,0 kg/j 5 433 mg/l	
	Zinc 0,0304 kg/j 0,253 mg/l		Zinc 0,0152 kg/j 0,127 mg/l		Zinc 0,0152 kg/j 0,253 mg/l		Zinc 0,0250 kg/j 0,417 mg/l		Zinc 0,0175 kg/j 0,583 mg/l		Zinc 0,00875 kg/j 0,292 mg/l		Zinc 0,0125 kg/j 0,208 mg/l	
Part du rejet sur les Flux Maximaux Acceptables (FMA) par le milieu (avant traitement)	120 m ³ /j Rejet (%FMA) FMA		120 m ³ /j Rejet (%FMA) FMA		60 m ³ /j Rejet (%FMA) FMA		60 m ³ /j Rejet (%FMA) FMA		30 m ³ /j Rejet (%FMA) FMA		30 m ³ /j Rejet (%FMA) FMA		60 m ³ /j Rejet (%FMA) FMA	
	Sodium 82% 667 kg/j		Sodium 77% 667 kg/j		Sodium 42% 655 kg/j		Sodium 69% 655 kg/j		Sodium 49% 649 kg/j		Sodium 24% 649 kg/j		Sodium 35% 655 kg/j	
	Chlorures 147% 607 kg/j		Chlorures 146% 607 kg/j		Chlorures 75% 595 kg/j		Chlorures 122% 595 kg/j		Chlorures 86% 589 kg/j		Chlorures 43% 589 kg/j		Chlorures 61% 595 kg/j	
	Sulfates 115% 556 kg/j		Sulfates 68% 556 kg/j		Sulfates 59% 541 kg/j		Sulfates 97% 541 kg/j		Sulfates 69% 534 kg/j		Sulfates 43% 534 kg/j		Sulfates 60% 541 kg/j	
	Zinc 201% 0,0151 kg/j		Zinc 101% 0,0151 kg/j		Zinc 104% 0,0146 kg/j		Zinc 171% 0,0146 kg/j		Zinc 122% 0,0144 kg/j		Zinc 61% 0,0144 kg/j		Zinc 86% 0,0146 kg/j	
Traitement à mettre en place	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non							
Type de traitement nécessaire pour être acceptable par le milieu (<100%)	<ul style="list-style-type: none"> Filière : Filtre à sable, filtres à cartouche, osmose inverse (2 passes probablement) Débit max. à traiter : 70 m³/j Taux de conversion : 75% Concentrats max. : 17 m³/j 	<ul style="list-style-type: none"> Filière : Filtre à sable, filtres à cartouche, osmose inverse (2 passes probablement) Débit max. à traiter : 40 m³/j Taux de conversion : 75% Concentrats max. : 10 m³/j 	<ul style="list-style-type: none"> Filière : 2 x Filtres à charbon actif en grain en série Débit max. à traiter : 60 m³/j 	<ul style="list-style-type: none"> Filière : Filtre à sable, filtres à cartouche, osmose inverse (2 passes probablement) Débit max. à traiter : 30 m³/j Taux de conversion : 75% Concentrats max. : 7,5 m³/j 	<ul style="list-style-type: none"> Filière : 2 x Filtres à charbon actif en grain en série Débit max. à traiter : 30 m³/j 	<ul style="list-style-type: none"> En sécurité Filière : 2 x Filtres à charbon actif en grain en série Débit max. à traiter : 30 m³/j 	<ul style="list-style-type: none"> En sécurité Filière : 2 x Filtres à charbon actif en grain en série Débit max. à traiter : 60 m³/j 							
Coûts d'investissement du traitement (hors GC) ±30%	1 000 000 € HT	800 000 € HT	25 000 € HT	700 000 € HT/an	25 000 € HT	25 000 € HT	25 000 € HT							
Coûts d'exploitation du traitement ±30%	840 000 € HT/an (dt transport et incinération concentrats) Traitement fonctionnant 65% du temps	480 000 € HT/an (dt transport et incinération concentrats) Traitement fonctionnant 65% du temps	170 000 € HT/an (1 rotation complète/mois)	440 000 € HT/an (dt transport et incinération concentrats) Traitement fonctionnant 80% du temps	170 000 € HT/an (1 rotation complète/mois)	100 000 € HT/an (1 rotation/ 2 mois)	170 000 € HT/an (1 rotation complète/mois)							
Commentaires (PL : poids-lourds de 12,5 m ³)	Coûts disproportionnés Evac. concentrats : 325 PL /an	Coûts disproportionnés Evac. concentrats : 190 PL /an	Rotation charbon : 12 PL/an	Pas de rejet d'eau d'égouttage Quantité de sédiments gérés plus élevée donc augmentation de l'impact Coûts disproportionnés Evac. concentrats : 175 PL /an	Rotation charbon : 12 PL/an	Rotation charbon : 6 PL/an	Rotation charbon : 12 PL/an							

xxx mg/l : ce ne sont pas les concentrations réelles rejetées directement au milieu, elles sont surestimées du fait de la prise en compte du flux rejeté via la réutilisation ; voir concentrations du flux max. à gérer pour les concentrations réelles

Annexe II : **Rapport « Diagnostic hydrobiologique et piscicole » d’Hydrosphère de février 2024**

(81 pages)



Etude écologique préalable au stockage de
sédiments marins sur le site de Stinkal à Ferques
Diagnostic hydrobiologique et piscicole

RAPPORT FINAL

Références du maître d'ouvrage – ANTEA GROUP	
Titre du marché :	Etude écologique préalable au stockage de sédiments marins sur le site de Stinkal à Ferques – Diagnostic hydrobiologique et piscicole
Adresse :	Synergie Park - 5, avenue Louis NEEL F - 59260 LEZENNES
Affaire suivie par :	Nicolas KETELERS
Tél / mail :	Tél. 03.20.29.81.85 / Mob. 06.27.10.13.02 Mail. nicolas.ketelers@anteagroup.fr

Références du mandataire ou du/des sous-traitant(s)	
Adresse :	 BI-EAU 15 rue Lainé Laroche 49000 ANGERS
Affaire suivie par :	Anne-Marie Lançon Tél.: 02 41 88 52 88 lancon@bieau.fr

		Agence Paris Nord (Siège) 2 avenue de la mare 95310 – Saint-Ouen-l'Aumône		Tél : 01.30.73.17.18 Email : infos@hydrosphere.fr	
N°Affaire :	E21-121				
Fichier :	E21_121_Etude_Ecologique_Stinkal				
Affaire suivie par :	Elora FAUCHERY				
Tél / mail	Tél. 01.30.73.61.30 Mail : efauchery@hydrosphere.fr				
Participants :	Terrain : CVE, EFA, LLO, MKA Labo : EFA Rapport : EFA				
Version	Etabli par	Vérfié par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
1	EFA	MCA	MCA	19/02/2024	Version initiale
2	EFA	-	-	20/02/2024	Version finale corrigée

Crédits Photographiques de ce document : HYDROSPHERE© Sauf mention contraire

Sommaire

Sommaire	3
1. Contexte et objectif de l'étude	4
2. Contexte hydrologique du site	6
3. Synthèse des données existantes	8
4. Veille bibliographique	10
4.1. La salinité.....	10
4.2. Les sulfates	13
4.3. La dureté.....	14
4.4. Les métaux lourds : cuivre	15
4.5. Polluants spécifiques : arsenic	15
5. Méthodologies du diagnostic	16
6. Étude de l'hydromorphologie des cours d'eau	18
6.1. Ruisseau des Broustats	18
6.2. Le Crembreux.....	21
6.3. Synthèse des prospections.....	22
7. Résultats des analyses hydrobiologiques.....	26
7.1. Ruisseau des Broustats (fossé SNCF Ouest)	26
7.1.1. Macroinvertébrés benthiques	26
7.1.2. Diatomées	32
7.1.3. Ichtyofaune	34
7.2. Le Crembreux.....	39
7.2.1. Macroinvertébrés benthiques	39
7.2.2. Diatomées	43
7.2.3. Ichtyofaune	45
8. Analyse des impacts potentiels du rejet	51
8.1. Les chlorures	51
8.2. Les sulfates	52
8.3. Le carbone organique	52
8.4. Les métaux lourds	53
8.5. L'arsenic.....	53
9. Conclusion du diagnostic.....	54
Bibliographie.....	56
Table des Illustrations	59
Listes des annexes.....	62

1. Contexte et objectif de l'étude

Le site de Stinkal se situe à Ferques dans le département du Pas-de-Calais (62) (Figure 1). La carrière est exploitée par la société Eiffage Route pour ses roches calcaires. Les granulats fabriqués sont à destination du commerce, du marché routier, du béton prêt à l'emploi et de la préfabrication.

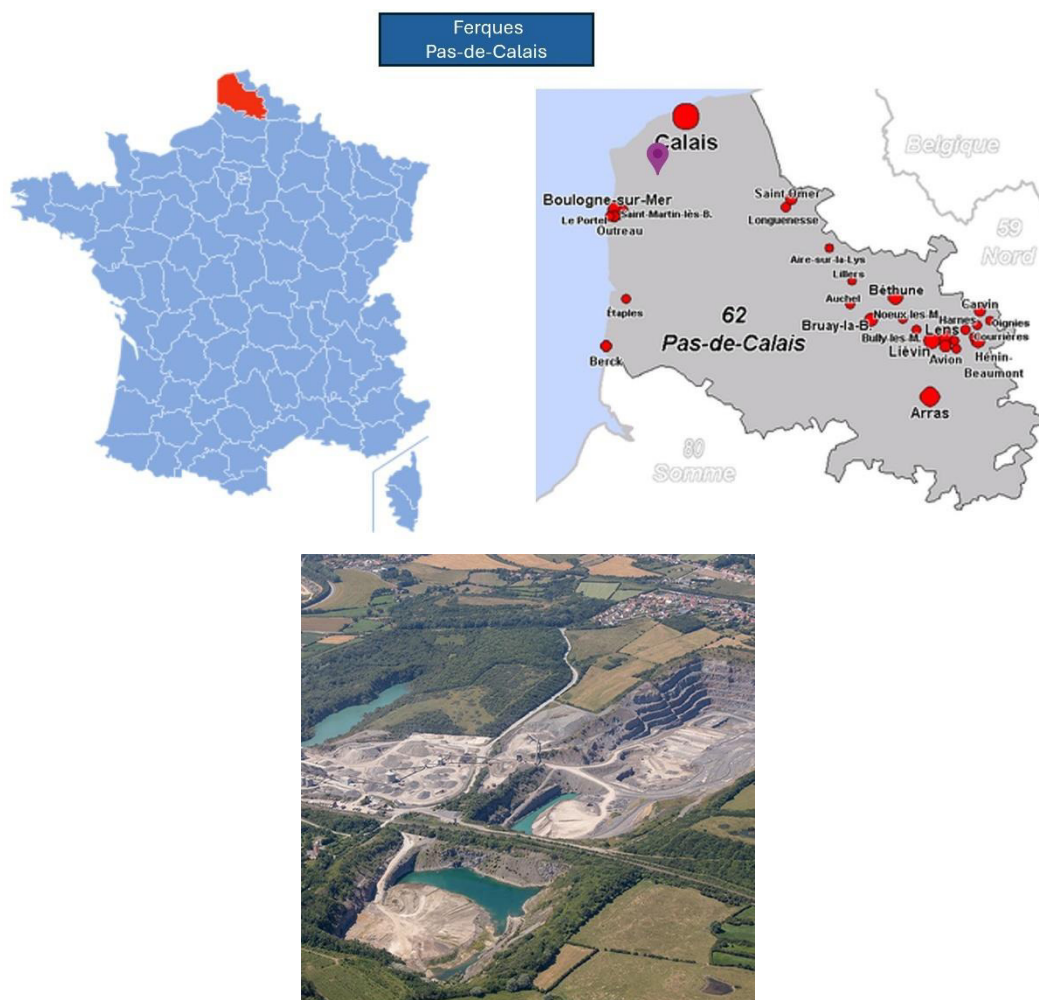


Figure 1 : Localisation et vue aérienne du site de Stinkal

L'extraction des roches et la production des granulats nécessitent l'utilisation de grandes quantités d'eau. Après traitement, les eaux dites d'exhaures sont rejetées dans le milieu naturel. La carrière de Stinkal est entourée par un important réseau de fossés. Ils confluent à l'aval du site pour former le ruisseau des Broustats avant de rejoindre le Crembreux quelques kilomètres plus loin (cf 2. Contexte hydrologique du site).

Le site se divise en deux parties. La partie active à l'ouest où se concentrent les activités d'extractions et la partie Est qui n'est plus exploitée aujourd'hui et qui est en cours de remblaiement. Les sites remblayés font l'objet d'une restauration et d'une valorisation écologique dans l'optique de compenser les impacts de la carrière. Afin de valoriser également économiquement ces secteurs, Eiffage développe un projet de stockage de sédiments marins issus de draguages des grands ports du Nord de la France.

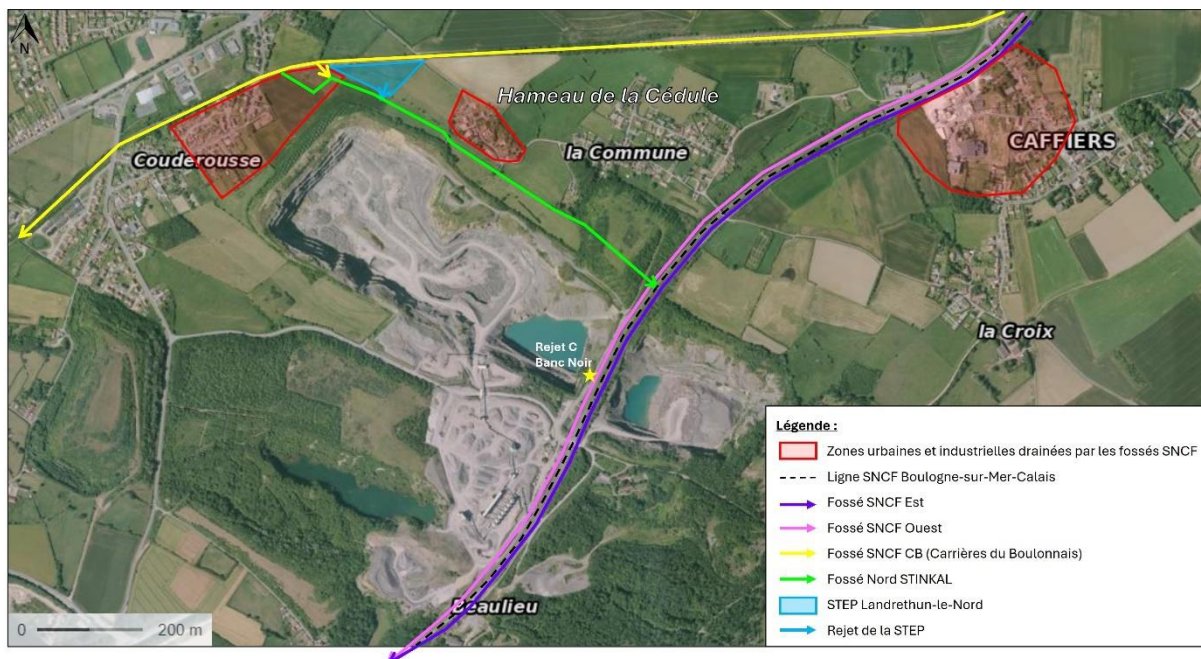
HYDROSPHÈRE a été sollicité par ANTEA GROUP pour réaliser un **diagnostic des milieux aquatiques en vue d'évaluer les impacts potentiels de rejets d'eaux salées** (chlorures et sulfates) sur la biocénose des cours d'eau récepteurs. Le présent dossier comprend :

- Une **synthèse des données bibliographiques** sur l'impact des rejets d'eau salée sur les milieux d'eau douce et plus particulièrement sur la faune et la flore ;
- L'**état initial** des milieux récepteurs du rejet ;
- L'**analyse des impact** avérés et potentiels du rejet d'eau salée sur la biocénose en place ;
- La **préconisation de mesures** pour limiter ces incidences.

Les investigations se sont portées sur le **ruisseau des Broustats** qui reçoit les eaux de la carrière de Stinkal et sur le **Crembreux**, après sa confluence avec le ruisseau. Le linéaire d'étude est d'environ **3 km**.

2. Contexte hydrologique du site

Comme évoqué précédemment, le site de Stinkal est entouré par **plusieurs fossés** qui drainent des **eaux d'origines multiples** (Carte 1).



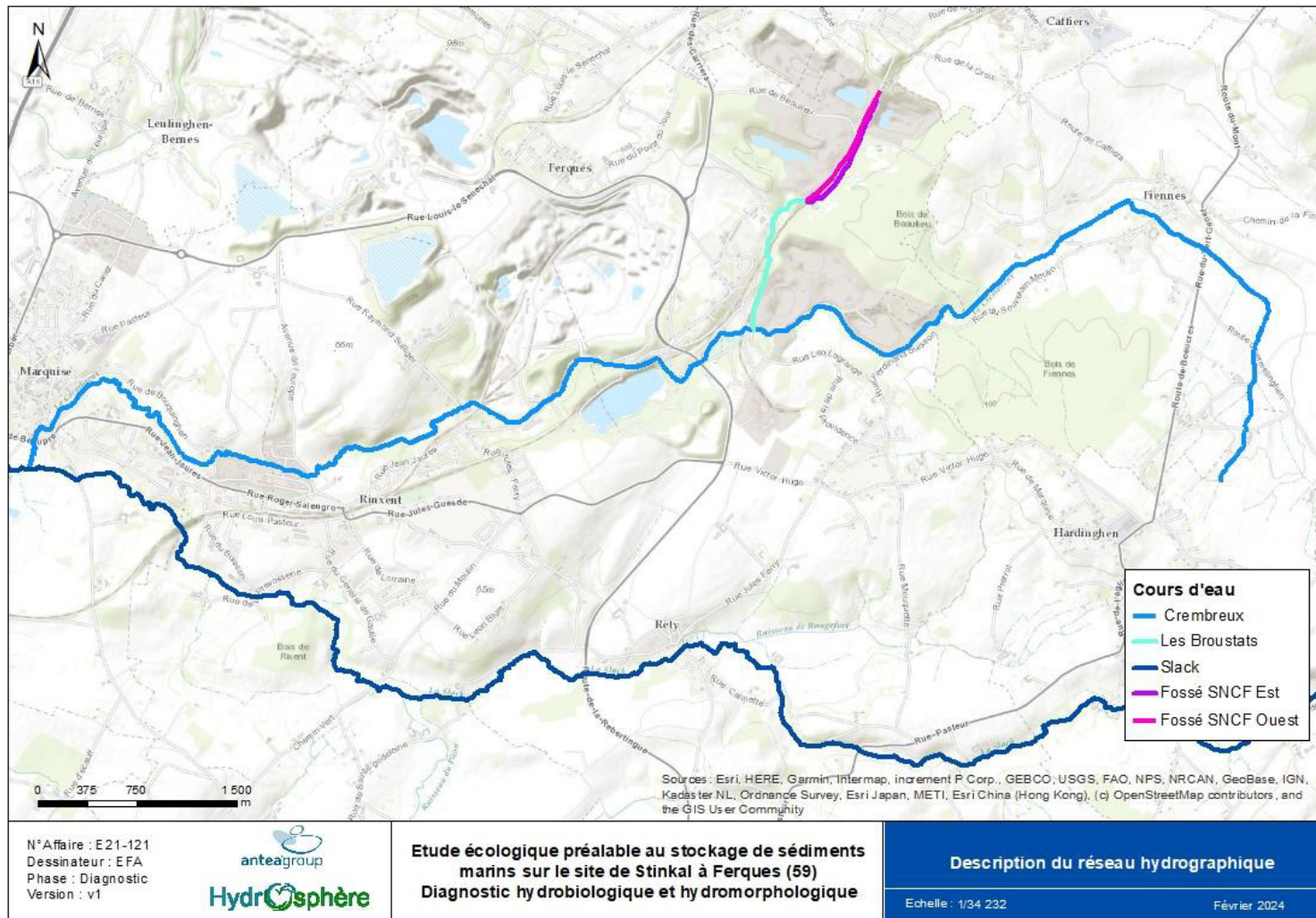
Carte 1 : Détail du réseau de rejets et fossés autour du site de Stinkal

La carrière est bordée **au nord** par un fossé qui draine les **eaux de ruissellement** du Hameau de la Cédule et d'une partie de la Commune et de Couderousse (en vert sur la Carte 1). Il reçoit également le **rejet de la STEP de Landretum-le-Nord**, mise en service en 2016.

La **ligne de chemin de fer** reliant Boulogne-sur-Mer et Calais a été mise en service en 1848. Elle est longée par **un fossé de chaque côté** qui permettent l'évacuation des **eaux de pluies** : le **fossé SNCF Est** (en violet) et le **fossé SNCF Ouest** (en rose). Le fossé SNCF Est draine les eaux de pluie de la commune de Caffiers. Le fossé SNCF Ouest draine une partie de la Commune, récupère les eaux du fossé Nord et reçoit les **eaux d'exhaure de la carrière de Stinkal (rejet C sur la Carte 1)**. Ces derniers, confluent à l'aval du site à environ **800 m du rejet** pour former le **ruisseau de Broustats (E5100790)**.

Sur le terrain, on constate donc que le ruisseau a été **fortement modifié** et est bien **éloigné de son tracé d'origine** qui figure sur les cartes actuelles. Sa moitié amont sur environ 1 km correspond aujourd'hui au fossé SNCF Ouest qui est **majoritairement busé**. Il ne suit son cours historique que sur les 1,3 km qui séparent la confluence des deux fossés SNCF de sa confluence avec le Crembreux.

Le ruisseau des Broustats rejoint donc le Crembreux (0100062) en drive droite. Le Crembreux, long de 13 km, prend sa source à Hardingen. C'est le principal affluent de La Slack avec le Blacourt. L'ensemble du linéaire étudié s'intègre donc dans un bassin versant qui draine un territoire de 156 km² avant de se jeter dans la Manche à Ambleteuse (62) (Carte 2).



Carte 2 : Réseau hydrographique du secteur d'étude

3. Synthèse des données existantes

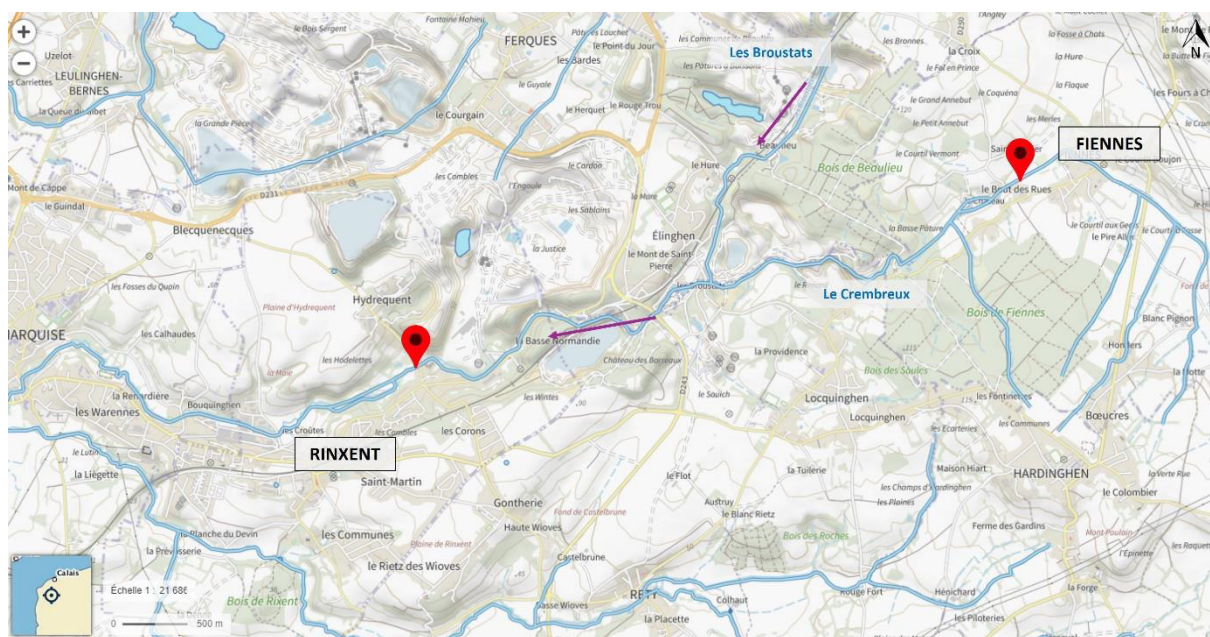
Presque **aucune donnée historique** n'existe sur le ruisseau des Broustats. Comme évoqué précédemment, son tracé a été **largement modifié** lors de l'**implantation des carrières** et avec la **construction de la voie de chemin de fer**. Son linéaire actuel réel est donc **très différent** de son linéaire historique qui figure sur les cartes officielles (cf. 6. Étude de l'hydromorphologie des cours d'eau).

Le ruisseau traverse la **ZNIEFF de type I** « Bois de Fiennes, bois de Beaulieu et carrière de la Parisienne » (310013293). Les efforts de prospection se sont principalement concentrés sur les communautés végétales et en complément sur les amphibiens, les mammifères et les oiseaux. Aucune donnée supplémentaire n'a été collectée sur le milieu aquatique (poisson, mollusque, macrophytes etc.)

Le Crembreux est un cours d'eau de **1^{ère} catégorie**. Ce classement s'applique aux cours d'eau **salmonicoles** qui abritent des espèces comme la Truite, le Saumon, l'Anguille, etc. qui font l'objet de **mesures de protection**. Il reçoit plus ou moins directement les eaux de nombreuses carrières de la région et des plaines agricoles qui l'entourent.

Hydrosphère a réalisé un diagnostic écologique du cours d'eau en 2019. Deux stations avaient été définies (Carte 3) :

- Le Crembreux amont à Fiennes, à environ 4 km en amont de la confluence avec les Broustats ;
- Le Crembreux aval à Rinxent, à 4 km en aval, avant sa confluence avec La Slack.



Carte 3 : Localisation des stations de suivi Hydrosphère sur le Crembreux en 2019

Deux compartiments faunistiques avaient été analysés : les poissons (IPR) et les macro-invertébrés benthiques (MPCE/I2M2). Le Tableau 1 synthétise les résultats obtenus à l'époque.

Tableau 1 : Synthèse des résultats biologiques 2019 sur le Crembreux (Hydrosphère)

	Crembreux amont	Crembreux aval
Note IPR	40,13	11,5
Classe de qualité associée	Mauvaise	Bonne
Note I2M2	0,4375	0,75
Classe de qualité associée	Médiocre	Moyenne

Le Crembreux amont traverse une large plaine agricole et de nombreux sites d'extraction sur sa moitié amont. Il présentait donc déjà une qualité dégradée en 2019. Le cours aval est plus libre notamment de l'influence des carrières et possède de fait, une bien meilleure qualité biologique.

4. Veille bibliographique

Afin de mieux estimer les impacts potentiels du futur rejet dans les milieux récepteurs de la carrière de Stinkal, une veille bibliographique a été réalisée autour des paramètres suivants : la salinité (chlorures, sodium), les sulfates, la dureté de l'eau (calcaire et magnésium), métaux lourds (cuivre), polluants spécifiques (arsenic).

4.1. La salinité

L'augmentation de la salinité d'origine anthropique dans les cours d'eau douce est appelée **salinisation secondaire** (Cañedo-Argüelles et al., 2013). Bien que méconnue, elle est considérée comme l'une des **premières causes** de dégradation des cours d'eau aujourd'hui (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005) et possède parmi les **plus forts potentiels d'impacts** sur les organismes aquatiques (Cañedo-Argüelles, 2020; Côté et al., 2016). Aux États-Unis, la salinisation figure parmi les 15 principales causes d'altération des cours d'eau, au même niveau que les pesticides (Agence américaine de protection de l'environnement, 2012). En Australie, une enquête menée auprès de gestionnaires des milieux aquatiques a classé la salinité parmi les trois contaminants environnementaux les plus préoccupant (Lovett et al., 2007.).

Les conséquences globales de la salinisation des rivières sont multiples :

- **Écroulement** de la biodiversité (Bäthe & Coring, 2011) ;
- Mobilisation des **métaux lourds** (Lazur et al., 2020) ;
- Augmentation de la **toxicité** de certains métaux (Hall & Anderson, 1995) ;
- Stimulation de l'**eutrophisation** :
 - En mobilisant l'azote organique, l'ammonium et le phosphore par échange d'ions (réduction de NH_4^+ par Na^+) (Sujay S. et al., 2018) ;
 - En favorisant la croissance des algues par une réduction de la pression alimentaire des invertébrés herbivores (cascades trophiques) (Moyano Salcedo et al., 2024) ;
 - En favorisant le développement des organismes autotrophes au détriment des hétérotrophes (Gruntz, 2021).

En Allemagne, Schulz & Cañedo-Argüelles (2018) ont tenté de classer les organismes aquatiques selon leur sensibilité au phénomène (de la plus sensible à la moins sensible) : **poissons > macroinvertébrés > phytoplancton > macrophytes > diatomées**. D'autres études ont montré que les macroinvertébrés aquatiques étaient **plus sensibles** que les poissons (Wang et al., 2020).

A une échelle plus fine, Castillo et al. (2018) ont constaté que les **microinvertébrés** comme les Cladocères et les Copépodes étaient plus sensibles à la salinité que les macroinvertébrés comme les insectes. Ils ont également montré qu'au sein des macroinvertébrés, les **racleurs**, les **cueilleurs** et les **filtreurs** étaient en moyenne plus sensibles que les omnivores, les déchiqueteurs et les prédateurs.

Globalement, l'augmentation, **même légère**, de la salinité a un **impact significatif immédiat** sur les communautés d'invertébrés. Une augmentation **massive** des concentrations en sels peut aller jusqu'à modifier significativement les **conditions de qualité de l'eau**. Une expérience réalisée en mésocosme a montré que des concentrations en sels correspondant à une conductivité de 5 mS cm^{-1} induisait des modifications de l'oxygène dissous, de la température et du pH (Cañedo-Argüelles et al., 2012).

Une étude référence dans le domaine, a suivi pendant 17 ans les conséquences des variations de salinité dans le bassin de la Werra, situé dans les plateaux du centre de l'Allemagne (Bäthe & Coring, 2011). Le rejet d'eaux usées salines issues de l'industrie de la potasse a transformé la rivière en un cours d'eau saumâtre presque salin. Entre 1950 et 1990, l'augmentation des concentrations en sels a causé la **disparition d'espèces** autochtones **d'amphipodes** et de la plupart des espèces de **plécoptères**, **d'éphéméroptères**, de **mollusques** et de **bivalves**. La **production de biomasse végétale** et avec elle les épisodes **d'eutrophisation** sont montés en flèche.

Les concentrations maximales de chlorures ont atteint un record de 27 g/l en 1992 où de nombreuses normes de traitement et de rejet ont été imposées aux industriels. Le taux de chlorures a ainsi été divisé par 3 en cinq ans pour plafonner à 9 g/L en 1997. La surveillance effectuée entre 1993 et 1996 a montré une **augmentation du nombre de taxons** sur l'ensemble du « linéaire salinisé ».

Les espèces prédominantes pendant la pollution étaient les taxons **halotolérants** *Gammarus tigrinus*, *Oligochaeta* et divers Chironomidae. Avec la réduction des concentrations en sels, plusieurs taxons ont progressivement recolonisé le cours d'eau depuis l'aval et les petits affluents :

- Chez les Trichoptères : *Hydropsyche*, *Hydroptila*, *Psychomyia* et *Tinodes*. Ils étaient parmi les premiers à revenir du fait de la capacité de vol des adultes ;
- Chez les Coléoptères : *Elmis* puis *Oulimnius* ;
- Chez les Crustacées : *Asellus* ;
- Chez les Gastéropodes : *Potamopyrgus* ;
- Chez les Planariés : *Dendrocelum* puis *Dugesia*.

Cette étude montre bien les conséquences **négatives** de l'augmentation massive de la salinité mais elle révèle également la forte **résilience des macro-invertébrés** qui sont capables de rapidement recoloniser un milieu après une pollution aiguë lorsque des populations saines sont présentes à proximité (Bäthe & Coring, 2011).

Le maintien d'un **environnement ionique intracellulaire** relativement constant est essentiel au fonctionnement de tous les animaux. C'est pourquoi la plupart des organismes aquatiques ont la capacité de contrôler leurs concentrations internes d'ions (*i.e.* **osmorégulation**) (Ferreira-Martins et al., 2021). Ce processus a bien évidemment un **coût énergétique**. Cependant, il n'y a toujours pas de consensus sur le montant de celui-ci qui varie de quelques % à 40% selon les études (Hintz & Relyea, 2017). Les mécanismes d'osmorégulation chez les insectes aquatiques sont encore **mal compris** (Scheibener et al., 2017). Certaines **diatomées** sont également fortement affectées par la proportion de **cations** et **d'anions** et par le ratio entre cations monovalents et divalents dans l'eau (Cañedo-Argüelles, 2020).

Chez la plupart des espèces de poissons, la fécondation et l'incubation des œufs, la résorption du sac vitellin, l'embryogenèse précoce, le gonflement de la vessie natatoire et la croissance des larves notamment dépendent de la salinité (Hintz & Relyea, 2017). Passé un certain seuil, les variations de salinité de l'eau ont donc des **conséquences léthales** sur les poissons. Les organismes ne peuvent plus maintenir leur balance osmotique et **osmoconforment** avec la concentration ionique du milieu (Evans & Kültz, 2020). Ce phénomène entraîne la **déstructuration des cellules** et induit des modifications du comportement alimentaire et de la nage, des perturbations dans la croissance (Tavares-Dias, 2022) et à terme, la **mort** de l'individu.

Une étude menée sur les poissons de la Werra river en Allemagne dans les années 1970 a retenu un seuil léthal de concentration de potasse (minerai formé principalement de chlorure de potassium (KCl)) de **80 mg/l** (Halsband, 1976).

Une autre étude menée dans des piscicultures, a mis en évidence que la toxicité du **chlorure de sodium** (NaCl) **variait considérablement** d'une espèce de poisson à l'autre (**3,5-150,0 g/l**) et dépendait de certains paramètres environnementaux (Tavares-Dias, 2022).

Évaluation de l'état des masses d'eau en France :

La salinité, en tant que taux de chlorures, taux de sulfates et conductivité, n'entre pas dans les paramètres d'évaluation de la qualité physico-chimiques des eaux de surface dans le cadre de la DCE. Les connaissances actuelles sont jugées **insuffisantes pour fixer des seuils fiables**.

Le taux de chlorure est en revanche pris en compte dans le volet « Minéralisation » du **SEQ-EAU v2** de 2003. Cet outil permet d'apprécier la qualité physico-chimique des cours d'eau à travers différentes grilles d'évaluation. Le chlorure ne dispose que d'un seuil séparant « Bonne » et « Mauvaise » qualité. Ce dernier est fixé à **200 mg/l**.

4.2. Les sulfates

L'augmentation des concentrations de sulfates (SO_4^{2-}) dans les systèmes d'eau douce influence les **processus biogéochimiques** du carbone, de l'azote et du phosphore. La littérature scientifique a clairement démontré que la pollution aux sulfates avait des **effets toxiques** sur les organismes aquatiques dont les plantes, les poissons, les invertébrés et les amphibiens (Zak et al., 2021).

Karjalainen et al. (2023) ont mesuré la sensibilité critique de 10 familles d'animaux et de plantes aux sulfates :

- Les Salmonidés et les Cyprinidés chez les poissons ;
- Les Unionidés chez les Bivalves ;
- Les Lymnées pour les Gastéropodes ;
- Les Chironomes chez les Diptères ;
- Les Daphnidés et les Rotifères pour les microinvertébrés ;
- Les Oligochètes ;
- Les Aracées (plantes vasculaires) et les Sélénastracées (algues vertes) pour les végétaux.

Ils ont montré que la plupart des organismes sélectionnés pouvait **tolérer de fortes concentrations** de sulfates. Les concentrations **chroniques** efficaces médianes étaient de l'ordre de **1000 mg/l**. Sur cette base, les chercheurs ont pu extrapoler que la concentration de sulfates dangereuse pour 5 % des organismes aquatiques dans les eaux douces était comprise entre **117 et 194 mg SO_4/l** .

Évaluation de l'état des masses d'eau en France :

Dans le cadre de la DCE, les sulfates entrent dans les paramètres permettant de décrire la salinité. Comme évoqué à la fin du paragraphe précédent, il n'est **pas pris en compte dans l'évaluation DCE** de la qualité physico-chimiques des eaux de surface.

Il possède en revanche un seuil de la qualité unique dans le **SEQ-EAU v2** qui fixe la bonne qualité à maximum **250 mg/l**.

4.3. La dureté

L'augmentation de la dureté de l'eau peut également avoir de **effets néfastes** sur la biodiversité aquatique. Elle induit, comme pour la salinité, un **stress osmotique** et une **toxicité ionique spécifique**, tout particulièrement avec le **calcium** (Ca^{2+}) et le **magnésium** (Mg^{2+}) dont les concentrations sont normalement faibles en eau douce (Griffith, 2017).

Elphick et al. en 2011 se sont intéressés aux interactions entre dureté de l'eau (en tant que calcium CaCO_3) et **toxicité du chlorure** (NaCl) en vue de proposer des valeurs seuils référentes. Les tests ont été effectués sur neuf espèces d'eau douce (un Rotifère, un Caldocère, un Copépode, deux poissons, deux Annélides, un Diptère et un Crustacé). Les **Cladocères** se sont révélés être les **plus sensibles** aux variations des deux facteurs analysés. Ils ont permis de retenir des concentrations de **chlorure critiques** évoluant de **64 mg/l à 10 mg/l de dureté à 388 mg/l à 160 mg/l de dureté**. En multipliant par 16 la dureté de l'eau, le seuil de toxicité du chlorure n'augmente que selon un facteur 6. Le calcium n'accroît donc pas la toxicité du chlorure.

La même année, Soucek et al. (2011) sont arrivés à des conclusions similaires en montrant **l'effet positif de la dureté de l'eau sur la toxicité du chlorure**. En effet, la concentration létale médiane pour certains microorganismes était deux fois moins élevée à 800 mg/l de dureté qu'à 50 mg/l.

Évaluation de l'état des masses d'eau en France :

La dureté n'est **pas systématiquement mesurée** pour l'évaluation DCE de la qualité physico-chimique des cours des eaux de surface. Elle peut être prise en compte dans le cadre de l'étude des **métaux lourds et de leurs composés** car elle affecte la **biodisponibilité** de ces derniers.

Les taux de calcium et de magnésium sont décrits dans le volet « Minéralisation » du SEQ-EAU v2.

Si le **taux de calcium** est compris entre **32 et 160 mg/l**, il traduit une « **Très bonne** » qualité physicochimique, sinon elle est « **Médiocre** ».

Le **taux de magnésium** présente quant à lui un découpage en **5 classes** : « Très bonne », « Bonne », « Moyenne », « Médiocre » et « Mauvaise ».

Magnésium (mg/l)	50	75	100	400
-------------------------	-----------	-----------	------------	------------

4.4. Les métaux lourds : cuivre

L'exposition à de faibles concentrations de Cu peut entraîner une **toxicité chronique** chez les organismes aquatiques comme **l'altération des fonctions sensorielles**. Cependant, la plupart des symptômes peuvent progressivement disparaître après l'arrêt de l'exposition. A l'inverse, des quantités excessives de Cu peuvent avoir des **effets néfastes** sur la croissance, le développement, le métabolisme, l'activité immunologique, les fonctions cardio-respiratoires, etc. voire à terme **léthales** (Liao et al., 2023).

La même étude a rapporté que la **valeur critique** du Cu évoluait de **2,73 µg/l** (*Daphnia*, genre de Cladocères) à **107 880 µg/l** (*Notemigonus crysoleucas*, espèce de Cyprinidé d'Amérique du Nord). Les seuils d'**exposition chroniques** provoquant les **premiers effets néfastes** allaient de **2,83 µg/l** (*Daphnia*, genre de Cladocères) à **249 µg/l** (*Cyprinodon variegatus*, espèce de Vairon d'Amérique du Nord).

Évaluation de l'état des masses d'eau en France :

Certains métaux lourds comme le zinc, le cuivre et le chrome ont été **retenus par la DCE** pour l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de surface dans la catégorie « **polluants spécifiques non synthétiques** ».

La **Norme de Qualité Environnementale** unique qui détermine si la qualité est bonne ou non est fixée à **1 µg/l**.

La concentration en cuivre peut être corrigée en premier lieu par la biodisponibilité, notamment en utilisant le modèle BLM (*Biotic Ligand Model*).

4.5. Polluants spécifiques : arsenic

L'arsenic se fixe majoritairement à **l'exosquelette des invertébrés** et dans le **foie des poissons**. Les **algues** restent cependant l'organisme aquatique le plus **bio-accumulateur** de ce polluant (R. Garnier et al., 2008).

L'exposition à des seuils de **toxicité chronique et critique** est dans tous les cas associée à des effets **fatals** chez les organismes aquatiques : empoisonnement, altération de la reproduction et de la croissance, troubles immunitaires, lésions cellulaires et tissulaires et mort cellulaire (Byeon et al., 2021).




Évaluation de l'état des masses d'eau en France :



L'arsenic a été **retenu par la DCE** pour l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de surface dans la même catégorie que les métaux lourds « **polluants spécifiques non synthétiques** ».

La **Norme de Qualité Environnementale** unique qui détermine si la qualité est bonne ou non est fixée à **0,83 µg/l**.

5. Méthodologies du diagnostic

Les méthodes de prospection sont présentées ici de manière simplifiée. Le détail des protocoles de prélèvement et d'analyse ainsi que les méthodologies de calcul sont annexés au présent document.

Groupe ou thématique ciblé	Date d'intervention	Conditions météorologiques	Méthode
Hydromorphologie	18 et 19/07/2023	Chaud et ensoleillé	<ul style="list-style-type: none"> • Prospection intégralement à pied le long ou dans le cours d'eau : 1 km du fossé SNCF Ouest, 1,3 km du ruisseau des Broustats et 1 km sur le Crembreux après la confluence ; • Cartographie et caractéristiques détaillées directement sur tablette (Photos 1) <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;"><i>Photos 1 : Prospection du linéaire et saisie sur tablette</i></p>
Macroinvertébrés benthiques	19/07/2023		<ul style="list-style-type: none"> • Prélèvements des invertébrés par micro-habitats suivant des critères d'habitabilité et de recouvrement (protocole MPCE, NF T90-333) (Photo 2) ; • Calcul et analyse de l'I2M2(NF T90 388). <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><i>Photo 2 : Prélèvement MPCE</i></p>

Groupe ou thématique ciblé	Date d'intervention	Conditions météorologiques	Méthode
Diatomées	19/07/2023		<ul style="list-style-type: none"> • Prélèvement des diatomées par brossage de pierres immergées (NF T90-354) (Photo 3) ; • Traitement des échantillons et calcul des indices (IBD et IPS) par un laboratoire partenaire (Bi-Eau).  <p data-bbox="1018 775 1278 801"><i>Photo 3 : Prélèvement IBD</i></p>
Poissons	18 et 19/07/2023		<ul style="list-style-type: none"> • Inventaire des poissons et des écrevisses par pêche électrique (NF EN 14011) (Photo 4) ; • Calcul de l'IPR (XP T90-344).  <p data-bbox="959 1258 1337 1285"><i>Photo 4 : Pêche électrique et biométrie</i></p>

6. Étude de l'hydromorphologie des cours d'eau

Dans la mesure du possible, l'intégralité du linéaire depuis la confluence entre les fossés Nord et SCNF Ouest jusqu'au Crembreux sur environ 1 km a été prospectée à pied, soit en longeant par la berge, soit en progressant directement dans le lit du cours d'eau. Certains secteurs situés dans le périmètre de carrières voisines n'ont pas pu être prospectés (notés NA sur les cartes ci-après).

Les cours d'eau ont été découpé en grands tronçons homogènes. Les enjeux écologiques associés découlent du potentiel estimé à partir des caractéristiques hydromorphologiques (capacités d'accueil) et non des espèces effectivement observées.

6.1. Ruisseau des Broustats

Le Tableau 2 décrit les tronçons identifiés sur le ruisseau des Broustats.

Tableau 2 : Morphologie du ruisseau des Broustats

Principales caractéristiques	Illustrations
<p>1) Fossé SNCF Ouest</p> <p>Il s'écoule entre le front Est de la carrière et la ligne SNCF.</p> <p>Il est intégralement artificialisé et se caractérise par une alternance de passages busés (5) et canalisés (5). Le fossé reçoit les eaux d'exhaure de Stinkal quelques mètres à l'amont de la rue de Beaulieu qui traverse le site (cf étoile sur la Carte 4).</p> <p>Les sections libres sont contraintes dans un canal béton rectangulaire de moins d'1 m de large. Par temps chaud et sec, comme c'était le cas lors du passage en juillet, les écoulements sont très réduits et ne semblent alimentés que par le rejet. Cela induit un fort colmatage à la fois végétal (algues filamenteuses) et minéral (vases/limons).</p> <p>La hauteur des berges et les marques de crues sur les murs, témoignent de sa capacité à monter en charge lors des forts épisodes pluvieux (Rappelons que le fossé réceptionne les eaux d'autres carrières, de la STEP et des communes à l'amont).</p> <div data-bbox="167 1742 660 1812" style="background-color: red; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 20px;"> Enjeux écologiques nuis à très faibles </div>	

Principales caractéristiques

Illustrations

Remarque :

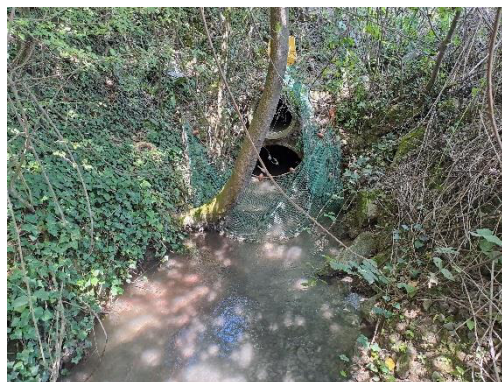
Deux portions n'ont pas pu être décrites. Elles étaient entièrement grillagées pour réduire le risque d'accident sur ces secteurs d'ordinaire peu entretenus (débroussaillage uniquement pour notre intervention). La densité de la végétation occultait entièrement le cours d'eau.



2) Stations hydrobiologiques

Le fossé résurge par une **buse** au coin sud-est du site de Stinkal. Ce tronçon correspond aux **stations MPCE et IPR adapté** du ruisseau des Broustats. Toutes les caractéristiques du tronçon sont précisées plus loin dans le dossier dans les premiers **paragraphes du 7.1.1 et du 7.1.3**.

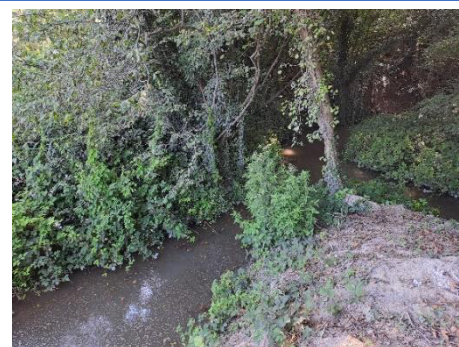
Le secteur est **totalemt ombragé**. La lame d'eau est **réduite**. Les écoulements dépendent directement de la **pompe du rejet** qui induit dans le même temps, une **forte turbidité** lorsqu'il est en marche.



Enjeu écologique faible

Confluence des fossés SNCF

Le fossé Ouest conflue 50 m plus bas avec le fossé SNCF Est après son passage sous la voie ferrée. C'est à partir de ce point que le ruisseau des Broustats **reprend son cours historique**.



Principales caractéristiques

Illustrations

3) Alternance plat courant-radier

Le reste du linéaire évolue entre **secteurs boisés et friches arbustives/herbacées denses**. Les écoulements passent d'un long chenal courant à une **alternance entre plat courant et radiers**. La largeur en eau est **constante** (environ 2 m) et la profondeur varie entre **15 et 40 cm**.

Les substrats dans les secteurs les plus lenticques sont dominés par la **vase** et la matière organique grossière (**litière**). La réduction de la lame d'eau et l'accélération des écoulements sur les autres secteurs favorise les **substrats pierreux**. **Aucune végétation aquatique** ne s'est développée.

Le ruisseau est dans l'ensemble **fortement colmaté et très turbide** (fond non visible au-delà de 20 cm). Il est ponctué **d'embâcles** et de **buses**. Des **concrétions calcaires** agissant comme des seuils se sont même formées par endroits. La **continuité écologique du secteur est fortement perturbée**.

Enjeux écologiques très faibles à faibles



4) Secteur des Dolomies (NA)

Le ruisseau passe sous la ligne SNCF au niveau de la STEP de Ferques avant de traverser le périmètre de la carrière des Dolomies. Il ressort par une buse le long du chemin piéton qui relie la rue de la Basse Ville à la rue du Pont. Cette portion n'a pas pu être décrite.

Le ruisseau des Broustats rejoint le Crembreux une soixantaine de mètres à l'aval.



6.2. Le Crembreux

Le Tableau 3 décrit les tronçons identifiés sur le Crembreux.

Tableau 3 : Morphologie du Crembreux

Tronçon	Descriptif
<p><u>Confluence Broustats-Crembreux</u></p> <p>Le ruisseau des Broustats alimente le Crembreux en rive droite.</p> <p>Lors du passage mi-juillet 2023, le Crembreux était entièrement à sec sur une distance importante et non-indéterminée à l'amont de la confluence. Le ruisseau des Broustats assure donc le soutien d'étiage du Crembreux à l'aval.</p>	
<p><u>5) Crembreux aval confluence</u></p> <p>A l'aval de la confluence, le Crembreux passe d'une courte section de plat lentique à une alternance de plat courant/radier. La largeur du lit évolue entre 3 et 5 m. La lame d'eau oscille entre 10 et 20 cm de profondeur.</p> <p>Le Crembreux s'écoule en contexte boisé plus ou moins dense. L'ombrage sur le cours d'eau est ainsi moyen à très fort.</p> <p>Les substrats sont quasi exclusivement minéraux avec une dominance de pierres-graviers et des blocs éparses. Quelques placettes de bryophytes et les chevelus racinaires de grands arbres isolés viennent enrichir ponctuellement la gamme des habitats disponibles pour la faune aquatique.</p> <p>Les berges sont verticales et fortement érodées. Elles témoignent de la forte réactivité du Crembreux aux épisodes pluvieux intenses.</p> <div data-bbox="167 1659 660 1727" style="background-color: #76923c; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>Enjeux écologiques moyens</p> </div>	

Tronçon	Descriptif
<p>6) Secteur du Haut-Blanc (NA)</p> <p>Le Crembreux pénètre le périmètre de la carrière de la Vallée Heureuse par un large passage busé sous la D243.</p> <p>Les prospections n’ont pas pu être conduites plus loin.</p>	

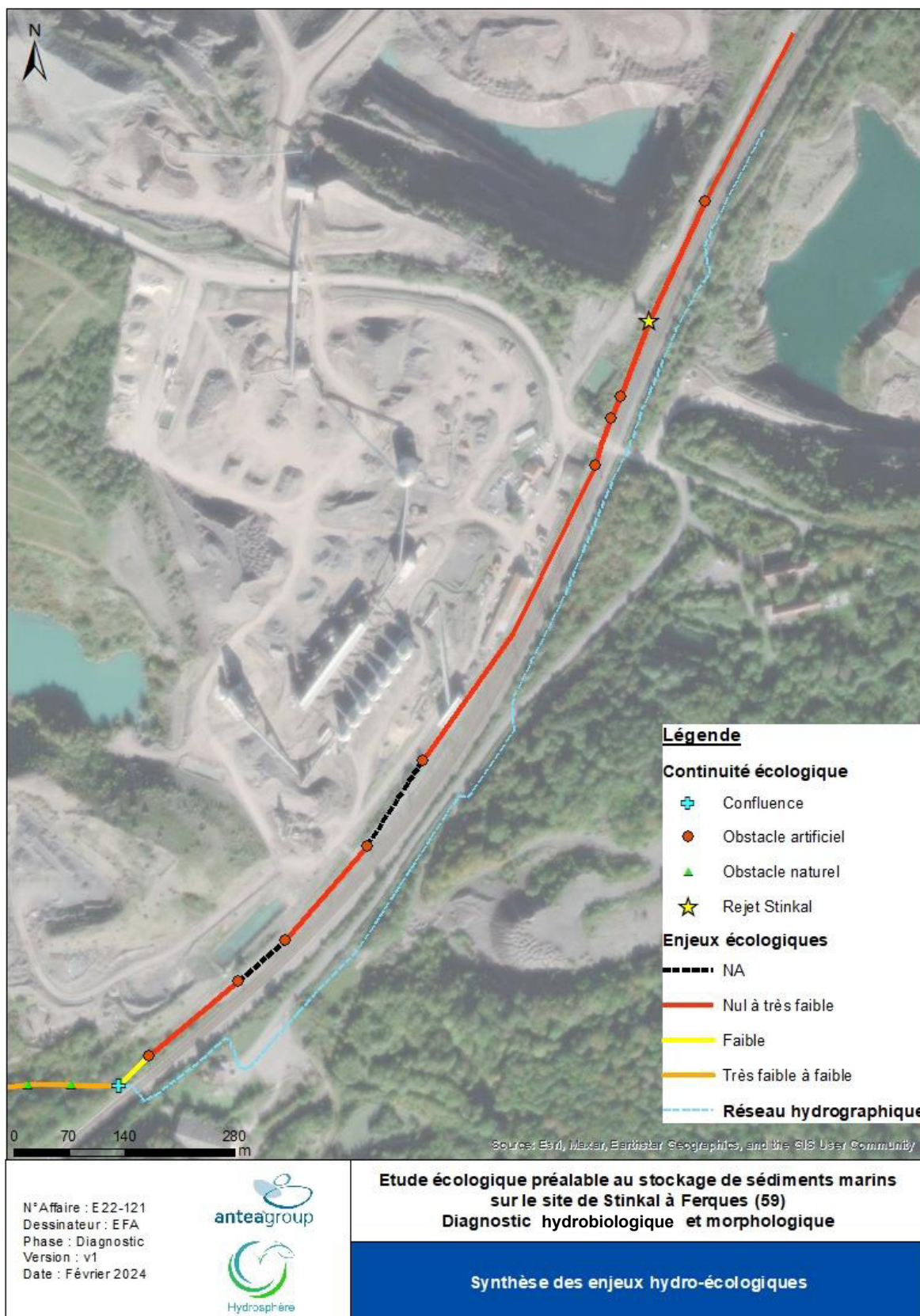
6.3. Synthèse des prospections

Le ruisseau des Broustats a été **très fortement modifié**. Le premier kilomètre de cours d’eau a été **entièrement artificialisé** avec l’implantation de la ligne SNCF et des sites d’extraction. Il est systématiquement **busé** ou **canalisé**. Au regard des données cartographiques, la partie amont du ruisseau correspondrait aujourd’hui au fossé SNCF Ouest. Les enjeux sur ce secteur sont globalement **très faibles voire nuls**. Le ruisseau ne récupère son tracé d’origine qu’après la confluence entre les deux fossés SNCF. Il respecte ensuite globalement le tracé des cartes hydrographiques (légère rectification au niveau de la STEP le long de la ligne de chemin de fer). Le reste du linéaire évolue entre secteurs **boisés** et **friches**. Il passe d’un long **chenal courant** à une **alternance entre plat courant et radiers**. Le ruisseau est dans l’ensemble **fortement colmaté** et **turbide** (fond non visible au-delà de 20 cm). Le reste du linéaire présente des enjeux globalement faibles.

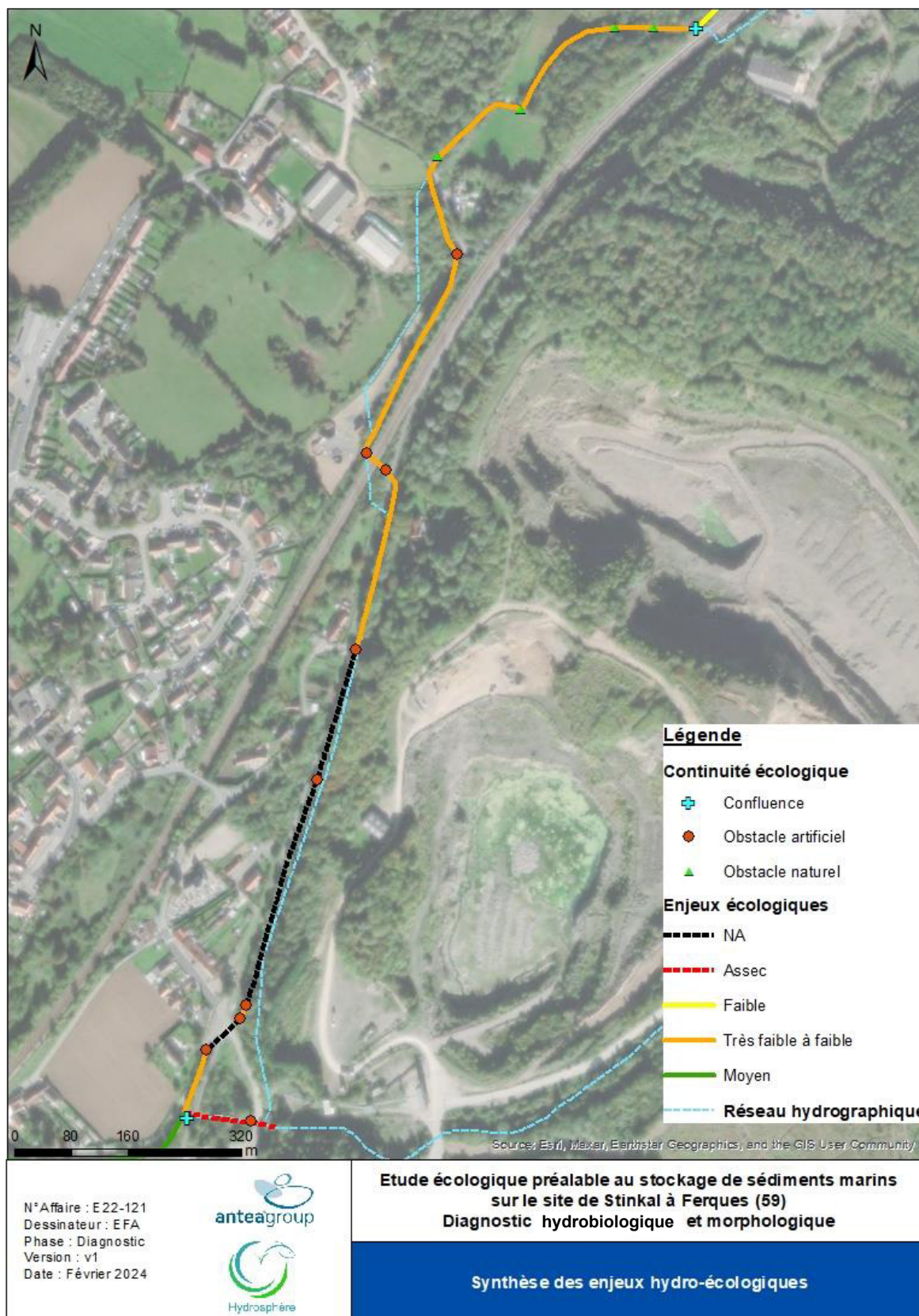
Les Carte 4 et Carte 5 reprennent les enjeux écologiques identifiés sur le fossé SNCF Ouest et sur le ruisseau des Broustats ainsi que les obstacles à la continuité écologique.

Le Crembreux était à sec sur un linéaire non-déterminé à l’amont de sa confluence avec les Broustats. Ce dernier semble donc lui assurer un **soutien d’étiage essentiel**. Le cours d’eau semble ainsi caractérisé par une **forte instabilité hydrologique** avec des période d’assec et des épisodes de crue importants. Son **lit très encaissé** et les marques **d’érosion en berge** à plus d’1 m de hauteur en sont les témoins. La lame d’eau et les écoulements étaient réduits à leur minimum lors du passage en juillet 2023, réduisant considérablement les potentialités d’accueil du secteur. En dehors de ces constats, le cours d’eau abrite tout de même une **belle diversité d’habitats** (bryophytes, racines, blocs, sous-berge, fosses, etc.) qui lui confère un enjeu écologique globalement **moyen**.

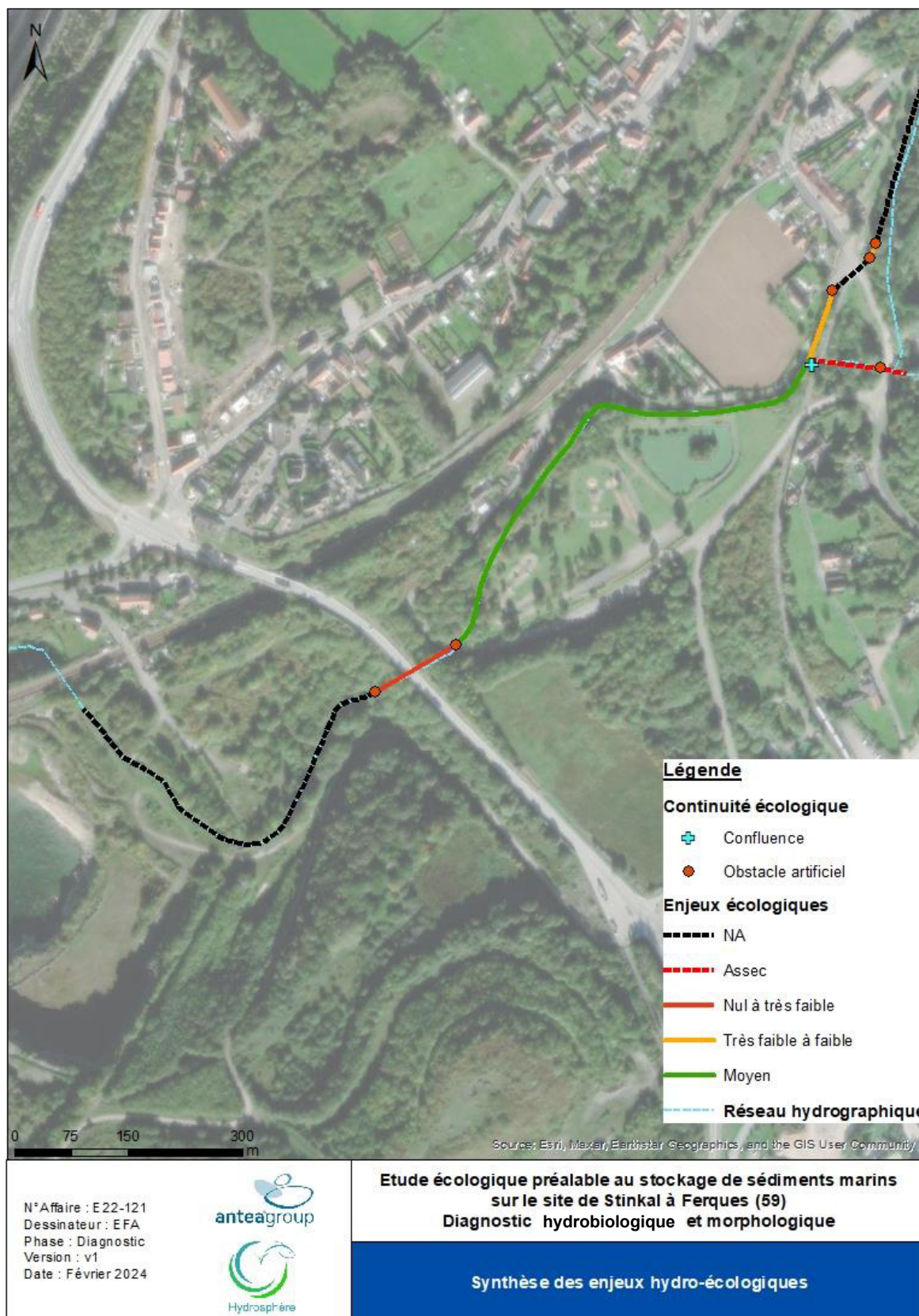
La Carte 6 reprend les enjeux écologiques et les obstacles à la continuité relevés sur le premier kilomètre du Crembreux après la confluence avec les Broustats.



Carte 4 : Synthèse des enjeux sur le fossé SNCF Ouest



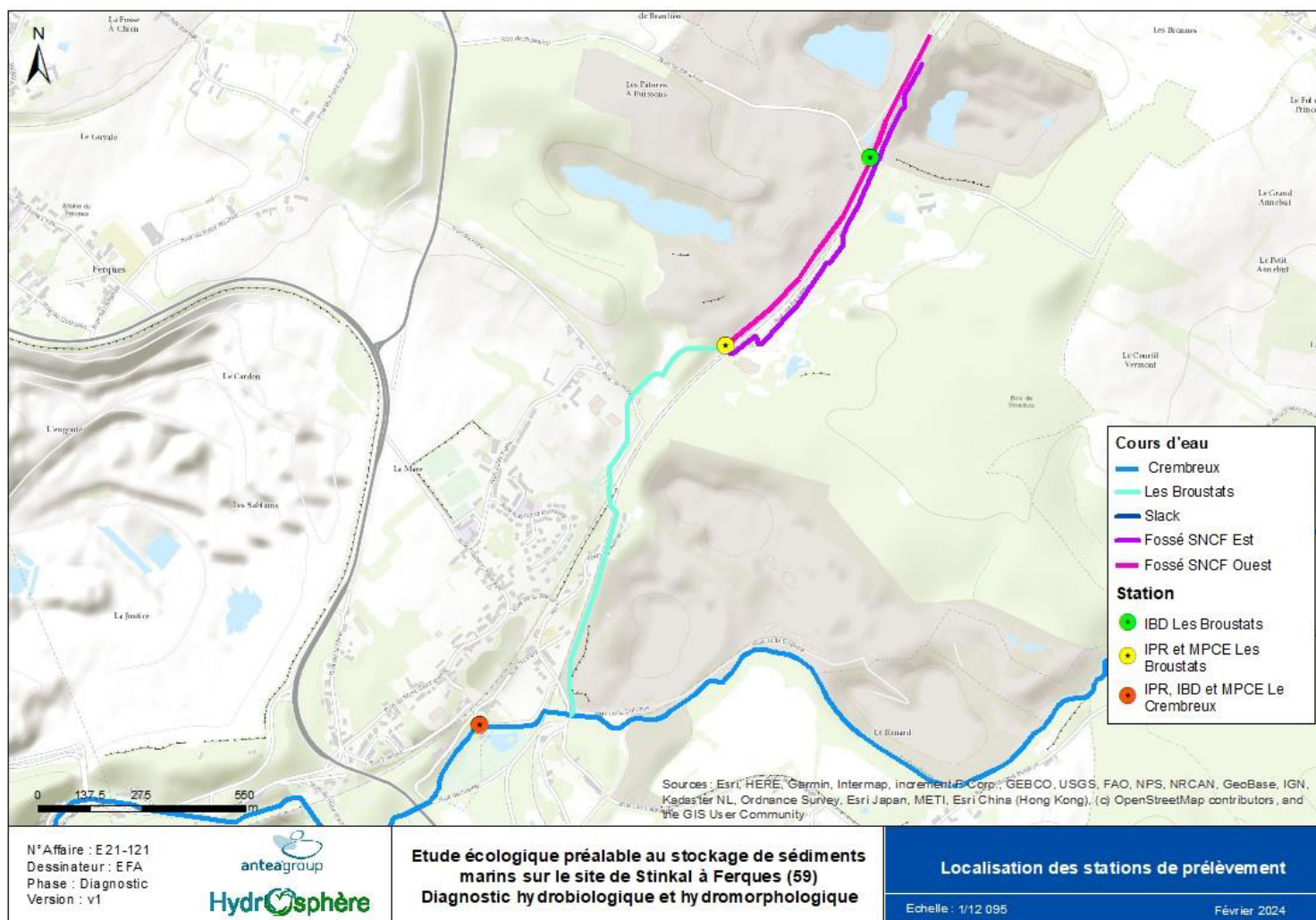
Carte 5 : Synthèse des enjeux sur le ruisseau des Broustats



Carte 6 : Synthèse des enjeux sur le Crembreux

7. Résultats des analyses hydrobiologiques

La Carte 7 précise la localisation des différentes stations d'analyse. Les données faunistiques (invertébrés et poissons) et floristiques (diatomées) complètes sont présentées en annexe.



Carte 7 : Localisation des stations

7.1. Ruisseau des Broustats (fossé SNCF Ouest)

7.1.1. Macroinvertébrés benthiques

Descriptif de la station

L'objectif de la présente étude est d'estimer les impacts du rejet de Stinkal sur son milieu récepteur. La station de prélèvement a donc été positionnée sur le **fossé SNCF Ouest** sur le seul linéaire « libre » (non busé) **avant la confluence avec le fossé Est** afin de limiter l'influence de ce dernier sur les résultats. On gardera tout de même le nom de « ruisseau des Broustats » pour cette station.

La norme NF T90-333 prévoit qu'en présence de **singularités**, la position et/ou la longueur de la station peuvent être adaptées. Elle ne précise pas de longueur minimum à prospector. Aussi, il n'est pas problématique ici de réduire la station (longueur théorique 90 m, longueur retenue 50 m).

Le ruisseau s'écoule au pied d'un grand **talus de plus de 6 m** de haut en rive droite. Il s'agit d'un ancien stock de matériaux stériles non valorisables (mélange de calcaires et d'argiles) qui a fait l'objet de mesures de valorisation écologique. L'ensemble étant complètement imperméable une mare a été créée au sommet. Elle sert à la fois de collecteur d'eaux de pluie et d'abris pour les amphibiens qui font d'ailleurs l'objet d'un suivi par les équipes du parc naturel voisin. Une prairie en éco-gestion a également été implantée. Aucun produit phytosanitaire n'y est utilisé. Le reste du merlon a été entièrement boisé. Le cours d'eau est ainsi totalement ombragé et n'abrite **aucune végétation aquatique**.

Il est également contraint en rive gauche par la voie ferrée dont il est séparé par un talus sub-vertical de 1 à 3 m. Celui-ci est colonisé par une végétation arbustive. Il n'y a pas de ripisylve (Photo 5).

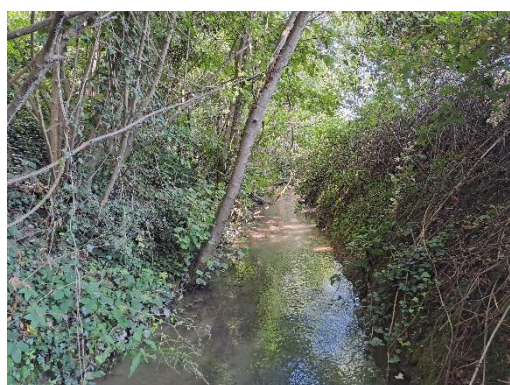


Photo 5 : Vue générale de la station depuis la limite aval



Photo 6 : Poste de nettoyage et pré-tri des prélèvements

Le lit du ruisseau est dominé par les graviers et les pierres dans les zones courantes et la vase dans les secteurs plus lenticulaires vers la confluence. Les longs chevelus racinaires en rive gauche offrent un habitat particulièrement attractif pour la macrofaune benthique. Le tout présente un colmatage calcaire important.

Les prélèvements MPCE (Photo 6) ont été réalisés selon le plan d'échantillonnage suivant (Tableau 4).

Tableau 4 : Plan d'échantillonnage MPCE sur le ruisseau des Broustats

Substrats	Représentativité	Phase A	Phase B	Phase C
Éléments organiques grossiers/Litière	Minoritaire	1 et 3	-	-
Chevelu racinaire	Dominant	-	5	-
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets)	Dominant	-	6	-
Blocs déplaçables	Minoritaire	2 et 4	-	-
Granulats grossiers/Graviers	Dominant	-	7	9, 10 et 12
Vase	Dominant	-	8	11

A noter que contrairement aux consignes qui avaient été données, le rejet de la carrière a été activé pendant les prélèvements, entre 9h et 18h, entraînant une augmentation du débit, du niveau et surtout de la turbidité de l'eau. La visibilité restait suffisante et les prélèvements ont été réalisés dans des conditions convenables.

Notes indicielles et principales composantes

Le Tableau 5 synthétise les principaux résultats de l'analyse du peuplement de macroinvertébrés benthiques sur le ruisseau des Broustats en 2023.

Tableau 5 : Synthèse des résultats de l'analyse des macroinvertébrés sur le ruisseau des Broustats

Station		LES BROUSTATS
Hydroécocorégion		HER 09 – Tables calcaires
I2M2 (A+B+C)		
Valeur en EQR		0,0085
Classe de qualité		Mauvaise
Résultats des métriques ¹	Indice Shannon	0,0497
	ASPT score	0
	Polyvoltinisme	0
	Ovoviviparité	0
	Richesse I2M2	0
Richesse faunistique niveau B ²		23
« Equivalent IBGN » (A+B)		
Note indicielle		7/20
Classe de qualité		Médiocre
Groupe indicateur (GI)		2
Taxon indicateur (TI)		Gammaridae
Effectif du TI		1631
Richesse faunistique niveau A ³		19
Peuplement global (A+B+C)		
Taxons dominants ⁴		Gammaridae (54%) Oligochètes (32%)
% taxons polluo-résistants ⁵		38%
% taxons fragiles		41%



Photo 7 : Taxon indicateur GI2 - genre Gammarus, famille des Gammaridae

¹ Valeurs brutes converties en EQR

² Généralement le genre conformément à la norme NF T90-388 de décembre 2020

³ Généralement la famille conformément à la norme NF T90-388 de décembre 2020

⁴ Représentant > 10% des effectifs totaux

⁵ 4 groupes taxonomiques constitutifs du GI 1 (Chironomes, Asellidae, Achètes et Oligochètes)

⁵ Représentés < 3 individus

Avec une note I2M2 de seulement **0,0085**, le ruisseau des Broustats se classe en « **Mauvaise** » qualité biologique du point de vue des macroinvertébrés. La diversité est **très faible** avec 23 taxons identifiés (au niveau B, genre). Toutes les métriques exprimées en EQR sont **nulles** (quasi nulle pour l'indice de Shannon). Cela signifie que les résultats bruts obtenus sur la station sont **plus mauvais que les pires résultats** obtenus sur l'ensemble des données utilisées pour construire le modèle (environ 10 000 données).

Si on s'intéresse au détail des valeurs brutes, les scores sont **très mauvais**. L'indice de Shannon qui évalue la diversité spécifique et l'équitabilité est proche de 1 – il évolue généralement entre 0 et 5. L'ASPT score qui mesure le niveau de sensibilité du peuplement et qui peut aller jusqu'à 10 est ici inférieur à 4. La fréquence d'individus ovovivipares s'approche des 50%, tandis que celle des polyvoltins dépasse les 60%. Ces deux traits écologiques sont généralement sélectionnés dans les **milieux fortement perturbés**. Le premier offre une plus grande résistance et de meilleures chances de survie à la progéniture. Le second correspond à la capacité de se reproduire plusieurs fois dans l'année et ainsi multiplier les générations et renouveler la population plus rapidement.

La note IBGN équivalente ne prend en compte que les résultats des deux premières phases (A et B). Le ruisseau des Broustats obtient une note de **7/20** correspondant à une qualité biologique « **Médiocre** ». Avec seulement 19 familles identifiées, le peuplement est **pauvre** (classe de variété 6 sur 14). Le taxon indicateur retenu **Gammaridae**, fait partie du **G12 sur 9**. Il regroupe des taxons **ubiquistes** et **polluorésistants**. Les taxons de ce GI représentent près de **60% du peuplement**.

Un taxon plus polluosensible a été observé : **Psychomyiidae** du GI 4 mais en effectifs trop faibles pour être retenu (< 3 ind.). Les larves de trichoptère du genre *Tinodes* construisent leurs galeries sur les **dalles calcaires**, tandis que les adultes, lorsqu'ils émergent, recherchent l'humidité et l'ombrage. Il est donc tout à fait logique de le trouver ici. Cependant, seuls 2 ind. ont été échantillonnés, ce qui montre que la population n'est pas bien installée sur la station. Ce peut être la conséquence des « **coups d'eau** » causés par le rejet qui fait **dériver les larves** vers l'aval. La consolidation de cette population de trichoptères est le seul point d'amélioration qui se dégage de l'analyse.

Composition et structure du peuplement

Le peuplement est dominé à presque **90% par les Crustacés et les Annélidés** (Figure 2). Les premiers regroupent un ensemble de taxons **détritivores**, capables de supporter des **pollutions importantes** et des **conditions hydrologiques extrêmes**. Les seconds se composent des Oligochètes, communément appelés **vers de vase** et des **sangsues**. Lorsqu'ils sont en surnombres comme c'est cas ici, ils témoignent d'un **déséquilibre organique** dans les eaux.

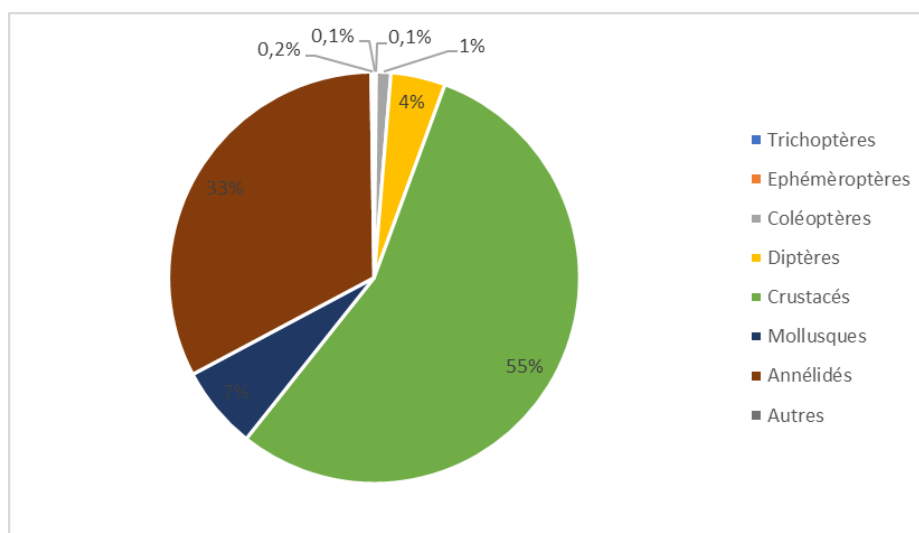


Figure 2 : Répartition du peuplement de macroinvertébrés sur le ruisseau des Broustats

Ce cortège est complété par les **Mollusques**, principalement représentés par les Sphaeriidae, petits bivalves **filtreurs** et les larves de **Diptères** avec :

- Les Ceratopogonidae¹, inféodées aux milieux **riches en matière organique, détritivores** et carnivores. Ils sont généralement marqueurs de **niveaux d'eau fluctuant** car les larves aiment se nicher dans la matière en décomposition humide ;
- Les Chironomes², **ubiquistes** et généralement **peu exigeant sur la qualité** physico-chimique des eaux ;
- Les Tabanidae³ qui se développent dans la **vase** ou la **litière**.

Ils viennent confirmer la suspicion d'une **surcharge organique** sur le ruisseau des Broustats et témoignent de son **instabilité hydrologique**.

¹ Les adultes volant sont des petits moucheron piqueurs hématophages.

² Les adultes volant ressemblant à des moustiques avec des antennes plumeuses mais ils ne sont pas capables de piquer.

³ Plus communément appelés Taons, les adultes ressemblent à de grandes mouches et la femelle piqueuse est hématophage.

Outil diagnostic

L'outil diagnostic ODInvertébrés développé en complément de l'I2M2, permet d'identifier la/les catégorie(s) de pression(s) anthropique(s) présentant la/les plus forte(s) probabilité(s) d'expliquer l'état du peuplement. Il se base sur l'analyse des **traits biologiques** et des **stratégies écologiques** utilisées par les communautés d'invertébrés en réponse à ces pressions. Elles sont divisées en deux familles : celles **altérant la qualité physico-chimique** des eaux et celles entraînant une **dégradation des habitats**. Les résultats se présentent sous la forme de **diagrammes radars** (Figure 3). En milieu fortement modifié, on considère une probabilité de pression comme significative lorsqu'elle affiche un score **supérieur à 70%**.

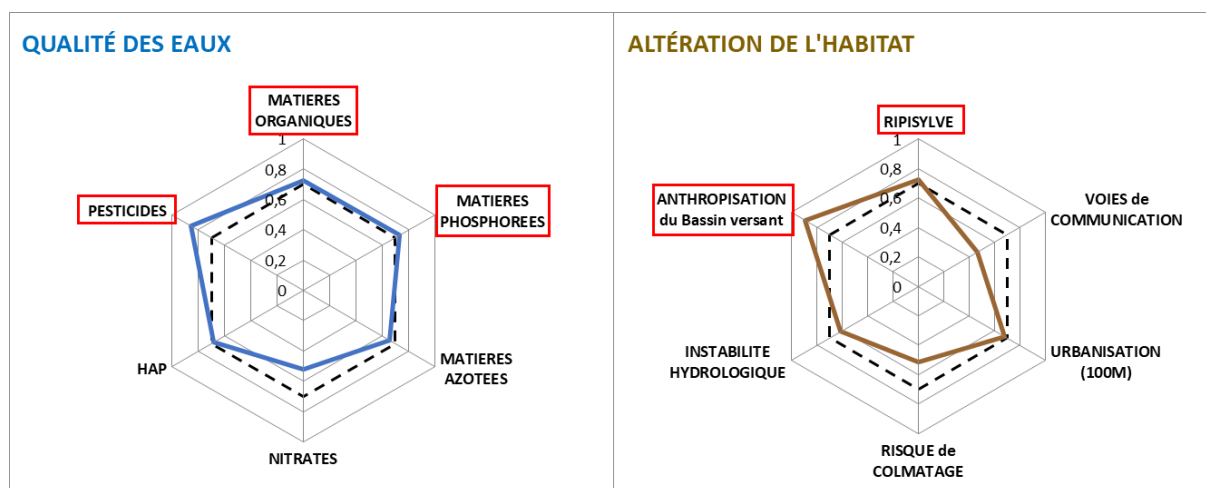


Figure 3 : Diagrammes radars issus de l'outil diagnostic sur le ruisseau des Broustats

5 catégories de pressions sont considérées comme fortement probables d'expliquer l'état dégradé du peuplement de macroinvertébrés sur le ruisseau des Broustats :

- Les taux de **matières organiques**, de **pesticides** et de **matières phosphorées** en influant négativement sur la qualité physico-chimique des eaux ;
- L'état de **ripisylve** et le niveau **d'anthropisation** du bassin versant qui conditionnent la qualité des habitats.

Ces résultats sont **en accord avec le contexte** du site, les observations de terrain et éléments mis en évidence par l'analyse du peuplement de macroinvertébrés.

Comme évoqué en introduction, le fossé SNCF Ouest ne draine pas que les eaux de la voie ferrée et de la carrière. Il reçoit également les eaux du fossé Nord qui draine toute la plaine agricole de Landrethun-le-Nord et sa STEP. Cela peut expliquer les pics observés au niveau des produits phytosanitaires (pesticides et phosphores, l'azote est juste le seuil des 70%).

Le ruisseau est busé ou canalisé sur plus de la moitié de son cours et il longe une carrière et une ligne de chemin de fer. Le caractère anthropisé de son bassin versant ne fait donc pas débat.

7.1.2. Diatomées

Descriptif de la station

Les prélèvements de diatomées n'ont pas été fait au niveau de la station MPCE car celle-ci est trop ombragée. La norme NF T90-354, stipule que les substrats pierreux prélevés doivent être bien ensoleillés pour maximiser le développement de ces micro-organismes végétaux photosynthétiques. Là encore, « ruisseau des Broustats » est conservé comme nom de station.

Le **ruisseau des Broustats** est busé et canalisé sur sa partie amont. Il ne ressort que sur une dizaine de mètres au milieu de la carrière (Photo 8 et Photo 9). C'est à cet endroit qu'a été réalisé le prélèvement (Photo 10). L'ombrage y est quasiment nul. Le cours d'eau est encaissé entre deux berges béton verticales de 1,80 m de haut. Sans entretien, la végétation arbustive (principalement des ronces) colonise le haut des berges et tombe dans le canal.

Le lit mineur est constitué de petites pierres et de débris minéraux colmatés.



Photo 8 : Vue de la station depuis l'aval vers l'amont



Photo 9 : Vue de la station depuis l'amont vers l'aval



Photo 10 : Prélèvement des diatomées par MKA

Notes indicielles et principales composantes

Le Tableau 6 résume les résultats des analyses diatomiques de la campagne de juillet 2023.

Tableau 6 : Synthèse des résultats de l'analyse des diatomées sur le ruisseau des Broustats

	Ruisseau des Broustats
EQR	0,67
Classe de qualité DCE associée	Moyenne
IBD (note/20)	12,4
Classe de qualité associée	Moyenne
IPS (note/20)	12
Taxons dominants (>10% eff.)	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (35%) <i>Cocconeis euglypta</i> (22%) <i>Gomphonema parvulum</i> (19%) <i>Cocconeis pediculus</i> (11%)
Richesse taxinomique (nb. taxons/récolte)	19
Indice de diversité spécifique de Shannon (bits/ind.)	2,66
Équitabilité	0,63

Le ruisseau des Broustats se classe en qualité biologique « **Moyenne** » au regard de son peuplement de diatomées. Les **résultats sont homogènes** puisque tous les indices affichent des scores proches.

Le cortège est dominé par *Rhoicosphenia abbreviata* (35%) qui dénonce un milieu **riche en nutriments**. Elle est secondée par *Cocconeis euglypta* (22%), *Gomphonema parvulum* (19%) et *Cocconeis pediculus* (11%). Ces trois taxons supportent des **eaux eutrophes**. *Gomphonema parvulum* tolère également de **fortes concentrations en matière organique**.

La structure du peuplement est caractéristique d'un cours d'eau qui subit des **pollutions par intermittence**. *Cocconeis pediculus* peut traduire une certaine **richesse en électrolytes**. Cette observation est confirmée par les résultats des analyses physico-chimiques qui montrent un **marquage en anions et cations** dès l'amont de la carrière (présence d'une ICPE à Caffiers, SCORA, qui est spécialisée dans la chimie du Calcium et du Magnésium) (source : Antea).

7.1.3. Ichtyofaune

Descriptif de la station

La station de pêche est la même que la station MPCE. Elle est bornée à l'amont par la buse de résurgence du cours d'eau et se termine juste en dessous de la confluence (Photo 11 et Photo 12). Aucun point n'a été réalisé dans le fossé Est. La norme NF EN 14011 de 2003 qui décrit les méthodes de pêche à l'électricité prescrit une longueur de la station d'au moins 20 fois la largeur de la rivière avec un minimum de 60 m prospectés. Avec seulement 50 m de station, on se trouve en dehors du cadre d'application du protocole qui permet le calcul de l'IPR (XP T90-344). La note indiciaire a tout de même été calculée mais elle est à nuancer.

Pour rappel, les caractéristiques de la station sont précisées au paragraphe 7.1.1.



Photo 11 : Limite amont - buse de résurgence du cours d'eau après son passage dans la carrière

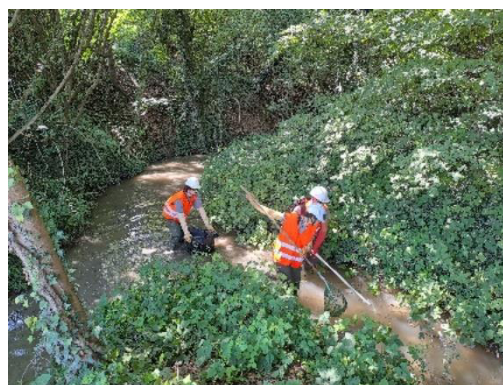


Photo 12 : Début de l'opération de pêche électrique - limite aval au niveau de la confluence

Principaux résultats

Les principaux résultats issus de la pêche électrique réalisée sur le ruisseau des Broustats le 18/07/2023 sont synthétisés dans la Figure 4.

Figure 4 : Synthèse des résultats de la pêche réalisée sur le ruisseau des Broustats

RESULTATS DES INVENTAIRES PISCICOLES							
MAITRE D'OUVRAGE :	ANTEA GROUP		COORDONNEES RGF 93	X: 614 365			
CONTEXTE DE L'ETUDE :	Etat initial			Y: 7 081 864			
NUMERO DE DOSSIER :	21-121		DATE DES ANALYSES :	18/07/2023			
STATION DE PECHE			PHOTOS				
Cours d'eau	Ruisseau des Broustats						
Commune	Ferques						
Lieu-dit / Nom du site / N° station	Les Broustats						
Bassin versant (km²)	5 km²						
Longueur (m)	49 m						
Largeur (m)	2 m						
Moyen de prospection	A pied						
Méthode d'échantillonnage	Complète						
Nb. de points de pêche en EPA	-						
Surface pêchée (m²)	93 m²						
Distance à la source (km)	1,0 km						
CONDITIONS							
Heure de début	14:20						
Heure de fin	14:40						
Temps de pêche (h)	0:20						
Turbidité	Moyenne						
Hydrologie	Basses eaux						
LISTE FAUNISTIQUE							
NOM	NOM VERNACULAIRE	CODE	Effectif	Densité (/ 100m²)	%	Biomasse (g)	%
Epinoche	<i>Gasterosteus gymnurus</i>	EPI	16	17,2	100,0%	16	100,0%
TOTAL			16	17	100%	16 g	100%
DIVERSITE TOTALE	1		REMARQUES :				
DIVERSITE "IPR"	1		Conditions hors protocole (longueur minimale de 60m non respectée), IPR donné à titre indicatif				
NOTE IPR	43,21						
QUALITE PISCICOLE	MAUVAISE		Rejet de la carrière actif pendant la pêche				
<input type="checkbox"/>	Espèce non prise en compte dans l'IPR		<i>Espèce patrimoniale</i>				
<input type="checkbox"/>	Peuplement typique (probabilité de présence généralement > 50 %)		<i>Espèce susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques</i>				
<input type="checkbox"/>	Peuplement atypique (probabilité de présence < 10%)						

Avec une note de **43,21**, le ruisseau des Broustats se classe en « **Mauvaise** » qualité du point de vue de son peuplement piscicole.

Composition et structure du peuplement

Une seule espèce a été capturée : L'**Épinoche** (Photo 13) avec 16 individus pour une biomasse de 16 g.

Compte tenu de la faible taille des individus capturés (entre 2 et 4 cm), il n'est pas possible de dire s'il s'agit de juvéniles ou de mâles – qui ne mesurent que la moitié voire 1/3 de la taille de la femelle même adultes. En revanche, des grosses femelles ont été observées dans la fosse au niveau de la confluence entre les deux fossés. L'espèce semble donc **bien installée** et sa reproduction est quasi avérée sur le secteur. Elle dispose également largement de ressources alimentaires puisqu'elle se nourrit de micro-invertébrés benthiques comme les **Crustacés**, les **Mollusques** et les **Chironomes** (cf 7.1.1).

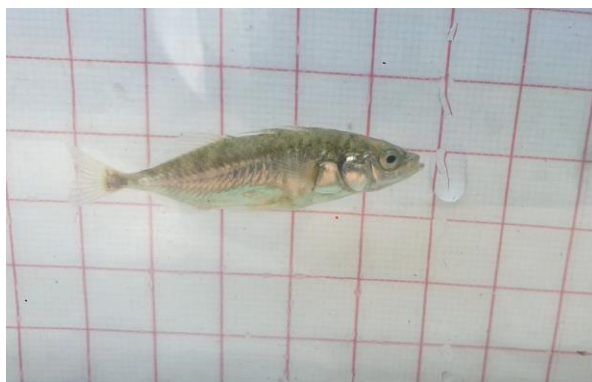


Photo 13 : Epinoche capturée sur le Crembreux

L'Épinoche est un poisson **peu sensible à la pollution**, qui affectionne les **milieux stagnants à lentiques** sur un **substrat meuble et végétalisé**. Il n'est donc pas surprenant de la trouver ici.

Elle n'est pas menacée en France et ne dispose d'aucun statut de protection.

Analyse des statistiques de l'IPR

Le Tableau 7 détaille les résultats des métriques constitutives de l'indice IPR.

Tableau 7 : Métriques constitutives de l'IPR sur les Broustats

Ruisseau des Broustats					
Métriques	Code	Valeur théo.	Valeur obs.	Score associé	Poids
Nb. d'esp. Total	NTE	4,00	1,00	3,85	9%
Nb d'esp. lithophiles	NEL	1,73	0,00	6,00	14%
Nb d'esp. Rhéophiles	NER	1,16	0,00	5,57	13%
Dens. d'ind. Tolérants (/ m ²)	DIT	0,03	0,17	4,17	10%
Dens. d'ind. omnivores (/ m ²)	DIO	0,04	0,17	3,82	9%
Dens. d'ind. invertivores (/ m ²)	DII	0,43	0,00	16,18	37%
Dens. totale d'ind. (/ m ²)	DTI	0,72	0,17	3,62	8%
				IPR	43,21
				Qualité	Mauvaise

 Métrique fortement pénalisante (poids dans la note ≥ 30%)

 Métrique moyennement pénalisante (poids dans la note ≥ 10%)

Plus de la moitié des métriques pénalisent significativement la note IPR. Aucune espèce **lithophile**⁴, ni aucun poisson **rhéophile**⁵ n'a été observé alors que l'IPR en attendait au moins un.

Avec un score de 16, la densité d'individus **invertivores** est la métrique qui pèse le plus lourd dans la note (37%). L'Épinoche qui est la seule espèce à avoir été échantillonnée est considérée par l'IPR comme omnivore, même si dans les faits, elle est plutôt carnivore -invertivore

⁴ Qui affectionne les substrats pierreux

⁵ Inféodée aux milieux courant

Selon les modélisations de l'IPR basées sur les caractéristiques hydromorphologiques de la station, **4 espèces étaient attendues** dans l'échantillonnage. Elles sont classées par probabilité de présence dans la Figure 5.

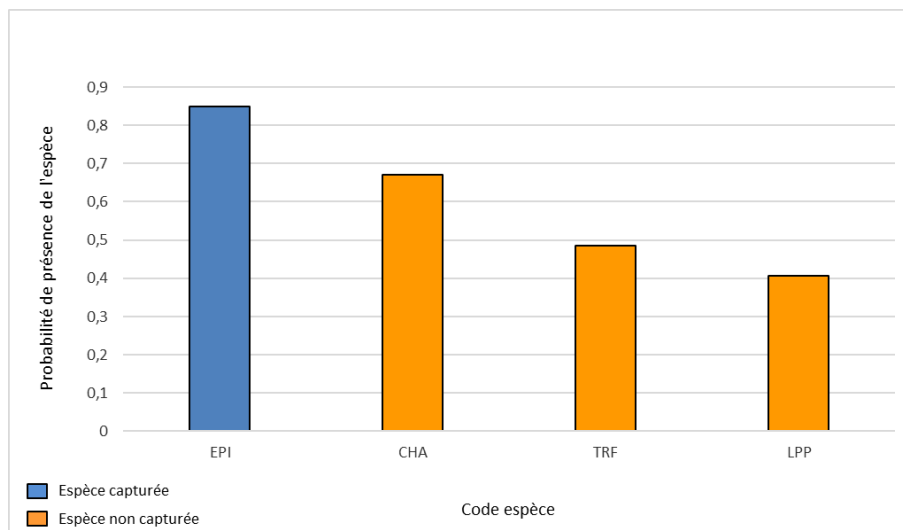


Figure 5 : Peuplement piscicole attendu sur les ruisseau des Broustats selon l'IPR (probabilité de présence >50%)

Une seule des quatre espèces attendues a été effectivement capturée : l'Épinoche, qui avait d'ailleurs la plus forte probabilité d'occurrence. Les espèces manquantes sont le **Chabot** (Photo 14), la **Truite fario** (Photo 15) et la **Lamproie de Planer** (Photo 16).



Photo 14 : Chabot - photo ex situ



Photo 15 : Truite fario - photo ex situ



Photo 16 : Lamproie de Planer - photo ex situ

A titre indicatif, la capture d'un individu de Chabot ou de Truite, poissons litho-rhéophile, allègerait la note IPR de plus de 10 points qui correspondrait alors à une classe de qualité « **Médiocre** ». L'isolement du tronçon, la faible lame d'eau, l'instabilité hydrologique et surtout de la qualité physico-chimique de l'eau, sont autant de facteurs qui limitent la recolonisation de ces espèces.

7.2. Le Crembreux

7.2.1. Macroinvertébrés benthiques

Descriptif de la station

Le **Crembreux** évolue en contexte **urbanisé peu dense**. Il s'écoule au pied d'un haut **talus boisé** en rive gauche de l'autre côté duquel se trouve un parc avec une aire de jeux pour enfants et un petit étang de pêche. Il est bordé en rive droite par un **chemin piéton** et la **voie ferrée**. La ripisylve est donc continue en rive gauche et induit un ombrage important sur la majorité du lit. La rive droite ne compte que quelques arbres isolés. Elle est principalement colonisée par les ronces et quelques plantes herbacées (Photo 17 et Photo 18).

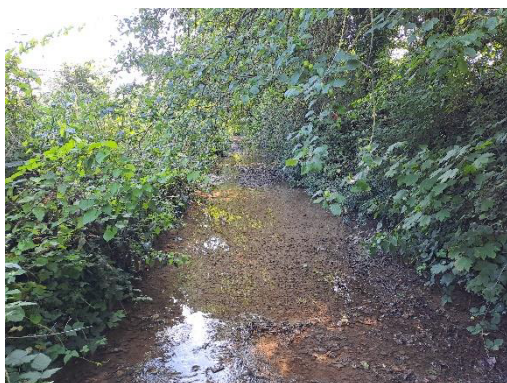


Photo 17 : Moitié aval de la station MPCE



Photo 18 : Moitié amont de la station MPCE

Le cours d'eau est **fortement encaissé** avec des berges verticales de plus de 2,5 m. C'est un cours d'eau dit « **réactif** » qui subit de **fortes fluctuations de niveau** d'eau et de débits. Il connaît aussi bien des périodes d'assecs que des crues éclairées (montée en charge très rapide lors des forts épisodes pluvieux). La hauteur des berges et les **marques d'érosion** témoignent de ces événements.

Le lit du Crembreux est principalement composé de **pierres colmatées** (colmatage réduit sur les zones de radier). Les substrats se diversifient ponctuellement avec les écoulements et on observe quelques **patches de sables/graviers**, des **racines immergées** (en marge du fait de l'encaissement du cours d'eau) et des blocs. A l'exception de quelques patches de **bryophytes**, aucune végétation aquatique ne s'est développée.

12 prélèvements répartis en 3 phases (A, B et C) et définis en fonction de l'habitabilité (du plus biogènes au moins biogènes) et du recouvrement (dominants/minoritaires) des substrats disponibles ont été réalisés comme suit (Tableau 8).

Tableau 8 : Plan d'échantillonnage MPCE sur le Crembreux

Substrats	Représentativité	Phase A	Phase B	Phase C
Bryophytes	Minoritaire	1	-	-
Éléments organiques grossiers/Litière	Minoritaire	2	-	-
Chevelu racinaire	Minoritaire	3 et 4	-	-
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets)	Dominant	-	5 à 8	9 à 12

Notes indicielles et principales composantes

Le Tableau 9 synthétise les principaux résultats de l'analyse du peuplement de macroinvertébrés benthiques sur le Crembreux en 2023.

Tableau 9 : Synthèse des résultats de l'analyse des macroinvertébrés sur le Crembreux

Station		LE CREMBREUX
Hydroécocorégion		HER 09 – Tables calcaires
I2M2 (A+B+C)		
Valeur en EQR		0,3049
Classe de qualité		Moyenne
Résultats des métriques ¹	Indice Shannon	0,3539
	ASPT score	0,1217
	Polyvoltinisme	0,2331
	Ovoviviparité	0,3575
	Richesse I2M2	0,5349
Richesse faunistique niveau B ²		47
« Equivalent IBGN » (A+B)		
Note indicielle		14/20
Classe de qualité		Bonne
Groupe indicateur (GI)		5
Taxon indicateur (TI)		Hydroptilidae
Effectif du TI		18
Richesse faunistique niveau A ³		34
Peuplement global (A+B+C)		
Taxons dominants ⁴		Chironomes (53%) Hydrobiidae (17%)
% taxons polluo-résistants ⁵		66%
% taxons fragiles		31%



Photo 19 : Taxon indicateur GI5 - genre *Hydroptila*, famille des Hydroptilidae

¹ Valeurs brutes converties en EQR

² Généralement le genre conformément à la norme NF T90-388 de décembre 2020

³ Généralement la famille conformément à la norme NF T90-388 de décembre 2020

⁴ Représentant > 10% des effectifs totaux

⁵ 4 groupes taxonomiques constitutifs du GI 1 (Chironomes, Asellidae, Achètes et Oligochètes)

⁵ Représentés < 3 individus

Avec une note I2M2 de **0,3049**, le Crembreux se classe en qualité biologique « **Moyenne** » au regard des macroinvertébrés. Il affiche une **assez bonne diversité** taxonomique avec presque 47 taxons identifiés (au genre). **L'équitabilité** et le **niveau de sensibilité** du peuplement sont **passables** avec des **scores proches de la moyenne**.

La note IBGN équivalente sur les deux premières phases seulement (A et B) est de **14/20** correspondant à une « **Bonne** » qualité biologique. Avec 34 familles identifiées, la diversité est considérée comme **bonne** du point de vue de l'IBGN (classe de variété 11 sur 14). Le taxon indicateur retenu est **Hydroptilidae**. Cette famille de petits trichoptères à fourreau appartient au **GI5 sur 9** qui traduit un **niveau de polluo-sensibilité moyen**. C'est le seul représentant de ce groupe et il est présent en **effectifs relativement limités** au vu de son écologie. Il peut former de très grandes colonies lorsqu'il est bien établi sur une station.

Il est soutenu par deux autres familles de trichoptères du GI inférieur (**Psychomyiidae** et **Rhyacophilidae**). Un taxon plus sensible représenté par un seul individu (insuffisant pour être retenu comme TI) a été échantillonné : **Glossosomatidae (GI7 sur 9)**. Cette observation met en évidence le potentiel d'amélioration de la station sur le court et le moyen terme.

Composition et structure du peuplement

Le peuplement est largement dominé par les larves de **Diptères** et plus particulièrement par celles de la famille des **Chironomidae**⁶ (Figure 6).

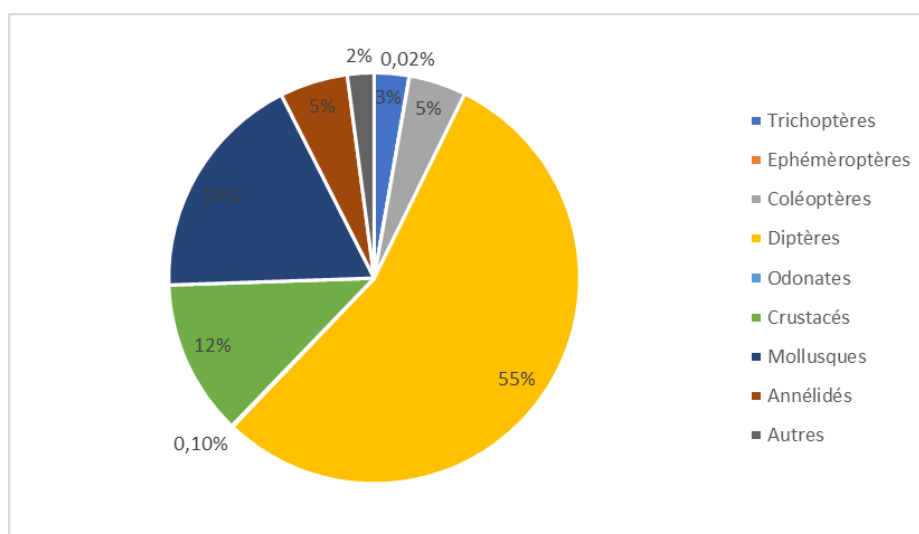


Figure 6 : Répartition du peuplement de macroinvertébrés du Crembreux

Elles sont secondées par les **Mollusques**, principalement représentés par *Potamopyrgus*, petit **gastéropode brouteur** de film végétal et les **Crustacés** avec les Aselles et les Gammare, quant à eux **détritivores**. Ces derniers sont capables de **supporter des pollutions importantes** et des **conditions hydrologiques extrêmes**. Les individus polluo-résistants comptabilisent les **2/3 de l'effectif total**.

Les métriques évaluant le niveau de résistance et de résilience aux perturbations (polyvoltinisme et ovoviviparité) obtiennent des scores **passables**.

Les taxons représentés par moins de 3 individus constituent une part non négligeable du peuplement (31% soit 1/3).

Le peuplement de macroinvertébrés du Crembreux est donc **dominé par des taxons polluo-résistants** capables de résister à des conditions hydrologiques instables et qui dénoncent un **déséquilibre organique des eaux**. Les taxons les plus sensibles observés sur la station ne sont présents qu'en effectifs limités.

⁶ Les adultes volants ressemblant à des moustiques mais ils ne sont pas capables de piquer.

Outil diagnostic

Trois pressions affichent des probabilités particulièrement élevées (Figure 7) :

- Les **pesticides** pour la qualité de l'eau ;
- La dégradation de la **ripisylve** et le degré **d'anthropisation** du bassin versant pour l'hydromorphologie.

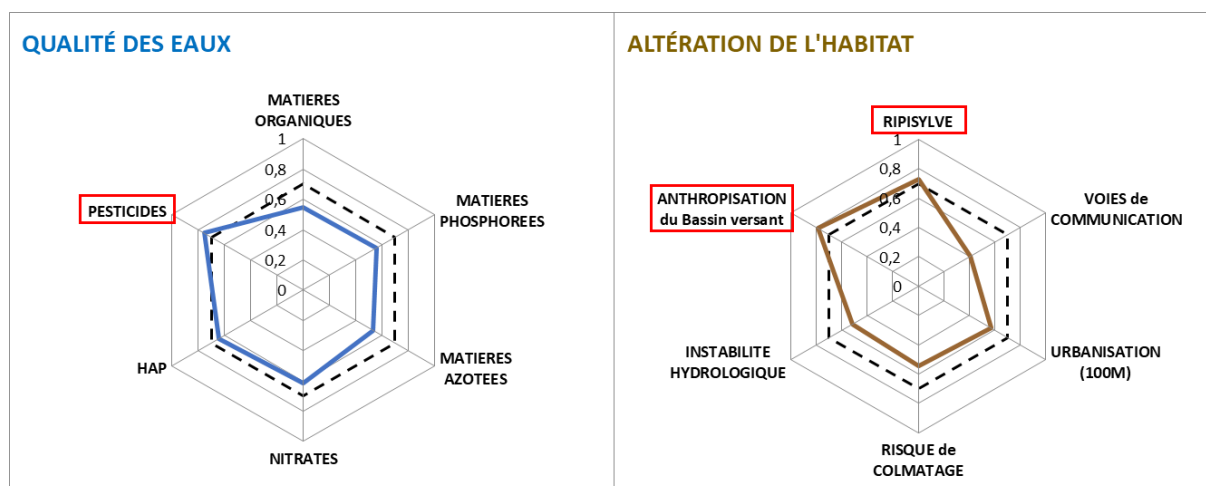


Figure 7 : Diagrammes radars issus de l'outil diagnostic sur le Crembreux

Ces catégories de pressions sont là encore **cohérentes avec le contexte** du site et plus largement du Crembreux dans sa moitié amont. Cette région est **très agricole**. Elle accueille notamment des exploitations de céréales (orge, blé, maïs), de lin et de betteraves (source : RPG 2022). Ces cultures vont généralement de pair avec un usage important de **produits phytosanitaires** (pesticides) et, historiquement, la réduction des surfaces boisées et la dégradation des bocages (dégradation de la ripisylve). Le secteur compte également **plusieurs grandes carrières** qui accentuent encore l'artificialisation des sols du bassin versant.

7.2.2. Diatomées

Descriptif de la station

La station est la même que la station MPCE. Conformément à la norme, les substrats pierreux échantillonnés étaient entièrement immergés et bien ensoleillés.

Notes indicielles et principales composantes

Le Tableau 10 résume les résultats des analyses diatomiques de la campagne de juillet 2023 sur le Crembreux.

Tableau 10 : Synthèse des résultats de l'analyse des diatomées sur le Crembreux

	Le Crembreux
EQR	0,83
Classe de qualité DCE associée	Bonne
IBD (note/20)	15,2
Classe de qualité associée	Bonne
IPS (note/20)	15,2
Taxons dominants (>10% eff.)	<i>Amphora pediculus</i> (34%) <i>Cocconeis euglypta</i> (16%) <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (10%)
Richesse taxinomique (nb. taxons/récolte)	33
Indice de diversité spécifique de Shannon (bits/ind.)	3,40
Équitabilité	0,67

Le Crembreux se classe en « **Bonne** » qualité biologique au regard de son peuplement de diatomées. Le cortège diatomique est **varié** et **assez équilibré** avec 33 taxons.

Le cortège est dominé par ***Amphora pediculus*** (1/3 des effectifs). Elle reflète des **eaux riches en nutriments** mais **peu impactées par la matière organique**. Elle est secondée par *Cocconeis euglypta* (16%) qui confirme le **niveau trophique élevé** du site.

Cocconeis pediculus qui témoignait d'un marquage en électrolytes sur le ruisseau des Broustats plus à l'amont ne représente plus que 7% des effectifs sur le Crembreux.

7.2.3. Ichtyofaune

Descriptif de la station

La station de pêche se situe un peu plus en l'aval des stations MPCE et IBD. Le Crembreux présente dans l'ensemble les mêmes caractéristiques. Elle commence juste au-dessus du coude formé par le cours d'eau avant d'entrer dans le boisement (Photo 21 et Photo 22) et s'étend sur un linéaire de 60 m (Photo 20).

Il continue de longer le **talus boisé** du parc en rive gauche mais **s'éloigne des zones d'habitations** et de la voie ferrée en rive droite pour traverser un **petit boisement**. Il se retrouve ainsi en **contexte 100% forestier et totalement ombragé** sur ce secteur. Il est bordé de part et d'autre par une **ripisylve arborée continue**. **Aucune végétation**, pas même de bryophytes ne s'y développe.

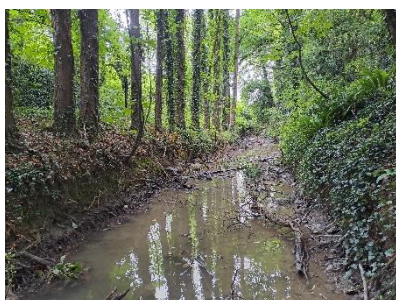


Photo 20 : Vue depuis la limite aval vers l'amont



Photo 21 : Vue de la fosse formée dans le coude du cours d'eau



Photo 22 : Filet barrage à l'amont

Le cours d'eau est toujours **fortement encaissé** avec des berges verticales de plus de 2 m. Les berges sont **très érodées**, en particulier rive droite.

Le lit du Crembreux est principalement composé de **pierres** et de **blocs**. On observe un **léger dépôt de matières fines** mais les écoulements sont suffisants pour éviter un colmatage trop important (contrairement à l'amont au niveau de la station MPCE). La lame d'eau est **très réduite** et se concentre au centre du chenal qui serpente dans le lit mineur. Une **fosse** s'est formée au pied du grand arbre localisé dans le coude du cours d'eau. Ses **racines immergées** offrent un **abri particulièrement attractif** pour la faune piscicole.

Notes indicielles et principales composantes

Les principaux résultats issus de la pêche électrique réalisée sur le Crembreux le 19/07/2023 sont synthétisés dans la Figure 8.

RESULTATS DES INVENTAIRES PISCICOLES							
MAITRE D'OUVRAGE :		ANTEA GROUP		COORDONNEES RGF 93		X: 613 698	
CONTEXTE DE L'ETUDE :		Etat initial				Y: 7 080 841	
NUMERO DE DOSSIER :		21-121		DATE DES ANALYSES :		19/07/2023	
STATION DE PECHE				PHOTOS			
Cours d'eau	Le Crembreux						
Commune	Ferques						
Lieu-dit / Nom du site / N° station	Le Crembreux						
Bassin versant (km ²)	21 km ²						
Longueur (m)	60 m						
Largeur (m)	3 m						
Moyen de prospection	A pied						
Méthode d'échantillonnage	Complète						
Nb. de points de pêche en EPA	-						
Surface pêchée (m ²)	204 m ²						
Distance à la source (km)	21,0 km						
CONDITIONS							
Heure de début	9:20						
Heure de fin	10:00						
Temps de pêche (h)	0:40						
Turbidité	Moyenne						
Hydrologie	Basses eaux						
LISTE FAUNISTIQUE							
NOM	NOM VERNACULAIRE	CODE	Effectif	Densité (/ 100m ²)	%	Biomasse (g)	%
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	CHA	36	17,6	32,1%	212	85,1%
Épinoche	<i>Gasterosteus gymnaurus</i>	EPI	76	37,3	67,9%	37	14,9%
TOTAL			112	55	100%	249 g	100%
DIVERSITE TOTALE	2		REMARQUES :				
DIVERSITE "IPR"	2		Cours d'eau à sec moins d'1 km en amont avant la confluence avec le ruisseau des Broustats qui le réalimente. Colmatage important				
NOTE IPR	22,93						
QUALITE PISCICOLE	MOYENNE						
	Espèce non prise en compte dans l'IPR		<i>Espèce patrimoniale</i>				
	Peuplement typique (probabilité de présence généralement > 50 %)		<i>Espèce susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques</i>				
	Peuplement atypique (probabilité de présence < 10%)						

Figure 8 : Synthèse des résultats de la pêche sur le Crembreux

Avec une note IPR de **22,93**, le Crembreux à Ferques se classe en qualité biologique « **Moyenne** » du point de vue de son peuplement piscicole.

Composition et structure du peuplement

112 individus répartis en **deux espèces** ont été capturés pour une biomasse totale de 249 g.

L'**Épinoche** (Photo 23) domine largement le peuplement avec presque **70% des effectifs**. Elle est accompagnée par le **Chabot** (Photo 25) qui malgré des effectifs deux fois plus faibles représente **85% de la biomasse totale**.



Photo 23 : Epinoche mâle en robe nuptiale capturée sur le Crembreux



Photo 24 : Grosse Epinoche femelle capturée sur le Crembreux



Photo 25 : Chabot capturé sur le Crembreux

Toutes les classes de tailles ont été capturées chez les deux espèces. Les populations sont donc bien installées, pérennes et se reproduisent effectivement sur le secteur.



Le Chabot est considéré comme une **espèce patrimoniale**. Il n'est pas directement protégé en tant qu'espèce mais ses zones de reproduction et de croissance peuvent déclencher la mise en place de périmètres de protection (Arrêtés frayères). Les statuts de l'espèce sont détaillés en annexe. Ce poisson lithophile affectionne généralement les **rivières fraîches et courantes**. Il est bien **plus sensible à la pollution** que l'Épinoche et est un **bon indicateur** de la qualité physico-chimique de l'eau.

Analyse des statistiques de l'IPR

Le Tableau 11 détaille les résultats des métriques constitutives de l'IPR.

Tableau 11 : Résultats des métriques de l'IPR sur le Crembreux

Le Crembreux					
Métriques	Code	Valeur théo.	Valeur obs.	Score associé	Poids
Nb. d'esp. Total	NTE	6,80	2,00	5,56	24%
Nb d'esp. lithophiles	NEL	2,05	1,00	3,59	16%
Nb d'esp. Rhéophiles	NER	1,29	1,00	2,03	9%
Dens. d'ind. Tolérants (/ m ²)	DIT	0,05	0,37	4,27	19%
Dens. d'ind. omnivores (/ m ²)	DIO	0,04	0,37	5,34	23%
Dens. d'ind. invertivores (/ m ²)	DII	0,28	0,18	2,13	9%
Dens. totale d'ind. (/ m ²)	DTI	0,56	0,55	0,01	0%
				IPR	22,93
				Qualité	Moyenne

-  Métrique fortement pénalisante (poids dans la note ≥ 30%)
-  Métrique moyennement pénalisante (poids dans la note ≥ 10%)

Quatre métriques sur sept pèsent significativement sur la note IPR : deux d'occurrence et deux de densité.

Le **nombre d'espèces** présentes est la seconde métrique la plus déclassante sur la station. Il est en effet **bien inférieur à celui attendu** : seulement 2 espèces capturées contre presque 7 attendues. Compte tenu des caractéristiques du Crembreux, l'IPR attendait notamment **plus d'espèces lithophiles**.

Pour ce qui est de l'autre groupe de métriques, elles ont des scores assez proches mais la plus pénalisante est la densité d'individus **omnivores**. Au même titre que les individus **tolérants**, les densités observées **sont trop faibles** par rapport à celles attendues.

Selon les modélisations de l'IPR basées sur les caractéristiques hydromorphologiques de la station, **cinq espèces étaient attendues** dans l'échantillonnage. Elles sont classées par probabilité de présence dans la Figure 9.

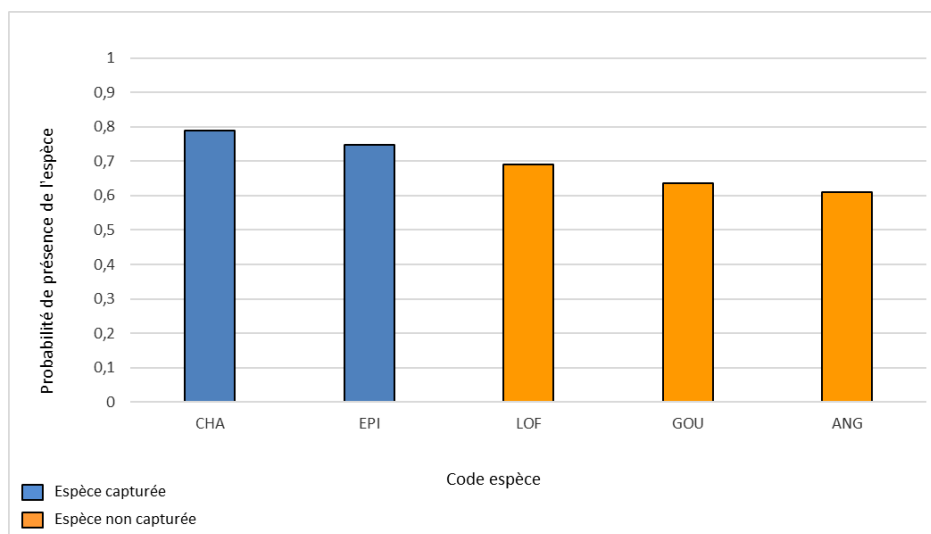


Figure 9 : Peuplement piscicole attendu sur le Crembreux selon l'IPR (probabilité de présence > 50%)

Seules les deux espèces affichant les plus fortes probabilités de présence ont été effectivement capturées. Les espèces manquantes pour l'IPR sont : la **Loche France**, le **Goujon**, l'**Anguille européenne** et le **Vairon**.

Au moment de la pêche, mi-juillet 2023, la lame d'eau était bien trop réduite pour observer des espèces comme le Goujon (Photo 26), le Vairon (Photo 27) ou même la Loche franche (Photo 28). Cette dernière ne tolère pas non plus les fortes crues qui caractérisent l'hydrologie de ce cours d'eau.



Photo 26 : Goujon - photo ex situ



Photo 27 : Vairon - photo ex situ



Photo 28 : Loche franche - photo ex situ

En conditions d'étiage sévère comme ici, les Anguilles se réfugient dans les fosses exactement comme celle présente à l'amont de la station. Il était donc possible de contacter cette espèce sur le secteur. Elle avait d'ailleurs été observée en nombre lors des échantillonnages réalisés en 2019 à l'amont et à l'aval du secteur (Photo 29).

Une belle population de Truite fario avait également été échantillonnée sur le Crembreux plus à l'aval en 2019 (Photo 30). Elle est très souvent accompagnée par le Vairon dont la présence n'est que probable puisqu'il n'a été contacté ni en 2019, ni en 2023.



Photo 29 : Anguilles capturées sur le Crembreux amont en 2019



Photo 30 : Truite fario capturée sur le Crembreux aval en 2019

A titre indicatif, la capture de quelques individus d'anguilles et de truites ferait progresser la note IPR du Crembreux à Ferques en « **Bonne** » qualité biologique.

8. Analyse des impacts potentiels du rejet

Les essais pilotes menés par ANTEA sur le site ont permis de définir en première approche des valeurs maximales d'émission sur les principaux éléments. Dans le Tableau 12, figurent d'une part les valeurs limite d'émission (VLE) basées sur une première approche de la qualité à respecter dans le milieu naturel et d'autre part le rejet estimé sans traitement préalable.

Tableau 12 : Premières estimations de rejet (ANTEA)

Paramètre	Unité	VLE max. première approche	Rejet eaux d'essorage
Arsenic	µg/l	<LQ	8,7
Cadmium	µg/l	0,37	0,32
Zinc	µg/l	35	3,0
Chrome	µg/l	16	7,8
Cuivre	µg/l	2,5	3,0
Mercuré	µg/l	0,3	0,09
Nickel	µg/l	14,4	3,0
Plomb	µg/l	4,9	2,3
PCB 18	µg/l	<LQ	0,7
PCB 35	µg/l		
Tributylétain cation	µg/l	<LQ	0,01
HAP somme(4)	µg/l	<LQ	230
Carbone Organique	mgC/l	20	22,65
Chlorures	mg/l	860	18 980
Sulfates	mg/l	1050	2 650
Sodium	mg/l	924	10 560
Magnésium	mg/l	-	1 270
Matières en suspension	mg/l	145	inconnu

Pour rappel, plusieurs valeurs seuils ont été mises en évidence dans la littérature scientifique (cf Titre 4. Veille bibliographique). Les paramètres présentant des conclusions trop disparates n'ont pas été retenus.

8.1. Les chlorures

En 2022, Tavares-Dias ont mesuré que les concentrations toxiques de **chlorure de sodium** (NaCl) chez plusieurs espèces de poissons variaient **entre 3 500 mg/l à 150 000 mg/l**. Si la valeur sans traitement est 5 fois supérieure à la limite des espèces étudiées les plus sensibles, la VLE se situe largement en-dessous.

Quelques années avant, en 2011, plusieurs études avaient analysé l'influence de la dureté de l'eau (calcium et magnésium) sur la toxicité du chlorure. Elles avaient ainsi montré un effet positif de l'augmentation du titre hydrométrique (Soucek et al., 2011). Elphick et al. ont pu calculer les seuils de toxicité suivants : **64 mgCl⁻/l à 10 mg/l de dureté** et **388 mgCl⁻/l à 160 mg/l de dureté**.

En extrapolant cette relation aux cas des eaux fortement calcaires (dites très dures) en prenant par exemple 800 mg/l de dureté, on obtient un seuil de toxicité de chlorure pour les invertébrés de l'ordre de **1 800 mg/l**. La concentration rejetée estimée sans traitement est **10 fois supérieure** à ce seuil.

Compte tenu de ces conclusions, même si la VLE après traitement est inférieure aux seuils critiques observés dans la littérature, il semble impératif de connaître la dureté des eaux d'exhaure et surtout des milieux récepteurs pour fixer un seuil de chlorure cohérent et non toxique pour la faune.

Ces différents constats établis, il demeure impératif de respecter au minimum le seuil de qualité définis par le SEQ-EAU v2. Pour le chlorure, il est fixé à 200 mg/l.

8.2. Les sulfates

Karjalainen et al. (2023) ont déterminé des **concentrations chroniques toxiques de sulfates** de l'ordre de **1 000 mg/l** pour les taxons étudiés (invertébrés, poissons et plantes). Par extrapolation, ils ont calculé que ce seuil était compris **entre 117 et 194 mg SO₄/l** pour **5 % des organismes** aquatiques dans les eaux douces.

Dans le cas de Stinkal, les premières modélisations (ANTEA, 2023) indiquent un rejet dans le milieu naturel de **2 650 mg/l sans traitement**. La valeur limite estimée après traitement fixée en première approche à 1 050 mg/l reste au-dessus du seuil médian observé expérimentalement par Karjalainen et al. et 9 fois supérieure à la concentration critique estimée des organismes les plus sensibles.

Comme pour le chlorure, il conviendrait de se référer d'abord à la réglementation en vigueur en France qui fixe le seuil de bonne qualité à **250 mg de sulfates/l**.

8.3. Le carbone organique

Les valeurs limites des classes d'état fixée dans le cadre de la DCE pour le carbone dissous dans les cours d'eau sont précisées dans le tableau ci-dessous.

Classe de qualité associée	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais
Carbone organique dissous (mgC/l)	≤5	]5-7]	]7-10]	]10-15]	<15

Les premières modélisations du futur rejet de Stinkal (ANTEA, 2023) estiment une concentration de carbone organique dissous limite à 20 mg/l. Cette valeur correspond à une « **Mauvaise** » qualité physico-chimique des eaux. Il conviendra donc là encore d'abaisser ce seuil.

8.4. Les métaux lourds

Il a été rapporté que la concentration critique du Cu allait de **2,73 µg/l** (Cladocères) à **107 880 µg/l** (Cyprinidé), et que les valeurs d'exposition chroniques allaient de **2,83 µg/l** (Cladocères) à **249 µg/l** (Cyprinidé) (Liao et al., 2023).

La valeur limite estimée de 2,5 µg/l retenue par Antea est **cohérente avec la littérature existante mais largement supérieure aux normes de qualité environnementale** (NQE) définies en France. Elles fixent la concentration moyenne annuelle maximale de cuivre à **1 µg/l**.

8.5. L'arsenic

Les premières estimations dans le cas du site de Stinkal font état d'un rejet sans traitement de **8,7 µg/l**. Cette valeur dépasse largement les NQE qui fixent la **concentration moyenne annuelle maximale à 0,83 µg/l** pour l'arsenic.

9. Conclusion du diagnostic

Le Tableau 13 reprend les résultats des analyses de tous les compartiments biologiques étudiés. Conformément à la règle du paramètre le plus déclassant, la qualité biologique retenue pour chacun des cours d'eau correspond à la plus mauvaise observée tout indice confondu.

Tableau 13 : Synthèse de la qualité biologique des milieux récepteurs à l'aval de Stinkal

	Les Broustats	Le Crembreux
Macro-invertébrés benthiques	0,0085	0,3049
	Mauvaise	Moyenne
Diatomées	0,67	0,83
	Moyenne	Bonne
Ichtyofaune	43,21	22,93
	Mauvaise	Moyenne
Qualité biologique DCE	MAUVAISE	MOYENNE

Le ruisseau des Broustats fait état d'une qualité **fortement dégradée** aussi bien du point de vue de l'**hydromorphologie** que de la **biodiversité** et de la **physico-chimie**. La plupart des indicateurs sont **mauvais**, au mieux moyen (diatomées).

Sa moitié amont est **totale**ment **artificialisée** (busé ou canalisé) et correspond aujourd'hui au fossé SNCF Ouest. Le ruisseau reprend son cours « naturel » seulement après la confluence entre les fossés. Tout le linéaire est **fortement colmaté** et ponctué de **ruptures dans la continuité écologique** : embâcles infranchissables, ouvrages, seuils de concrétions calcaire, etc.

La qualité biologique est considérée comme « **Mauvaise** » à l'**aval** du site de Stinkal. Une seule espèce de poisson a été contactée : l'Épinoche, qui est **peu sensible à la pollution**. Le peuplement de macroinvertébrés est **pauvre** et dominé par des taxons **détritivores**, capables de tolérer des conditions **physico-chimiques dégradées** et des **pollutions importantes** ainsi que des **conditions hydrologiques extrêmes**. Le peuplement de diatomées confirme la tendance avec des taxons marqueurs d'eaux **eutrophes**, riches en **électrolytes** et sujettes à des **pollutions régulières**.

Les enjeux sur le ruisseau des Broustats sont globalement **très faibles**.

Le Crembreux se caractérise lui-aussi par une forte **instabilité hydrologique**. Il connaît aussi bien des périodes d'assez que de violentes crues. Il abrite tout de même une **belle diversité d'habitats** : bryophytes, racines, blocs, sous-berge, fosses, etc. relativement **attractifs pour la faune aquatique**. Le développement de la végétation est limité par l'ombrage important porté par la ripisylve. Il affiche une qualité biologique dans l'ensemble « **Moyenne** ». Les notes indicielles se situent en milieu de classe ce qui leur confère une certaine **robustesse**. Le peuplement piscicole est peu diversifié (2 espèces échantillonnées) mais **conforme aux attentes de l'IPR**. Une partie des autres espèces cibles sont présentes de manière quasi certaine comme l'Anguille européenne et le Vairon. Toutes ces espèces, sont relativement sensibles à leurs conditions de milieu. Elles sont donc généralement marqueurs d'une assez bonne qualité. Le peuplement de macroinvertébrés quant à lui est relativement riche. Il reste dominé par des taxons capables de résister à des **conditions hydrologiques instables** et qui affectionnent les eaux riches en **matière organique**. Les taxons les plus sensibles ne sont présents qu'en effectifs limités. Les diatomées confirment le **niveau trophique élevé** de la station.

Les enjeux écologiques sur le Crembreux sont donc globalement **moyens**. Les analyses réalisées sur le Crembreux laissent entrevoir un bon potentiel d'amélioration sur le court terme. A noter que les conditions d'étiage sévère observées cet été ont pu impacter la faune aquatique.

C'est sur ce dernier que le futur pourrait avoir le plus d'impacts négatifs. En effet, comme évoqué précédemment, la qualité du ruisseau des Broustats est déjà malheureusement très fortement dégradée. Il sera essentiel de fixer des seuils de rejet **suffisamment bas pour que le panache soit dilué avant d'atteindre le Crembreux**.

Bibliographie

- Bäthe, J., & Coring, E. (2011). Biological effects of anthropogenic salt-load on the aquatic Fauna : A synthesis of 17 years of biological survey on the rivers Werra and Weser. *Limnologica*, 41(2), 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.07.005>
- Byeon, E., Kang, H.-M., Yoon, C., & Lee, J.-S. (2021). Toxicity mechanisms of arsenic compounds in aquatic organisms. *Aquatic Toxicology*, 237, 105901. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105901>
- Cañedo-Argüelles, M. (2020). A review of recent advances and future challenges in freshwater salinization. *Limnetica*, 39. <https://doi.org/10.23818/limn.39.13>
- Cañedo-Argüelles, M., Grantham, T. E., Perrée, I., Rieradevall, M., Céspedes-Sánchez, R., & Prat, N. (2012). Response of stream invertebrates to short-term salinization : A mesocosm approach. *Environmental Pollution*, 166, 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.03.027>
- Cañedo-Argüelles, M., Kefford, B. J., Piscart, C., Prat, N., Schäfer, R. B., & Schulz, C.-J. (2013). Salinisation of rivers : An urgent ecological issue. *Environmental Pollution*, 173, 157-167. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.011>
- Castillo, A. M., Sharpe, D. M. T., Ghalambor, C. K., & De León, L. F. (2018). Exploring the effects of salinization on trophic diversity in freshwater ecosystems : A quantitative review. *Hydrobiologia*, 807(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3403-0>
- Côté, I. M., Darling, E. S., & Brown, C. J. (2016). Interactions among ecosystem stressors and their importance in conservation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1824), 20152592. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.2592>
- Effects of turbidity on feeding and distribution of fish.* (s. d.). Consulté 9 février 2024, à l'adresse <https://helda.helsinki.fi/items/758147ab-d7ba-44f3-938f-aa0d97d37985>
- Elphick, J. R. F., Bergh, K. D., & Bailey, H. C. (2011). Chronic toxicity of chloride to freshwater species : Effects of hardness and implications for water quality guidelines. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(1), 239-246. <https://doi.org/10.1002/etc.365>
- Evans, T. G., & Kültz, D. (2020). The cellular stress response in fish exposed to salinity fluctuations. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 333(6), 421-435. <https://doi.org/10.1002/jez.2350>
- Ferreira-Martins, D., Wilson, J. M., Kelly, S. P., Kolosov, D., & McCormick, S. D. (2021). A review of osmoregulation in lamprey. *Journal of Great Lakes Research*, 47, S59-S71. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.05.003>
- Fiksen, Ø., Aksnes, D., Flyum, M., & Giske, J. (2002). The influence of turbidity on growth and survival of fish larvae : A numerical analysis. *Hydrobiologia*, 484, 49-59. <https://doi.org/10.1023/A:1021396719733>

- Griffith, M. B. (2017). Toxicological perspective on the osmoregulation and ionoregulation physiology of major ions by freshwater animals : Teleost fish, crustacea, aquatic insects, and Mollusca. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(3), 576-600. <https://doi.org/10.1002/etc.3676>
- Gruntz, C. (2021, mars). *The Effects of Increased NaCl Salinization on Riparian Plant Productivity and Decomposition Processes*. <https://www.proquest.com/openview/87ed56e1e445bdb3cc59121b995b94a7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Hall, L. W., & Anderson, R. D. (1995). The influence of salinity on the toxicity of various classes of chemicals to aquatic biota. *Critical Reviews in Toxicology*, 25(4), 281-346. <https://doi.org/10.3109/10408449509021613>
- Halsband, E. (1976). Untersuchungen über den Krankheitszustand der in der Weser lebenden Fische. *Informationen für die Fischwirtschaft*, 23(6), 173-175.
- Hintz, W. D., & Relyea, R. A. (2017). A salty landscape of fear : Responses of fish and zooplankton to freshwater salinization and predatory stress. *Oecologia*, 185(1), 147-156. <https://doi.org/10.1007/s00442-017-3925-1>
- Karjalainen, J., Hu, X., Mäkinen, M., Karjalainen, A., Järvistö, J., Järvenpää, K., Sepponen, M., & Leppänen, M. T. (2023). Sulfate sensitivity of aquatic organism in soft freshwaters explored by toxicity tests and species sensitivity distribution. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 258, 114984. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114984>
- Kaushal, S. S., Duan, S., Doody, T. R., Haq, S., Smith, R. M., Newcomer Johnson, T. A., Newcomb, K. D., Gorman, J., Bowman, N., Mayer, P. M., Wood, K. L., Belt, K. T., & Stack, W. P. (2017). Human-accelerated weathering increases salinization, major ions, and alkalization in fresh water across land use. *Applied Geochemistry*, 83, 121-135. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.02.006>
- Lazur, A., VanDerwerker, T., & Koepenick, K. (2020). Review of Implications of Road Salt Use on Groundwater Quality—Corrosivity and Mobilization of Heavy Metals and Radionuclides. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231(9), 474. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04843-0>
- Liao, W., Zhu, Z., Feng, C., Yan, Z., Hong, Y., Liu, D., & Jin, X. (2023). Toxicity mechanisms and bioavailability of copper to fish based on an adverse outcome pathway analysis. *Journal of Environmental Sciences*, 127, 495-507. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.06.002>
- Lovett, S., Price, P., & Edgar, B. (s. d.). Salt, Nutrient, Sediment and Interactions : Findings from the National River Contaminants Program. *Land & Water Australia*.
- Moyano Salcedo, A. J., Prat, N., Bertrams-Tubau, L., Piñero-Fernandez, M., Cunillera-Montcusí, D., López-Doval, J. C., Abril, M., Proia, L., & Cañedo-Argüelles, M. (2024). What happens when salinization meets eutrophication? A test using stream microcosms. *Science of The Total Environment*, 912, 168824. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168824>

- Narangarvuu, D., Enkhdul, T., Erdenetsetseg, E., Enkhrii-Ujin, E., Irmuunzaya, K., Batbayar, G., Oyundelger, K., Yam, R. S.-W., & Pfeiffer, M. (2023). Mining and urbanization affect river chemical water quality and macroinvertebrate communities in the upper Selenga River Basin, Mongolia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(12), 1500. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12022-x>
- Potapova, M., & Charles, D. (2003). Distribution of Benthic Diatoms in U.S. Rivers in Relation to Conductivity and Ionic Composition. *Freshwater Biology*, 48, 1311-1328. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01080.x>
- R. Garnier, J. Poupon, & A. Villa. (2008, août 31). *Arsenic et ses dérivés inorganiques—Valeurs Guides Environnementale*.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiJornv86WEAxV-UKQEHTcBUwQFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fsubstances.ineris.fr%2Ffr%2Fsubstance%2FgetDocument%2F2715&usg=AOvVaw2OwAqC9oeggCvucz1dvqX&opi=89978449>
- Scheibener, S., Conley, J. M., & Buchwalter, D. (2017). Sulfate transport kinetics and toxicity are modulated by sodium in aquatic insects. *Aquatic Toxicology*, 190, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.06.027>
- Schulz, C.-J., & Cañedo-Argüelles, M. (2018). Lost in translation : The German literature on freshwater salinization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1764), 20180007. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0007>
- Soucek, D. J., Linton, T. K., Tarr, C. D., Dickinson, A., Wickramanayake, N., Delos, C. G., & Cruz, L. A. (2011). Influence of water hardness and sulfate on the acute toxicity of chloride to sensitive freshwater invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(4), 930-938. <https://doi.org/10.1002/etc.454>
- Sujay S. Kaushal, Arthur J. Gold, Susana Bernal, Jennifer L. Tank. (2018, décembre). *Biogeochemistry | Volume 141, issue 3*. SpringerLink. <https://link.springer.com/journal/10533/volumes-and-issues/141-3>
- Tavares-Dias, M. (2022). Toxicity, physiological, histopathological, handling, growth and antiparasitic effects of the sodium chloride (salt) in the freshwater fish aquaculture. *Aquaculture Research*, 53(3), 715-734. <https://doi.org/10.1111/are.15616>
- Wang, N., Dorman, R. A., Ivey, C. D., Soucek, D. J., Dickinson, A., Kunz, B. K., Steevens, J. A., Hammer, E. J., & Bauer, C. R. (2020). Acute and Chronic Toxicity of Sodium Nitrate and Sodium Sulfate to Several Freshwater Organisms in Water-Only Exposures. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(5), 1071-1085. <https://doi.org/10.1002/etc.4701>
- Zak, D., Hupfer, M., Cabezas, A., Jurasinski, G., Audet, J., Kleeberg, A., McInnes, R., Kristiansen, S. M., Petersen, R. J., Liu, H., & Goldhammer, T. (2021). Sulphate in freshwater ecosystems : A review of sources, biogeochemical cycles, ecotoxicological effects and bioremediation. *Earth-Science Reviews*, 212, 103446. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103446>

Table des Illustrations

Listes des cartes

Carte 1 : Détail du réseau de rejets et fossés autour du site de Stinkal	6
Carte 2 : Réseau hydrographique du secteur d'étude	7
Carte 3 : Localisation des stations de suivi Hydrosphère sur le Crembreux en 2019	8
Carte 4 : Synthèse des enjeux sur le fossé SNCF Ouest	23
Carte 5 : Synthèse des enjeux sur le ruisseau des Broustats	24
Carte 6 : Synthèse des enjeux sur le Crembreux.....	25
Carte 7 : Localisation des stations.....	26

Liste des figures

Figure 1 : Localisation et vue aérienne du site de Stinkal	4
Figure 2 : Répartition du peuplement de macroinvertébrés sur le ruisseau des Broustats	30
Figure 3 : Diagrammes radars issus de l'outil diagnostique sur le ruisseau des Broustats	31
Figure 4 : Synthèse des résultats de la pêche réalisée sur le ruisseau des Broustats.....	35
Figure 5 : Peuplement piscicole attendu sur les ruisseau des Broustats selon l'IPR (probabilité de présence >50%)	38
Figure 6 : Répartition du peuplement de macroinvertébrés du Crembreux	42
Figure 7 : Diagrammes radars issus de l'outil diagnostique sur le Crembreux	43
Figure 8 : Synthèse des résultats de la pêche sur le Crembreux.....	46
Figure 9 : Peuplement piscicole attendu sur le Crembreux selon l'IPR (probabilité de présence > 50%)	49

Liste des photographies

Photos 1 : Prospection du linéaire et saisie sur tablette.....	16
Photo 2 : Prélèvement MPCE	16
Photo 3 : Prélèvement IBD.....	17
Photo 4 : Pêche électrique et biométrie	17
Photo 5 : Vue générale de la station depuis la limite aval	27
Photo 6 : Poste de nettoyage et pré-tri des prélèvements.....	27
Photo 7 : Taxon indicateur GI2 - genre Gammarus, famille des Gammaridae.....	28
Photo 8 : Vue de la station depuis l'aval vers l'amont	32
Photo 9 : Vue de la station depuis l'amont vers l'aval	32
Photo 10 : Prélèvement des diatomées par MKA	32
Photo 11 : Limite amont - buse de résurgence du cours d'eau après son passage dans la carrière.....	34
Photo 12 : Début de l'opération de pêche électrique – limite aval au niveau de la confluence	34

Photo 13 : Epinoche capturée sur le Crembreux	36
Photo 14 : Chabot - photo ex situ	38
Photo 15 : Truite fario - photo ex situ	38
Photo 16 : Lamproie de Planer - photo ex situ.....	38
Photo 17 : Moitié aval de la station MPCE.....	39
Photo 18 : Moitié amont de la station MPCE.....	39
Photo 19 : Taxon indicateur GI5 - genre Hydroptila, famille des Hydroptilidae	40
Photo 20 : Vue depuis la limite aval vers l'amont	45
Photo 21 : Vue de la fosse formée dans le coude du cours d'eau	45
Photo 22 : Filet barrage à l'amont.....	45
Photo 23 : Epinoche mâle en robe nuptiale capturée sur le Crembreux	47
Photo 24 : Grosse Epinoche femelle capturée sur le Crembreux	47
Photo 25 : Chabot capturé sur le Crembreux.....	47
Photo 26 : Goujon - photo ex situ	49
Photo 27 : Vairon - photo ex situ	49
Photo 28 : Loche franche - photo ex situ	49
Photo 29 : Anguilles capturées sur le Crembreux amont en 2019.....	50
Photo 30 : Truite fario capturée sur le Crembreux aval en 2019.....	50

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des résultats biologiques 2019 sur le Crembreux (Hydrosphère).....	9
Tableau 2 : Morphologie du ruisseau des Broustats.....	18
Tableau 3 : Morphologie du Crembreux	21
Tableau 4 : Plan d'échantillonnage MPCE sur le ruisseau des Broustats	27
Tableau 5 : Synthèse des résultats de l'analyse des macroinvertébrés sur le ruisseau des Broustats	28
Tableau 6 : Synthèse des résultats de l'analyse des diatomées sur le ruisseau des Broustats	33
Tableau 7 : Métriques constitutives de l'IPR sur les Broustats	37
Tableau 8 : Plan d'échantillonnage MPCE sur le Crembreux	40
Tableau 9 : Synthèse des résultats de l'analyse des macroinvertébrés sur le Crembreux.....	40
Tableau 10 : Synthèse des résultats de l'analyse des diatomées sur le Crembreux	44
Tableau 11 : Résultats des métriques de l'IPR sur le Crembreux.....	48
Tableau 12 : Premières estimations de rejet (ANTEA)	51
Tableau 13 : Synthèse de la qualité biologique des milieux récepteurs à l'aval de Stinkal	54
Tableau 12 : Correspondances entre les notes équivalent IBGN et les classes de qualité associés.	65
Tableau 13 : Limites de classe de l'I2M2 pour l'HER 09 – Tables calcaires, cas général.....	66
Tableau 14 : Pressions prises en compte dans l'I2M2 selon leurs catégories et leurs abréviations.....	66

Tableau 15 : Correspondance entre les notes indicielles IBD et IPS et les classes de qualité.....	68
Tableau 16: Correspondance entre les notes IBD exprimées en EQR et les classes de qualité (Arrêté du 27/07/18).....	68
Tableau 17 : 7 métriques de l'Indice Poisson de Rivière (IPR)	69
Tableau 18 : Correspondances entre les notes IPR, les classes de qualité et leur code couleur associé.....	70

Listes des annexes

Annexe 1 : Méthodes du diagnostic.....	63
Annexe 2 : Résultats obtenus sur le ruisseau des Broustats	72
Annexe 3 : Résultats obtenus sur le Crembreux.....	77

Annexe 1 : Méthodes du diagnostic

1. Compartiment macroinvertébrés

Les stations étant prospectables à pied, les prélèvements sont réalisés conformément à la norme NF T90-333 de septembre 2016 « Prélèvement des macroinvertébrés aquatiques en rivières peu profondes ». Le protocole est alors appelé MPCE (Macroinvertébré en Petit Cours d'Eau). Ces protocoles sont compatibles avec la Directive Cadre Européenne sur l'Eau et répondent ainsi aux exigences des services instructeurs qui demandent généralement des méthodes d'analyses dites « DCE compatibles ». Ils associent :

- La méthode IBGN « classique » (NF T 90-350) – permettant ainsi de calculer un « équivalent IBGN » – qui privilégie les habitats les plus biogènes mais souvent marginaux ;
- Une logique de proportionnalité en intégrant la surface relative des habitats.

1.1. Prélèvements

Le protocole MPCE consiste en l'échantillonnage des habitats dominants (superficie > 5 %) sur 8 prélèvements unitaires et des habitats marginaux (1 % < superficie < 5 %) sur 4 prélèvements unitaires, soit un total de 12 prélèvements unitaires par station.

Ces prélèvements sont regroupés en trois groupes de quatre prélèvements appelés « phases » :

- Phase A : supports marginaux ;
- Phase B : supports dominants prélevés par ordre d'habitabilité décroissante ;
- Bocal C : supports dominants prélevé par représentativité décroissante.

Les prélèvements sont réalisés sur 1/20 m² à l'aide d'un filet Surber ou haveneau (filet Surber monté sur manche) de maille 0,5 mm. Les douze prélèvements unitaires sont effectués en prospectant de l'aval vers l'amont du site.

Après un pré-triage à l'aide de tamis, les échantillons sont fixés sur place à l'alcool à 96° pour éviter la dégradation du matériel biologique.

Les 2 premiers regroupements permettent de calculer un IBGN « équivalent » pour chaque station.



Photographie 1 : Prélèvement au filet Surber



Photographie 2 : Tri par tamisage in situ

1.2. Analyse au laboratoire

Le traitement des échantillons au laboratoire s'effectue conformément à la Norme XP T90-388 de juin 2010 « Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macroinvertébrés de cours d'eau ». Les étapes décrites ci-dessous ne sont pas obligatoires, mais elles permettent d'augmenter l'efficacité du tri. Hydrosphère s'attache donc à effectuer les manipulations suivantes :

- 1) Lavage de l'échantillon pour éliminer le fixateur (alcool à 96°) et tous les sédiments fins qui pourraient gêner le tri ultérieur ;
- 2) Séparation des classes granulométriques de substrats par tamisage sur une colonne de tamis de mailles différentes (0,5 à 2,5 mm) ;
- 3) Elutriation. Cette phase permet de séparer la fraction surnageante peu dense, contenant la majorité des macroinvertébrés et le refus d'éluatriation, plus dense et déposé, qui contient les éléments minéraux et certains macroinvertébrés comme les mollusques et les trichoptères à fourreaux.

Conformément à la norme, l'unité taxonomique d'identification retenue est le **genre**, à l'exception de quelques groupes faunistiques. Il est effectué un dénombrement exhaustif de chaque taxon afin de pouvoir fournir la liste faunistique complète de chaque station. Lorsqu'un taxon présente des effectifs supérieurs à 50, des sous-comptages ont pu être effectués, conformément à la norme.



Photographie 3 : Nettoyage et tamisage des échantillons



Photographie 4 : Détermination des macroinvertébrés sous loupe binoculaire

1.3. Interprétation des indices

L'ensemble des données est saisi et 2 listes faunistiques sont établies par station :

- Une liste faunistique (phase A+B) qui sert à calculer la note « équivalente IBGN » ;
- Une liste faunistique « faune globale » (phase A+B+C).

A l'indice « équivalent IBGN » est attribuée une classe de qualité. Cette note pourra ainsi être confrontée aux expertises antérieures. Cinq classes de qualité sont définies à partir des valeurs de l'indice et affectées d'une couleur conventionnelle (Tableau 14).

Tableau 14 : Correspondances entre les notes équivalent IBGN et les classes de qualité associés.

Classe de qualité associée	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
Note	≥ 17/20	]17 – 13]	]13 – 9]	]9 – 5]	<5

L'outil I2M2 (Indice Invertébré Multi-Métriques) permet d'affiner l'analyse des populations de macroinvertébrés. La note est calculée à partir de 5 sous-indices que sont :

- L'indice de diversité de Shannon-Weaver (phases A+B). Cette métrique prend en compte à la fois la richesse taxonomique et la distribution des abondances relatives des différents taxons de l'assemblage faunistique. En cas de pression anthropique croissante, une baisse de la valeur de l'indice est attendue ;
- Le score ASPT (*Average Score Per Taxon*, Score Moyen par Taxon) (phase B+C). Cet indice mesure le niveau de polluo-sensibilité moyen du peuplement. En cas de pression anthropique croissante, une baisse du niveau moyen de polluo-sensibilité et donc de la valeur de l'ASPT est attendue ;
- La fréquence relative d'espèces polyvoltines (phases A+B+C), i.e, capables d'accomplir au moins deux générations successives au cours d'une année. En cas de pression anthropique croissante, une augmentation de la fréquence relative des organismes polyvoltins est attendue ;
- La fréquence relative d'espèces ovovivipares (phases A+B+C), i.e, dont l'incubation des œufs est réalisée dans l'abdomen de la femelle, l'éclosion suivant immédiatement l'expulsion des œufs dans le milieu aquatique. En cas de pression anthropique croissante, une augmentation de la fréquence relative des organismes ovovivipares est attendue ;
- La richesse taxonomique (phases A+B+C). Il s'agit du nombre de taxons identifiés au niveau systématique préconisé par la norme AFNOR NF T90-388 (2020). En cas de pression anthropique croissante, une réduction de la richesse taxonomique est attendue.

La valeur indicielle de l'I2M2 est exprimée en EQR (*Ecological Ratio*) (note comprise entre 0 et 1). Cette valeur permet d'attribuer une classe de qualité en fonction de l'hydroécocorégion et de la taille du cours d'eau. Le ruisseau des Broustats et le Crembreux sont classés en « Très petits » cours d'eau et font partie de l'hydroécocorégion n°9 « Tables calcaires ». Les seuils de cette classe⁷ sont précisés dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Limites de classe de l'I2M2 pour l'HER 09 – Tables calcaires, cas général.

Classe de qualité associée	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais
Très petits cours d'eau	≥ 0,665	]0,665 – 0,443]	]0,443 – 0,295]	]0,295 – 0,148]	< 0,148

L'une des principales évolutions de l'I2M2 est qu'il propose, en plus de la détermination d'une classe d'état, un « outil diagnostic ». Il repose sur l'analyse des traits biologiques sélectionnés et des stratégies écologiques utilisées par les communautés d'invertébrés benthiques en réponse à diverses catégories de pressions.

Le site du Système d'Evaluation de l'Etat des Eaux (SEEE) permet d'établir à partir des listes faunistiques les diagrammes radars issus de cet outil diagnostic. On peut alors cibler les pressions anthropiques qui expliquent le mieux la composition du peuplement parmi les catégories listées dans le Tableau 16.

Tableau 16 : Pressions prises en compte dans l'I2M2 selon leurs catégories et leurs abréviations

Paramètres de la qualité de l'eau	Paramètres de la dégradation de l'habitat
Matières organiques	Voie de communication
Matières phosphorées	Ripisylve
Matières azotées (hors nitrates)	Urbanisation
Nitrates	Risque de colmatage
HAP	Instabilité hydrologique
Pesticides	Anthropisation

Précautions d'usage :

En premier lieu, il est utile de préciser que l'indice I2M2 est susceptible d'être amené à évoluer. Il est reconnu comme fortement pénalisant pour l'établissement des cartes d'états des masses d'eau (AEAP, DRIEE). L'outil de diagnostic n'est pas encore définitif. Par exemple, les pressions de qualité physico-chimiques sont analysées au regard des seuils du SEQ-Eau V2 (création de l'indice antérieur aux seuils DCE). Ces seuils de comparaison sont amenés à changer.

⁷ Selon l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, etc.

2. Compartiment diatomique

Parmi les différents indices diatomiques existants, l'IBD (Indice Biologique Diatomique) a été retenu pour cette étude. Il est actuellement adopté par les Agences de l'Eau en routine et est normalisé dans le texte NF T90-354 de 2016. L'IPS (Indice de Polluosensibilité Spécifique) plus complet et intérateur des paramètres physico-chimiques du milieu a été calculé en complément.

2.1. Prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés par Hydrosphère par brossage de substrats minéraux à l'aide d'une brosse à dent.

Les récoltes de diatomées ont été fixées *in situ* avec de l'éthanol, puis envoyées à Bi-Eau qui s'est chargé de la détermination des taxons et du calcul des indices.

2.2. Analyse au laboratoire

Au laboratoire de Bi-Eau, les diatomées sont traitées à l'eau oxygénée (H₂O₂) afin de détruire la matière organique de l'échantillon, dont l'intra-cellulaire, et de rendre chaque frustule (squelette externe en silice) identifiable. Ce travail est suivi de plusieurs cycles de rinçage alternant avec des phases de décantation. Une goutte de la préparation est ensuite montée entre lame et lamelle dans du Naphrax® (résine à indice de réfraction élevé permettant l'observation des valves siliceuses), pour rendre facilement visibles les caractéristiques morphologiques des valves (tailles, formes, ornements, etc.).

L'observation microscopique se fait à l'objectif x100 à l'immersion et en contraste interférentiel. Conformément à la norme, un minimum de 400 valves est identifié. Les identifications se basent entre autres sur la *Süßwasserflora* (Krammer & Lange-Berthalot 1986, 1988, 1991) et *Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa* (Hofmann G., M. Werum und H. Lange-Bertalot, 2013).

2.3. Interprétation des indices

Un encodage des taxons en 4 lettres est saisi dans le logiciel Omnidia (version 6.1 (Lecointe & al., 1993)) pour calculer l'indice IPS. La note IBD est calculée par l'algorithme de référence du Système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE).

Les notes indicielles de l'IBD et de l'IPS varient entre 1 et 20 et sont associées à cinq classes de qualité définies dans le « Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées » de Janvier 2019 (Tableau 17).

Tableau 17 : Correspondance entre les notes indicielles IBD et IPS et les classes de qualité

Classe de qualité associée	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
Note	≥ 17/20	]17 – 13]	]13 – 9]	]9 – 5]	<5

La définition de l'état écologique selon l'arrêté du 27/07/18 qui modifie celui du 25/01/10 (ministère de l'Écologie, de l'énergie et du développement durable) s'appuie exclusivement sur les notes IBD exprimées en EQR (*Ecological quality ratio*). Elles se calculent selon la formule suivante :

$$\text{Note en EQR} = (\text{note observée} - \text{note minimale du type}) / (\text{note de référence du type} - \text{note minimale du type})$$

Les valeurs de référence et les valeurs minimales par type de cours d'eau sont données en fonction des hydroécorégions (HER) et de la taille des cours d'eau dans l'arrêté du 27/07/18. Dans la région prospectée pour cette étude, les deux cours d'eau font partie de l'HER 20. La valeur de référence est de 18,1 et la valeur minimale de 1. Les limites inférieures de chaque classe de qualité et les codes couleurs associés sont présentés dans le Tableau 18.

Tableau 18 : Correspondance entre les notes IBD exprimées en EQR et les classes de qualité (Arrêté du 27/07/18)

Classe de qualité associée	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais
Note	≥ 0,92	]0,92 – 0,76]	]0,76 – 0,52]	]0,52 – 0,26]	< 0,26

3. Compartiment piscicole

Le diagnostic piscicole du ruisseau des Broustats et le Crembreux a été effectué au moyen d'un inventaire à l'électricité, conformément à la norme européenne NF EN 14011 qui décrit le mode opératoire d'échantillonnage destiné à la classification de l'état écologique des masses d'eau. Les pêches ont été réalisées en une seule prospection d'un secteur équivalent à 20 fois la largeur du cours d'eau. Ce protocole permet ensuite le calcul de l'indice piscicole normalisé : Indice Poisson Rivière IPR (XP T90-344).

3.1. Échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'un appareil de pêche électrique portatif de type EFKO 1500 et a nécessité 3 opérateurs (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Un opérateur immerge l'anode en continu et évolue d'aval en amont sur la portion de cours d'eau prospectée pendant qu'un autre récupère les poissons à l'aide d'une épuisette. Le dernier opérateur recueille et conserve le poisson dans un vivier hors du champ électrique. Après l'échantillonnage, les poissons capturés font l'objet d'une biométrie détaillée (espèce, poids, taille et nombre) avant leur remise à l'eau vivante.

3.2. Interprétation de l'indice

L'IPR (Oberdorff et al. 2002) se base sur la comparaison du peuplement observé dans le milieu avec un peuplement de référence (non perturbé). Normalisé depuis 2004, il est conforme aux prescriptions européennes de la Directive Cadre sur l'Eau concernant l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau.

Le calcul de l'IPR consiste à évaluer le niveau d'altération du peuplement piscicole à partir de différents traits écologiques appelés « métriques ». Sensibles à l'intensité des perturbations anthropiques, elles s'axent principalement sur la diversité, la structure trophique et l'abondance des espèces. La version normalisée de l'IPR prend en compte sept métriques : trois de diversité et quatre de densités (Tableau 19).

Tableau 19 : 7 métriques de l'Indice Poisson de Rivière (IPR)

Métriques	Abréviations	Réponse à l'augmentation des pressions humaines
Nombre total d'espèces	NTE	↗ ou ↘
Nombre d'espèces rhéophiles	NER	↘
Nombre d'espèce lithophiles	NEL	↘
Densité d'individus tolérants	DIT	↗
Densité d'individus invertivores	DII	↘
Densité d'individus Omnivores	DIO	↗
Densité totale d'individus	DTI	↗ ou ↘

Ces métriques répondent aux guildes d'espèces spécialisées et sensibles, parmi lesquelles on retrouve les « **Rhéophiles** » qui affectionnent les milieux courants, les « **Lithophiles** » qui se reproduisent exclusivement sur un substrat minéral plus ou moins grossier et les « **Invertivores** » qui se nourrissent

exclusivement d'insectes aquatiques. Les métriques de densité réagissent également aux espèces susceptibles de supporter des perturbations par leur caractère d'individus « **Tolérants** », c.-à-d. plus résistants aux pollutions ou d'individus « **Omnivores** » c.-à-d. capables de se nourrir d'aliments variés.

Un score est associé à chaque métrique en fonction de l'importance de l'écart entre le résultat de l'échantillonnage et la valeur attendue de la métrique en situation de référence. Les peuplements de référence ont été modélisés à partir de 650 sites témoins répartis sur l'ensemble du réseau hydrographique métropolitain. Ils sont définis en fonction des caractéristiques du milieu et des facteurs environnementaux de la station étudiée : bassin versant, position par rapport à la source, altitude, vitesse de courant et températures.

La valeur de l'IPR correspond à la somme des scores de chaque métrique. La note est d'autant plus élevée que les caractéristiques du peuplement observé s'éloignent de celles du peuplement de référence. Cinq classes de qualité ont ainsi été définies (Tableau 20).

Tableau 20 : Correspondances entre les notes IPR, les classes de qualité et leur code couleur associé

Classe de qualité associée	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
Note	< 7/20	]7 – 16*]	]16* – 25]	]25 – 36]	>36

* Pour les altitudes supérieures à 500 m, le seuil de 16 est abaissé à 14,5 (ce n'est pas le cas ici)

4. Cartographie du linéaire

Les 3 km de linéaire ont été prospectés au plus près du cours d'eau, soit depuis la berge, soit directement dans lit mineur lorsque la progression n'était pas possible en berge (pente trop importante, encombrement par la végétation, etc.). Les tronçons localisés dans les périmètres d'autres sites d'exploitation n'ont pas pu être directement prospectés. Ils ont été décrit au maximum de ce qui était observable.

2. Liste faunistique macroinvertébrés

LISTE FAUNISTIQUE

Numéro unique d'identification du rapport d'essai :

HYDRO_INV22_121_Les_Broustats

Cours d'eau : Les Broustats

Date de prélèvement : 19/07/23

TAXONS			Code Sandre	GI	Substrats marginaux	Substrats dominants	Total	Substrats dominants complémentaires	Total
Groupes	Famille / niveau A**	Genre / niveau B**		/9	A	B	(A+B)	C	(A+B+C)
INSECTES									
TRICHOPTERA									
	Psychomyiidae		238	4			2		2
		Tinodes	245			1			
		Psychomyiidae	238		1				
EPHEMEROPTERA									
	Baetidae		363	2*			1		1
		Baetidae	363		1				
	Caenidae		456	2*			2		2
		Caenis	457		2				
HETEROPTERA									
	Corixidae		709				0		1
		Micronecta	719					1	
COLEOPTERA									
	Elmidae		614	2*			1		1
		Elmis	618		1				
	Halplidae		517			1	5		6
		Halipus	518		4			1	
	Hygrobiidae		522			12	16		28
		Hygrobia	523		4			12	
DIPTERA									
	Ceratopogonidae		819			1	1		1
	Chironomidae		807	1*	62	22	84	44	128
	Tabanidae		837				0	2	2
CRUSTACES									
Sous classe des MALACOSTRACES									
AMPHIPODA									
	Crangonyctidae		5115				0		4
		Crangonyx	5116					4	
	Gammaridae		887	2*			1252		1631
		Gammarus	892		740	512		379	
ISOPODA									
	Asellidae		880				43		44
		Asellus	881		23	20		1	
AUTRES CRUSTACES									
	Ostracoda (présence)		3170		P	P	p	P	p

MOLLUSQUES							
BIVALVIA							
Sphaeriidae	1042	2		74			193
Pisidium	1043		36	19		119	
Sphaerium	1044		13	6			
GASTEROPODA							
Hydrobiidae	973	2		4			5
Potamopyrgus	978			4		1	
Planorbidae	1009	2		1			1
Planorbidae	1009			1			
ANNELIDES							
HIRUDINEA (= Achètes)							
Erpobdellidae	928	1	2	2			2
Glossiphoniidae	908	1	5	3	8	1	9
OLIGOCHAETA							
OLIGOCHAETA	933	1*	342	271	613	368	981
DIVERS							
HYDRACARINA							
HYDRACARINA (présence)	906		P	P	p		P
TURBELLARIA							
Dendrocoelidae	1071		5		5		5

* Taxons représentés par au moins 10 individus (les autres par au moins 3 individus)

** Selon la norme XP T90-388

Taxon Taxons non pris en compte dans le calcul de la note IBG

Taxon Taxons pris en compte dans le calcul de la note IBG (SEE) mais pas pris en compte dans l'outil diagnostic

3. Données piscicoles

BIOMÉTRIE - LES BROUSTATS

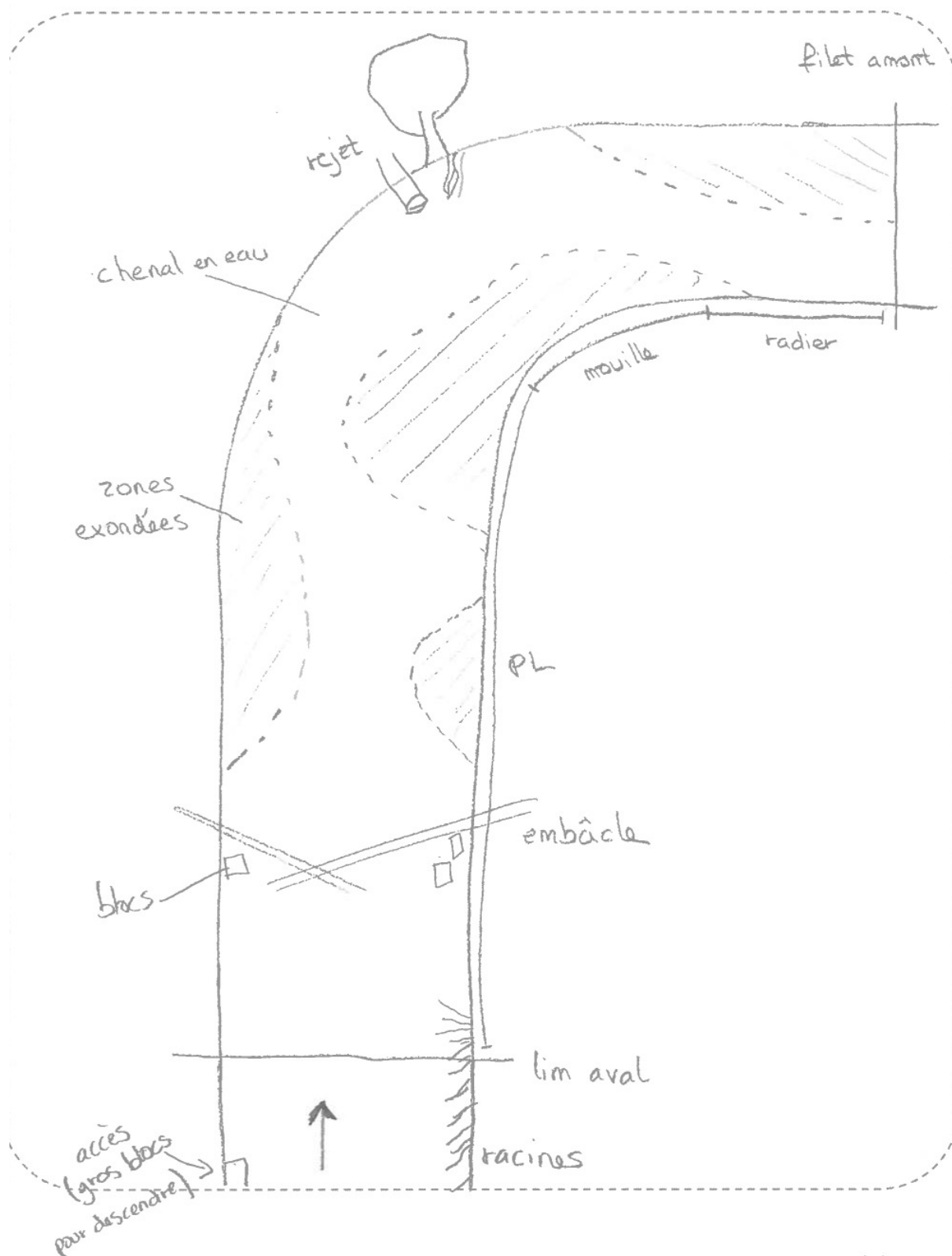
TAILLE (cm)	EPI	SOMME
2	1	1
3	10	10
4	5	5
TOTAL	16	16
Biomasse (g)	16	16 g

4. Liste floristique diatomées

Taxons	Code	Nombre	o/oo
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	RABB*	148	347
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	CEUG*	94	220
<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i> (Kützing) Kützing	GPAR*	82	192
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	CPED*	46	108
<i>Navicula veneta</i> Kützing	NVEN*	15	35
<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin) C.E. Wetzel et Ector	CSNU*	9	21
<i>Achnanthydium microcephalum</i> Kützing	ADMC*	5	12
<i>Encyonopsis minuta</i> Krammer & Reichardt	ECPM*	4	9
<i>Gomphonema</i> sp.	GOMS	4	9
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A. Schmidt et al. var. <i>capitellata</i>	NCPL*	3	7
<i>Sellaphora nigri</i> (De Not.) C.E. Wetzel et Ector comb. nov. emend.	SNIG*	3	7
<i>Achnanthydium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	ADEU*	2	5
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow var. <i>pediculus</i>	APED*	2	5
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	CPLA*	2	5
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory var. <i>tripunctata</i>	NTPT*	2	5
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>amphibia</i> Grunow var. <i>amphibia</i>	NAMP*	2	5
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>palea</i>	NPAL*	2	5
<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot	NZSU*	1	2
<i>Sellaphora saugerresii</i> (Desm.) C.E. Wetzel & D.G. Mann in Wetzel et al.	SSGE*	1	2

Annexe 3 : Résultats obtenus sur le Crembreux

1. Schéma de la station



2. Liste faunistiques macroinvertébrés

LISTE FAUNISTIQUE

Numéro unique d'identification du rapport d'essai :

HYDRO_INV22_121_Le_Crembreux

Cours d'eau : Le Crembreux

Date de prélèvement : 19/07/23

TAXONS			Code Sandre	GI	Substrats marginaux	Substrats dominants	Total	Substrats dominants complémentaires	Total
Groupes	Famille / niveau A**	Genre / niveau B**		/9	A	B	(A+B)	C	(A+B+C)
INSECTES									
TRICHOPTERA									
	Glossosomatidae		189	7			0		1
		Glossosomatidae	189					1	
	Hydropsychidae		211	3			3		3
		Hydropsyche	212		1	2			
	Hydroptilidae		193	5			6		18
		Hydroptila	200		1	5		12	
	Limnephilidae		276	3*			2		2
		Limnephilinae	3163			2			
	Psychomyiidae		238	4			34		84
		Metalyte	246			1		5	
		Tinodes	245		1	28		40	
		Psychomyiidae	238			4		5	
	Rhyacophilidae		182	4			1		6
		Rhyacophila lato-sensu	183			1		5	
	Sericostomatidae		321	6			1		1
		Sericostoma	322			1			
EPHEMEROPTERA									
	Baetidae		363	2*			1		1
		Baetidae	363		1				
COLEOPTERA									
	Dytiscidae		527				39		41
		Hydroporinae	2393		35	4		2	
	Elmidae		614	2*			58		66
		Elmis	618		24	7		3	
		Limnius	623			2		2	
		Macronychus	626			1			
		Normandia	624		2				
		Oulimnius	622		4	6		3	
		Elmidae	614		12				
	Gyrinidae		512				3		3
		Gyrinus	514		3				
	Halplidae		517				59		62
		Halplus	518		55	4		3	
	Helophoridae		603				2		2
		Helophorus	604		2				
	Hydraenidae		607				0		1
		Hydraena	608					1	
	Hygrobiidae		522				12		13
		Hygrobia	523		10	2		1	
	Noteridae		525				1		1
		Noterus	526			1			

DIPTERA							
Ceratopogonidae	819		1	3	4		4
Chironomidae	807	1*	1638	263	1901	335	2236
Empididae	831		27	5	32	1	33
Pediciidae	50011			1	1	7	8
Psychodidae	783		7	2	9		9
Sciomyzidae	845		1		1		1
Tipulidae	753		7	2	9		9
ODONATA							
Coenagrionidae	658		3		3		3
Platycnemididae	656				0		1
Platycnemis	657					1	
MEGALOPTERA							
Sialidae	703				2		2
Sialis	704		1	1			
CRUSTACES							
Sous classe des MALACOSTRACES							
AMPHIPODA							
Gammaridae	887	2*			135		220
Gammarus	892		59	76		85	
ISOPODA							
Asellidae	880				276		294
Asellus	881		227	49		18	
MOLLUSQUES							
BIVALVIA							
Sphaeriidae	1042	2			19		20
Sphaerium	1044		17	2		1	
GASTEROPODA							
Hydrobiidae	973	2			458		720
Potamopyrgus	978		276	182		262	
Lymnaeidae	998	2			8		10
Myxas	1007		2	1			
Radix	1004		5			2	
Physidae	995	2			1		1
Physella	19280		1				
Planorbidae	1009	2			3		7
Planorbidae	1009		2	1		4	
ANNELIDES							
HIRUDINEA (= Achètes)							
Erpobdellidae	928	1	48	27	75	2	77
Glossiphoniidae	908	1	50	8	58	12	70
Piscicolidae	918	1			0	1	1
OLIGOCHAETA							
OLIGOCHAETA	933	1*	59	10	69	8	77
DIVERS							
HYDRACARINA							
HYDRACARINA (présence)	906		P	P	p	P	P
NEMATHELMINTHA							
NEMATHELMINTHA (présence)	3111				0	P	P
TURBELLARIA							
Dugesidae	1055		44	27	71	21	92

* Taxons représentés par au moins 10 individus (les autres par au moins 3 individus)

** Selon la norme XP T90-388

Taxon Taxons non pris en compte dans le calcul de la note IBG

Taxon Taxons pris en compte dans le calcul de la note IBG (SEE) mais pas pris en compte dans l'outil diagnostic

3. Données piscicoles

BIOMÉTRIE – LE CREMBREUX

TAILLE (cm)	CHA	EPI	SOMME
2		33	33
3	4	36	40
4	13	2	15
5	1		1
6		3	3
7	1	1	2
8	3		3
9	9	1	10
10	4		4
11	1		1
TOTAL	36	76	112

Biomasse (g)	212	37	249 g
---------------------	-----	----	-------

4. Liste floristique diatomées

Taxons	Code	Nombre	o/oo
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow var. <i>pediculus</i>	APED*	145	338
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	CEUG*	68	159
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	RABB*	42	98
<i>Achnanthis microcephalum</i> Kützing	ADMC*	34	79
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	CPED*	32	75
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory var. <i>tripunctata</i>	NTPT*	17	40
<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i> (Kützing) Kützing	GPAR*	12	28
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	RSIN*	11	26
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot var. <i>cryptotenella</i>	NCTE*	9	21
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	CPLA*	8	19
<i>Gomphonema</i> sp.	GOMS	6	14
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	NANT*	6	14
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	CLNT*	4	9
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>amphibia</i> Grunow var. <i>amphibia</i>	NAMP*	4	9
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala Guerrero & Ferrario	RUNI*	4	9
<i>Nitzschia dissipata</i> subsp. <i>dissipata</i> (Kützing) Grunow var. <i>dissipata</i>	NDIS*	3	7
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot var. <i>lanceolatum</i>	PTLA*	3	7
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot et Witkowski	CLCT*	2	5
<i>Fragilaria</i> sp.	FRAS	2	5
<i>Navicula gregaria</i> Donkin var. <i>gregaria</i>	NGRE*	2	5
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg var. <i>lanceolata</i>	NLAN*	2	5
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i> in LBK	NRCH*	2	5
<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin) C.E. Wetzel et Ector	CSNU*	1	2
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	GOLI*	1	2
<i>Melosira varians</i> Agardh	MVAR*	1	2
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	NINC*	1	2
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>palea</i>	NPAL*	1	2
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow in Cleve et Grunow	NPAD*	1	2
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot var. <i>frequentissimum</i>	PLFR*	1	2
<i>Sellaphora atomoides</i> (Grunow) Wetzel et Van de Vijver	SEAT*	1	2
<i>Sellaphora nigri</i> (De Not.) C.E. Wetzel et Ector comb. nov. emend.	SNIG*	1	2
<i>Sellaphora saugerresii</i> (Desm.) C.E. Wetzel & D.G. Mann in Wetzel et al.	SSGE*	1	2
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	SBKU*	1	2

**Annexe III : Note de caractérisation des cours d'eau du bassin
versant de la Slack – Antea Group – Mars 2026**

(16 pages)

Note de caractérisation des eaux de surface du bassin versant de la Slack

Date : 09/03/26

Intitulé : Note de caractérisation des eaux de surface du bassin versant de la Slack

Numéro de projet : NPCP240030

Rédacteur(s) : Victoria MORICEAU ; Cécile PRINCE

Direction : Pôle Aménagements Hydrauliques & Traitement des Eaux Industrielles

Destinataires : Judith BOUCHAIN ; Noémie DELMOTTE (Eiffage)

Version n° : 1

Nombre de pages : 16

1. Contexte

Dans le cadre du projet développé par EIFFAGE et BAUDELET Environnement sur le site des carrières de Stinkal de Ferques, portant sur le traitement de sédiments fluviaux et marins dans plusieurs lagunes de traitement destinées à accueillir des sédiments non inertes non dangereux, la DREAL a demandé à disposer de nouveaux éléments relatifs à l'impact sur les eaux superficielles.

EIFFAGE a donc demandé à Antea Group la réalisation de deux campagnes complémentaires de prélèvements sur les cours d'eau du bassin versant du site de Stinkal, de manière à caractériser leur état écologique et chimique, en lien avec les paramètres susceptibles d'être rejetés par le projet envisagé.

L'objet de cette note est donc de présenter les résultats issus de ces deux campagnes de prélèvements.

2. Site d'étude

Le site des carrières de Stinkal est localisé à l'Est de Marquise (62), entre les communes de Ferques et de Caffiers. Il dispose actuellement de 3 points de rejet vers le fossé SNCF Ouest :

- Rejet B « Ruissellement » : les eaux de ruissellement des plateformes des installations et des voiries sont collectées puis transitent par un bassin de décantation avant d'être rejetées vers le fossé SNCF Ouest.
- Rejet B « Tertiaire » : les eaux de ruissellement des plateformes des installations et des voiries internes sont collectées par un réseau puis transitent par un bassin de décantation avant d'être rejetées vers le fossé SNCF Ouest.
- Rejet C « Exhaure Carrière Banc Noir » : les eaux d'exhaure et les eaux de ruissellement du plancher de la carrière du Banc Noir sont pompées en fond de carrière puis transitent par deux bassins de décantation avant d'être rejetées vers le fossé SNCF Ouest.

Le fossé SNCF Ouest se rejette en aval dans le fossé SNCF Est (appelé également ruisseau des Broustats) puis dans le cours d'eau « Le Crembreux ».



Figure 1 : Vue aérienne du site des carrières de Stinkal

3. Bassin versant de la Slack

Le milieu récepteur du site est considéré comme étant le Crembreux, lui-même un des affluents principaux de la Slack. **La masse d'eau de surface de référence sur le secteur est la masse d'eau de surface naturelle (cours d'eau) : FRAR53 « SLACK ».**

Les objectifs retenus par le SDAGE du bassin Artois-Picardie 2022-2027 concernant cette masse d'eau sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

N°	Nom de la masse d'eau	État écologique		Objectifs d'état écologique		
FRAR53	Slack	État écologique moyen		Bon état écologique 2027		
N°	Nom de la masse d'eau	État chimique de la masse d'eau de surface		Objectifs d'état chimique de la masse d'eau de surface		
		Avec subst. Ubiq.	Sans subst. Ubiq.	Avec subst. Ubiq.	Sans subst. Ubiq.	Motif de dérogation
FRAR53	Slack	Mauvais état chimique	Bon état chimique	Bon état chimique 2033	Bon état chimique 2015	Report pour faisabilité technique Pollutions par des substances ubiquistes

Tableau 7 : Etat et objectifs d'état de la masse d'eau « Slack » (SDAGE Artois-Picardie 2022-2027)

L'état écologique moyen actuel de la Slack est lié d'une part à un état biologique moyen, mais aussi à un état physico-chimique moyen en lien avec les nutriments (orthophosphates et phosphore) et l'arsenic.

Il est à noter que le bassin versant de la Slack accueille de nombreuses carrières dont les rejets se font vers divers cours d'eau du bassin versant de la Slack : Carrières du Boulonnais (CB), Magnésie et Dolomie de France (MDF), Carrières de Stinkal et Carrières de la Vallée Heureuse (CVH).



Figure 2 : Localisation des carrières sur le bassin versant de la Slack

4. Description des campagnes de prélèvements

4.1. Période d'intervention

Deux campagnes de prélèvement ont eu lieu :

- Campagne en période de basses eaux : 27/05/2025,
- Campagne en période de hautes eaux : 09/12/2025.










4.2. Localisation des mesures

Les points de mesures sont identiques à ceux des précédentes campagnes de mesure (débit et qualité), réalisées par Antea Group, sur les principaux cours d'eau de la masse d'eau Slack (Slack, Les Broustats, Crembreux et Ruisseau de Bazinghen) en février 2023 et août 2023.

Comme détaillé dans le tableau ci-après, la campagne de mesures comprend :

- 8 points de prélèvements sur quatre cours d'eau ou fossés (Slack, Crembreux, fossé SNCF, ruisseau de Bazinghen).
- 1 point de prélèvement sur le rejet des eaux d'exhaure de Stinkal.

Tableau 1 : Description des points de prélèvement

Entité	Point de mesure	Détail	Coordonnées (Lambert 93)	Photo
Fossé SNCF/Les Broustats	STEP Landrethun	Regard qui passe ensuite à ciel ouvert Fossé en aval du rejet de la STEP	614441 ; 7083233	
	Point X	Fossé en amont des rejets de Stinkal	614789 ; 7082368	
	Point I	Fossé en aval des rejets de Stinkal, à env. 400 m avant la confluence avec le Crembreux	614063 ; 7081331	
Rejet C - Exhaure	Exhaure	Rejet des eaux d'exhaure de Stinkal au niveau du canal de rejet	614810 ; 7082503	
Le Crembreux	Point J	A Fiennes, en tête de bassin versant. Env. 3 km en amont de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats	616290 ; 7081580	
	Point E	A Marquise, env. 6 km en aval de la confluence avec le fossé/Broustats et env. 400 m en amont de la confluence avec la Slack	608655 ; 7080151	
Ruisseau de Bazinghen	Point B	A Rouge Berne, sur le ruisseau de Bazinghen, à env. 5 km de la confluence avec la Slack	607424 ; 7081950	
La Slack	Point F	A Rinxent, env. 2 km en amont de la confluence avec le Crembreux	610242 ; 7078877	
	Point A	A Ambleteuse, à l'aval du bassin versant complet	603061 ; 7079185	

Les figures ci-dessous localisent les points de prélèvement.

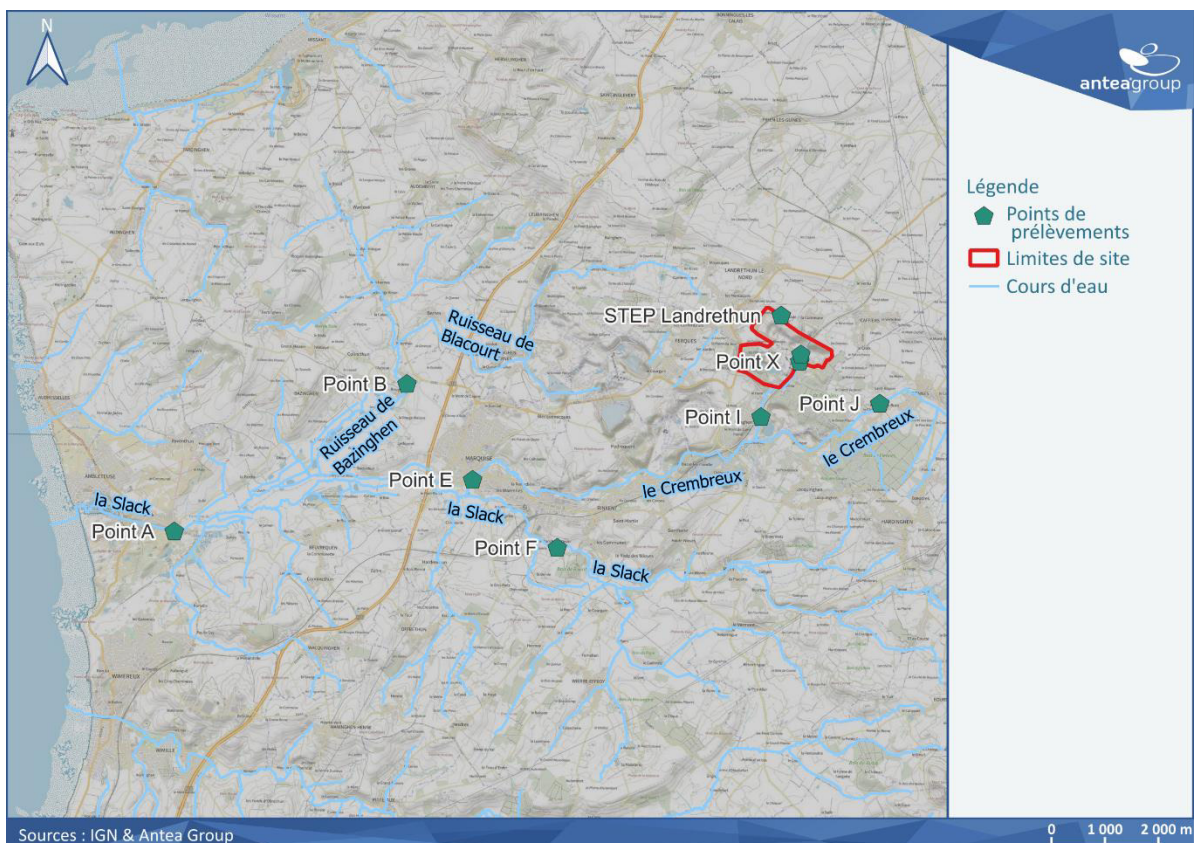


Figure 3 : Localisation des points de prélèvements (Antea Group)

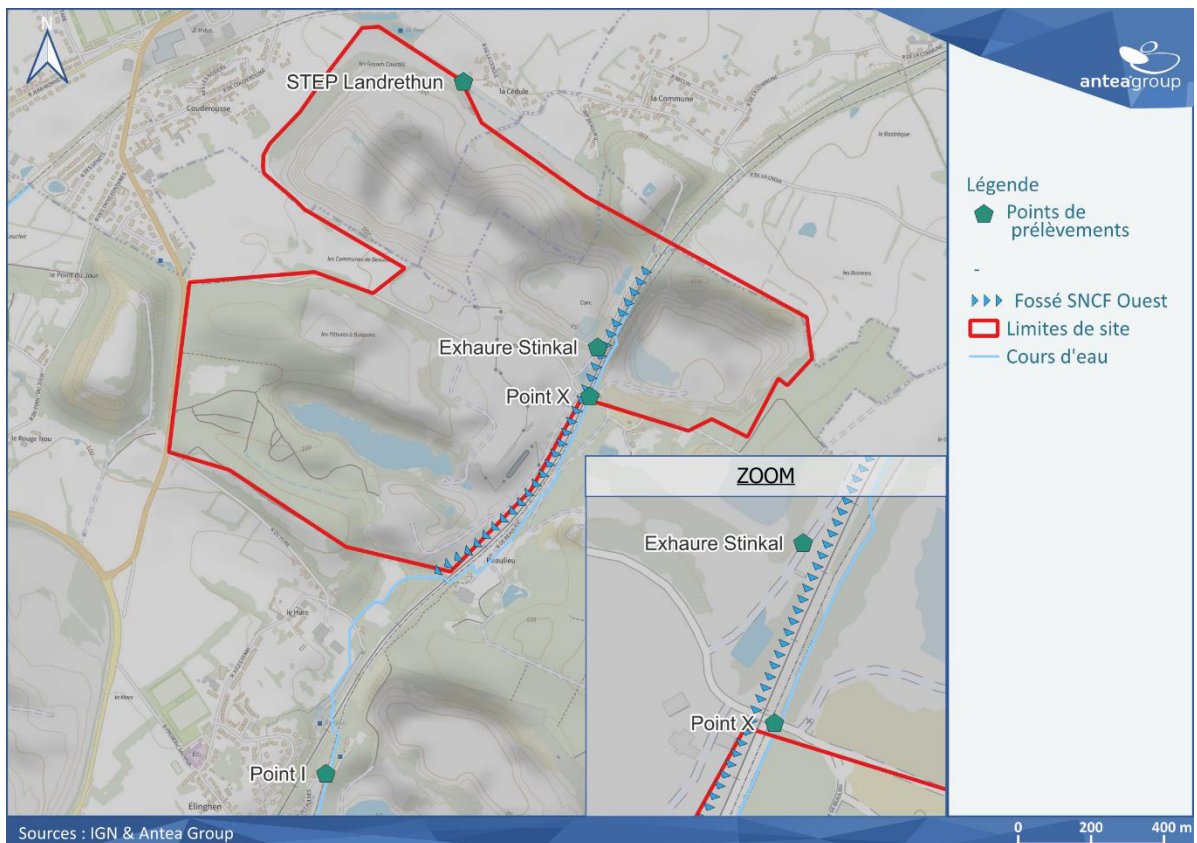


Figure 4 : Zoom sur les points de prélèvement à proximité des carrières de Stinkal

4.3. Paramètres analysés

Le mode d'échantillonnage et les prélèvements sont effectués selon le protocole décrit dans la norme française **NF EN 25667 (ISO 5667)**. Avant le prélèvement, les flacons sont rincés dans le cours d'eau. Les échantillons d'eau sont ensuite constitués à partir de prélèvements ponctuels. Conformément aux indications portées dans la norme ISO 5667-2, les échantillons prélevés sont issus de zones turbulentes bien mélangées au sein de l'écoulement naturel.

Après la récolte des données, la phase d'analyse se déroule dans le laboratoire d'analyses EUROFINs. La stabilisation et le stockage des échantillons se feront dans un flaconnage spécifique fourni avant chaque campagne par le laboratoire, conformément aux prescriptions de la norme NF EN ISO 5667 et/ou des recommandations du laboratoire responsable des analyses.

Les paramètres analysés durant ces campagnes de prélèvements sont :

- Sodium,
- Sulfates,
- Chlorures,
- COT,
- HCT,
- HAP,
- MES,
- PCB,
- 12 métaux.

4.4. Valeurs guides retenues pour l'évaluation de l'état des cours d'eau

Conformément aux rapports déjà produits, les valeurs seuils suivantes sont retenues pour l'interprétation de l'état des cours d'eau.

Tableau 2 : Valeurs seuils

Paramètres	Unité	Source valeur guide	Valeur guide*
Matières en suspension (MES)	mg/l	Guide tech.	25-50
Chlorures	mg/l	EDCH	200
Sulfates	mg/l	EDCH	250
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	Etat écologique	5-7
Sodium (Na)	mg/l	EDCH	200
Mercure (Hg)	µg/l	Etat chimique	0.07 (CMA)
Antimoine (Sb)	µg/l	EDCH	10
Arsenic (As)	µg/l	Etat écologique	0.83 (MA)
Baryum (Ba)	µg/l	EDCH	700
Cadmium (Cd)	µg/l	Etat chimique	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)
Chrome (Cr)	µg/l	Etat écologique	3.4 (MA)
Cuivre (Cu)	µg/l	Etat écologique	1 (MA)
Molybdène (Mo)	µg/l	REGARD	6.7 (NQE)
Nickel (Ni)	µg/l	Etat chimique	4 (MA) - 34 (CMA)
Plomb (Pb)	µg/l	Etat chimique	1.2 (MA) - 14 (CMA)
Sélénium (Se)	µg/l	EDCH	20
Zinc (Zn)	µg/l	Etat écologique	7.8 (MA)
Somme des HAP	µg/l	-	-
Somme des PCB	µg/l	NQE provisoire	0.001

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d'un cours d'eau du Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH / > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

L'arrêté du 25/01/2010 modifié indique que l'évaluation de l'état écologique pour les paramètres physico-chimiques généraux des eaux de surface doit se faire sur le percentile 90 d'au moins 4 valeurs pour une année et sur une moyenne d'au moins 4 valeurs pour une année quand il s'agit d'une NQE en moyenne annuelle (NQE-MA). La NQE en Concentration Maximale Admissible (CMA) est utilisée, quand elle existe, dans les cas où moins de 4 valeurs sont disponibles : la concentration maximale mesurée est alors comparée à la NQE-CMA.

5. Résultats

5.1. Fossé en aval de la STEP de Landrethun

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 3 : Résultats d'analyses fossé en aval de la STEP de Landrethun -2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux	Valeur guide*	Source valeur guide
Matières en suspension (MES)	mg/l	12	<2.0	25-50	Guide tech.
Chlorures	mg/l	232	36.5	200	EDCH
Sulfates	mg/l	66.4	54.7	250	EDCH
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	15	5.5	5-7	Etat écologique
Sodium (Na)	mg/l	141	21.6	200	EDCH
Mercuré	µg/l	<0.10	<0.10	0.07 (CMA)	Etat chimique
Antimoine (Sb)	µg/l	1.34	0.42	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	7.25	0.77	0.83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	13.2	27.5	700	EDCH
Cadmium (Cd)	µg/l	0.74	<0.20	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)	Etat chimique
Chrome (Cr)	µg/l	0.69	<0.50	3.4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	30	4.63	1 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	2.31	1.07	6.7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	11.3	6.2	4 (MA) - 34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	2.55	<0.50	1.2 (MA) - 14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	1.41	<0.50	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	130	95.2	7.8 (MA)	Etat écologique
Somme des HAP	µg/l	0.33	0.22	-	-
Somme des PCB	µg/l	<0.01	<0.01	0.001	NQE provisoire

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d'un cours d'eau du Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH / > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Reduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

Le tableau montre que **le fossé/ruisseau Les Broustats, à l'amont du bassin versant, est en bon état, voire très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour :**

- Les **chlorures** en basses eaux qui dépassent le seuil.
- Le **COT** en hautes eaux qui correspond à un état mauvais.
- L'**arsenic** pour lequel la valeur mesurée en basses eaux est supérieure à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).
- **Le cuivre et le zinc** pour lesquels les uniques valeurs mesurées sont supérieures à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).

Les données, en nombre insuffisant (<4), ne permettent cependant pas de conclure définitivement sur l'état du cours d'eau pour ces paramètres.

5.2. Point X – Fossé en amont des rejets de Stinkal

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 4 : Résultats d'analyses Point X – Fossé en amont des rejets de Stinkal -2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux	Valeur guide*	Source valeur guide
Matières en suspension (MES)	mg/l	8.4	<2.0	25-50	Guide tech.
Chlorures	mg/l	124	133	200	EDCH
Sulfates	mg/l	42.3	82.1	250	EDCH
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	4.7	3.8	5-7	Etat écologique
Sodium (Na)	mg/l	85.5	71.6	200	EDCH
Mercure	µg/l	<0.10	<0.10	0.07 (CMA)	Etat chimique
Antimoine (Sb)	µg/l	0.35	0.23	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	0.65	0.64	0.83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	12.8	27.4	700	EDCH
Cadmium (Cd)	µg/l	<0.20	<0.20	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)	Etat chimique
Chrome (Cr)	µg/l	2.24	0.61	3.4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	1.52	5.41	1 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	3.62	1.05	6.7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	2.3	6.3	4 (MA) - 34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	<0.50	<0.50	1.2 (MA) - 14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	<0.50	0.68	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	5.8	5.3	7.8 (MA)	Etat écologique
Somme des HAP	µg/l	0.24	0.3	-	-
Somme des PCB	µg/l	<0.01	<0.01	0.001	NQE provisoire

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d'un cours d'eau du Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH/ > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Reduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

Le tableau montre que **le fossé SNCF/ruisseau Les Broustats, à l'amont du rejet de Stinkal, est en bon état, voire très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour le cuivre** pour lesquels les deux valeurs mesurées sont supérieure à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).

Les données, en nombre insuffisant (<4), ne permettent cependant pas de conclure définitivement sur l'état du cours d'eau pour ce paramètre.

5.3. Rejet C – Exhaure de Stinkal

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 5 : Résultats d'analyses Rejet C- Exhaure Stinkal - 2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux
Matières en suspension (MES)	mg/l	<2.0	<2.0
Chlorures	mg/l	42.4	27.8
Sulfates	mg/l	992	754
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	1.6	1.7
Sodium (Na)	mg/l	50.6	25.8
Mercure	µg/l	<0.10	<0.10
Antimoine (Sb)	µg/l	0.27	<0.20
Arsenic (As)	µg/l	0.4	<0.20
Baryum (Ba)	µg/l	32.9	23.6
Cadmium (Cd)	µg/l	<0.20	<0.20
Chrome (Cr)	µg/l	<0.50	<0.50
Cuivre (Cu)	µg/l	0.61	0.54
Molybdène (Mo)	µg/l	2.78	1.5
Nickel (Ni)	µg/l	12.2	6
Plomb (Pb)	µg/l	<0.50	<0.50
Sélénium (Se)	µg/l	0.73	1.77
Zinc (Zn)	µg/l	<5.00	<5.00
Somme des HAP	µg/l	0.31	0.23
Somme des PCB	µg/l	<0.01	<0.01

Les valeurs de ce point de prélèvement ne sont pas comparables aux valeurs de bon état des eaux de surfaces puisqu'il s'agit d'un rejet industriel. On note néanmoins une teneur en sulfates élevée.

5.4. Point I – Fossé en aval des rejets de Stinkal

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 6 : Résultats d'analyses Point I– Fossé en aval des rejets de Stinkal -2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux	Valeur guide*	Source valeur guide
Matières en suspension (MES)	mg/l	42	9.6	25-50	Guide tech.
Chlorures	mg/l	98.4	49	200	EDCH
Sulfates	mg/l	227	412	250	EDCH
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	0.81	3.3	5-7	Etat écologique
Sodium (Na)	mg/l	61.7	29.8	200	EDCH
Mercure	µg/l	<0.10	<0.10	0.07 (CMA)	Etat chimique
Antimoine (Sb)	µg/l	0.27	<0.20	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	1.07	0.55	0.83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	18.5	26	700	EDCH
Cadmium (Cd)	µg/l	<0.20	<0.20	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)	Etat chimique
Chrome (Cr)	µg/l	1.46	<0.50	3.4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	2.55	1.69	1 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	2.49	1.12	6.7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	4.5	3.2	4 (MA) - 34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	1.06	<0.50	1.2 (MA) - 14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	0.6	0.85	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	13.6	6.4	7.8 (MA)	Etat écologique
Somme des HAP	µg/l	0.26	0.88	-	-
Somme des PCB	µg/l	<0.01	<0.01	0.001	NQE provisoire

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d'un cours d'eau du Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH / > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

Le tableau montre que le **fossé/ruisseau Les Broustats, en aval des rejets de Stinkal est en bon état, voire très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour :**

- Les **sulfates** en hautes eaux qui dépassent le seuil, et qui sont en nette augmentation par rapport à l'amont, en lien avec la teneur en sulfates des rejets de Stinkal.
- **L'arsenic et le zinc** pour lesquels la valeur mesurée en basses eaux est supérieure à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).
- Le **cuivre** pour lequel les deux valeurs mesurées sont supérieures à la NQE-MA (pas de NQE-CMA pour ces substances).

Les données, en nombre insuffisant (<4), ne permettent cependant pas de conclure définitivement sur l'état du cours d'eau pour ces paramètres.

5.5. Point J – Le Crembreux à l’amont de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 7 : Résultats d’analyses Point J– Le Crembreux à l’amont de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats - 2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux	Valeur guide*	Source valeur guide
Matières en suspension (MES)	mg/l	68	4.4	25-50	Guide tech.
Chlorures	mg/l	31.7	29.1	200	EDCH
Sulfates	mg/l	33.3	25.1	250	EDCH
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	4.7	4.5	5-7	Etat écologique
Sodium (Na)	mg/l	15.6	15.4	200	EDCH
Mercure	µg/l	<0.10	<0.10	0.07 (CMA)	Etat chimique
Antimoine (Sb)	µg/l	<0.20	<0.20	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	0.85	0.84	0.83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	30.9	23.4	700	EDCH
Cadmium (Cd)	µg/l	<0.20	<0.20	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)	Etat chimique
Chrome (Cr)	µg/l	<0.50	<0.50	3.4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	1.6	1.41	1 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	<0.20	0.3	6.7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	<2.00	<2.00	4 (MA) - 34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	1.13	<0.50	1.2 (MA) - 14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	<0.50	0.5	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	12	<5.00	7.8 (MA)	Etat écologique
Somme des HAP	µg/l	0.26	0.25	-	-
Somme des PCB	µg/l	<0.01	<0.01	0.001	NQE provisoire

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d’évaluation de l’état écologique, de l’état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d’un cours d’eau du Guide technique Relatif à l’évaluation de l’état des eaux de surface continentales (cours d’eau, canaux, plans d’eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l’Environnement de l’Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH/ > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Reduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

Le tableau montre que Le Crembreux, à l’amont de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats, est en bon état, voire très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour :

- Les **MES** en basses eaux qui dépassent le seuil.
- **L’arsenic et le cuivre** pour lesquels les deux valeurs mesurées sont supérieures à la NQE-MA (pas de NQE-CMA pour ces substances).
- Le **zinc** pour lequel la valeur mesurée en basses eaux est supérieure à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).

Les données, en nombre insuffisant (<4), ne permettent cependant pas de conclure définitivement sur l’état du cours d’eau pour ces paramètres.

5.6. Point E – Le Crembreux en aval de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 8 : Résultats d'analyses Point E – Le Crembreux en aval de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats - 2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux	Valeur guide*	Source valeur guide
Matières en suspension (MES)	mg/l	8.3	15	25-50	Guide tech.
Chlorures	mg/l	39.4	30.6	200	EDCH
Sulfates	mg/l	97.4	117	250	EDCH
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	2.8	3.1	5-7	Etat écologique
Sodium (Na)	mg/l	22.8	17.4	200	EDCH
Mercure	µg/l	<0.10	<0.10	0.07 (CMA)	Etat chimique
Antimoine (Sb)	µg/l	<0.20	<0.20	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	0.64	0.71	0.83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	32.9	28.6	700	EDCH
Cadmium (Cd)	µg/l	<0.20	<0.20	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)	Etat chimique
Chrome (Cr)	µg/l	<0.50	<0.50	3.4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	2.42	1.1	1 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	0.74	0.68	6.7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	<2.00	<2.00	4 (MA) - 34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	1.01	<0.50	1.2 (MA) - 14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	0.56	0.72	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	17	<5.00	7.8 (MA)	Etat écologique
Somme des HAP	µg/l	0.24	0.19	-	-
Somme des PCB	µg/l	<0.01	<0.01	0.001	NQE provisoire

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d'un cours d'eau du Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH/ > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

Le tableau montre que **le Crembreux, à l'aval de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats est en bon état, voire très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour le cuivre et le zinc** pour lesquels les valeurs mesurées en basses eaux, et en hautes eaux pour le cuivre, sont supérieures à la NQE-MA (pas de NQE-CMA pour ces substances).

Les données, en nombre insuffisant (<4), ne permettent cependant pas de conclure définitivement sur l'état du cours d'eau pour ces paramètres.

5.7. Point B – Ruisseau de Bazingham

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 9 : Résultats d'analyses Point B– Ruisseau de Bazingham - 2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux	Valeur guide*	Source valeur guide
Matières en suspension (MES)	mg/l	27	12	25-50	Guide tech.
Chlorures	mg/l	45.4	41.6	200	EDCH
Sulfates	mg/l	44.5	60.7	250	EDCH
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	4.4	4	5-7	Etat écologique
Sodium (Na)	mg/l	22.2	10 000	200	EDCH
Mercure	µg/l	<0.10	<0.10	0.07 (CMA)	Etat chimique
Antimoine (Sb)	µg/l	<0.20	<2.00	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	0.77	2.28	0.83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	27.9	8.48	700	EDCH
Cadmium (Cd)	µg/l	<0.20	<0.20	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)	Etat chimique
Chrome (Cr)	µg/l	<0.50	<0.50	3.4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	1.49	1.65	1 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	<0.20	10.3	6.7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	<2.00	<2.00	4 (MA) - 34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	0.53	<5.00	1.2 (MA) - 14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	<0.50	<0.50	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	15.6	27.1	7.8 (MA)	Etat écologique
Somme des HAP	µg/l	0.26	0.2	-	-
Somme des PCB		<0.01	<0.01	0.001	NQE provisoire

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d'un cours d'eau du Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH/ > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

Le tableau montre que **le ruisseau de Bazingham est en bon état, voire très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour :**

- Le **sodium** en hautes eaux qui dépassent le seuil (valeur extrême confirmée par le laboratoire Eurofins).
- Le **molybdène** pour lequel la valeur mesurée en hautes eaux est supérieure à la NQE.
- L'**arsenic** pour lequel la valeur mesurée en hautes eaux est supérieure à la NQE-MA (pas de NQE-CMA pour ces substances).
- Le **cuivre et le zinc** pour lesquels les deux valeurs mesurées sont supérieures à la NQE-MA (pas de NQE-CMA pour ces substances).

Les données, en nombre insuffisant (<4), ne permettent cependant pas de conclure définitivement sur l'état du cours d'eau pour ces paramètres.

5.8. Point F – La Slack à Rinxent, en amont de la confluence avec le Crembreux et le ruisseau de Bazinghen

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 10 : Résultats d'analyses point F– La Slack à Rinxent, en amont de la confluence avec le Crembreux et le ruisseau de Bazinghen - 2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux	Valeur guide*	Source valeur guide
Matières en suspension (MES)	mg/l	6.8	10	25-50	Guide tech.
Chlorures	mg/l	37.1	29.5	200	EDCH
Sulfates	mg/l	33.6	28.7	250	EDCH
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	3.6	4.1	5-7	Etat écologique
Sodium (Na)	mg/l	21.7	14.6	200	EDCH
Mercure	µg/l	<0.10	<0.10	0.07 (CMA)	Etat chimique
Antimoine (Sb)	µg/l	<0.20	<0.20	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	1.12	0.79	0.83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	44.3	32.4	700	EDCH
Cadmium (Cd)	µg/l	<0.20	<0.20	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)	Etat chimique
Chrome (Cr)	µg/l	<0.50	<0.50	3.4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	0.96	1.04	1 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	0.23	<0.20	6.7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	<2.00	<2.00	4 (MA) - 34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	<0.50	<0.50	1.2 (MA) - 14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	<0.50	<0.50	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	<5.00	<5.00	7.8 (MA)	Etat écologique
Somme des HAP	µg/l	0.37	0.5	-	-
Somme des PCB	µg/l	<0.01	<0.01	0.001	NQE provisoire

*NQE : Norme de Qualité Environnementale | MA : Moyenne Annuelle | CMA : Concentration Max. Admissible

Etat écologique (très bon/bon/moyen/médiocre/mauvais) /Etat chimique (bon/moins que bon) : Arrêté du 25/01/2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique [...] des eaux de surface

Guide tech. : Limites du bon état d'un cours d'eau du Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) 2012 (MàJ 2016) – ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer

EDCH : Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (< EDCH / > EDCH)

NQE provisoire : NQE provisoire indiquée dans la circulaire du 07/05/2007 (bon/moins que bon)

REGARD : Projet REGARD « Reduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise (Livrables 211,212,213, Octobre 2019)

LQ/2 >valeur seuil ; impossible de se prononcer

Le tableau montre que La **Slack, à l'amont de la confluence avec le Crembreux et le ruisseau de Bazinghen, est en bon état, voire très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour :**

- **L'arsenic** pour lequel la valeur mesurée en basses eaux est supérieure à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).
- **Le cuivre** pour lequel la valeur mesurée en hautes eaux est supérieure à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).

Les données, en nombre insuffisant (<4), ne permettent cependant pas de conclure définitivement sur l'état du cours d'eau pour ces paramètres.

5.9. Point A – La Slack à Ambleteuse, à l’aval du bassin versant

Les résultats des campagnes de prélèvements sont les suivants :

Tableau 11 : Résultats d'analyses point A – La Slack à Ambleteuse, à l’aval du bassin versant - 2025

Paramètres	Unité	Basses eaux	Hautes eaux	Valeur guide*	Source valeur guide
Matières en suspension (MES)	mg/l	24	29	25-50	Guide tech.
Chlorures	mg/l	46.4	38.5	200	EDCH
Sulfates	mg/l	63.6	58.3	250	EDCH
Carbone Organique Total (COT)	mg/l	3.2	5.1	5-7	Etat écologique
Sodium (Na)	mg/l	25.9	17.9	200	EDCH
Mercuré	µg/l	<0.10	<0.10	0.07 (CMA)	Etat chimique
Antimoine (Sb)	µg/l	<0.20	<0.20	10	EDCH
Arsenic (As)	µg/l	1.13	1.03	0.83 (MA)	Etat écologique
Baryum (Ba)	µg/l	30.4	24.1	700	EDCH
Cadmium (Cd)	µg/l	<0.20	<0.20	0.25 (MA) - 1.5 (CMA)	Etat chimique
Chrome (Cr)	µg/l	<0.50	<0.50	3.4 (MA)	Etat écologique
Cuivre (Cu)	µg/l	1.19	1.51	1 (MA)	Etat écologique
Molybdène (Mo)	µg/l	0.43	0.35	6.7 (NQE)	REGARD
Nickel (Ni)	µg/l	<2.00	<2.00	4 (MA) - 34 (CMA)	Etat chimique
Plomb (Pb)	µg/l	0.83	0.77	1.2 (MA) - 14 (CMA)	Etat chimique
Sélénium (Se)	µg/l	<0.50	<0.50	20	EDCH
Zinc (Zn)	µg/l	14.4	<5.00	7.8 (MA)	Etat écologique
Somme des HAP	µg/l	0.35	0.4	-	-
Somme des PCB	µg/l	<0.01	<0.01	0.001	NQE provisoire

Le tableau montre que **La Slack, à Ambleteuse à l’aval du bassin versant, est en bon état, voire très bon état, pour la plupart des paramètres excepté pour :**

- **L’arsenic et le cuivre** pour lesquels les deux valeurs mesurées sont supérieures à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).
- Le **zinc** pour lequel la valeur mesurée en basses eaux est supérieure à la NQE-MA (pas de NQE-CMA).

Les données, en nombre insuffisant (<4), ne permettent cependant pas de conclure définitivement sur l’état du cours d’eau pour ces paramètres.

6. Conclusions

Les deux campagnes de prélèvement réalisées en 2025, l'une en période basses eaux (mai) et l'autre en période de hautes eaux (décembre) montrent que, sur les différents points de mesures dans les cours d'eau, plusieurs paramètres présentent des dépassements des seuils de bon état et ce, de façon plus ou moins répartie/diffuse sur le bassin versant de la Slack :

- Chlorures (1 point sur 8), sur le fossé à l'aval de la STEP de Landrethun.
- **Arsenic (6 points sur 8)** : pas de dépassement sur le fossé/ruisseau des Broustats à l'amont du rejet Stinkal (point X) et sur le Crembreux en aval de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats (point E).
- **Cuivre (8 points sur 8)**.
- **Zinc (6 points sur 8)** : pas de dépassement sur le fossé/ruisseau des Broustats à l'amont du rejet Stinkal (point X) et sur la Slack à Rinxent, en amont de la confluence avec le Crembreux et le ruisseau de Bazinghen (point F).
- Sulfates (1 point sur 8), sur le fossé à l'aval des rejets de Stinkal, en lien direct avec les rejets de Stinkal.
- Sodium (1 point sur 8), pic à 10 000 mg/l inexpliqué en période de hautes eaux sur le ruisseau de Bazinghen.
- MES (1 point sur 8), sur le Crembreux à l'amont de la confluence avec le fossé/ruisseau des Broustats recevant les rejets de Stinkal.
- Molybdène (1 point sur 8), sur le ruisseau de Bazinghen en période de basses eaux.

Même si les données sont en nombre insuffisant pour statuer sur l'état des cours d'eau pour ces paramètres, **l'arsenic, le cuivre et le zinc présentent des dépassements par rapport aux seuils de bon état écologique sur quasiment l'ensemble du bassin versant de la Slack. Ces trois substances sont d'origine diffuse sur l'ensemble du territoire.**

Annexe IV : Exemple de fiche technique matériau adsorbant spécifique métaux

METEX®

METEX® est un produit de filtration granulaire développé et produit avec une capacité d'adsorption élevée pour les métaux lourds. Ce produit s'utilise dans le traitement de l'eau naturelle, des eaux usées, ... Pour des résultats de filtration optimaux, il est préférable de le combiner avec une couche inférieure de sable de filtration et de l'utiliser en courant ascendant.



Applications

METEX® possède une efficacité d'adsorption élevée sur les métaux lourds, tels que le plomb, le cuivre, le zinc, le cobalt, le cadmium, etc. METEX® est utilisé dans un large éventail d'applications. Ces applications comprennent l'élimination des métaux lourds de

- Eaux souterraines
- Eaux usées industrielles
- Lixiviats de décharges
- Eau potable

En fonction des conditions de fonctionnement, on peut atteindre des objectifs de traitement <0,01 mg/l de métaux lourds.

Conditionnement

- Big bags
- Filtres mobiles

Propriétés

Spécifications

TAILLE DES PARTICULES (mm)	1,00 - 3,35
GRANULOMÉTRIE	
< 3,35 mm (MIN.) (%)	82
> 1,00 mm (MIN.) (%)	90

Valeur typique

DENSITÉ APPARENTE (kg/m ³)	450
pH	10

DESOTEC se réserve le droit de modifier les spécifications à tout moment, sans avis préalable.

METEX® peut contenir une petite quantité de métaux ou d'éléments minéraux. Cela n'affecte pas l'utilisation prévue du produit.

En raison des propriétés de METEX®, le pH des premiers volumes de liquide/eau peut être alcalin (jusqu'à un pH de 11). Il peut falloir plusieurs volumes de lit de liquide/eau avant que le pH ne se stabilise.




antea[®]group