BIOSYNERGIE

Concilier économie et écologie

Exemples de biotraitements

Eaux, terres et sédiments — milieux industriel, urbain et naturel

Procédés biologiques* · Prévention · Traitement des pollutions

biosynergiecontact@gmail.com · www.biosynergie.net

** Procédés brevetés*



RÉFÉRENCES & PARTENAIRES

Partenariats scientifiques et recherche

Convention de partenariat départemental (P.R.I.D.) tripartite – 12 années
Contribution COP21 (plateforme Solutions Climat)

Projet BIOSED – Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO)
Partenaire des chaires ECOSED Digital 4.0 (valorisation des sédiments) et CIRVAL (IMT Nord Europe)

Professeur honoraire – IMT Nord Europe, Douai
Mastère ingénierie de l'économie circulaire appliquée aux matériaux durables

Contrat de collaboration recherche – Université Montpellier 2
Modèle test de nitrification-dénitrification et évolution des boues en milieu épuratoire (2008)

Publications scientifiques
World Journal of Modelling and Simulation (déc. 2009) · Water Research – Elsevier (fév. 2008)

Dégradation des hydrocarbures en eau douce – eaux pluviales de l'ADP d'Orly (94)
Pr Paule Vasseur, Laboratoire européen des sciences de l'environnement (Metz) – thèse de pharmacie, Besançon, 1993

Rencontres scientifiques Mare Nostrum – 11 mai 2012 – Polytech Nice Sophia Antipolis

RÉFÉRENCES & PARTENAIRES

Rayonnement et quelques références



Conférencier au M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) en 2010, Institut océanographique de Monaco

Présentation des procédés brevetés aux ministres français de l'Environnement – Nautic Paris 2011 et 2012



Plans d'eau et milieux naturels

Lac de Messein (54), ONF Rambouillet (78), Sciez – lac Léman, Publier (74), bassins d'eau pluviale du Pas-de-Calais (62), CAMG (77)

Ports

Cavalaire (83), Camille Rayon, Gallice, Crouton, Cannes Marina (06), Carnon (34), Gravelines (59)

Sites industriels

Fluid System Technology (Portugal), Rompetrol Constanța (Roumanie), Saint-Gobain (54), HAROPA Port (Rouen, 76)

NOTRE MÉTIER

Concilier économie et écologie

Après étude de la situation, le produit est épandu directement sur le site selon une technologie d'application brevetée ®.

1. Sélectionner
sur mesure, pour chaque problématique, des micro-organismes sans danger et libres d'emploi

2. Cultiver et concentrer
associer les souches et les concentrer : 100 millions de colonies par gramme de produit

3. Fixer sur minéraux
adsorption sur des minéraux spécifiques qui favorisent la protection et le développement des colonies, mais aussi les cinétiques enzymatiques. Possibilité de privilégier telle ou telle activité métabolique.

4. Épandre et dégrader
dégrader in situ les produits organiques en excès et réfractaires, en milieu naturel, industriel ou urbain

Tout déchet d'origine organique (hydrocarbures, cyanures, vases, boues…) trouve sa contrepartie dans l'environnement : les micro-organismes (bactéries, algues, champignons…) capables de le dégrader. Mais nous produisons des molécules xénobiotiques, et bien plus que la nature ne peut en assimiler : d'où des pollutions accidentelles ou chroniques et des systèmes de traitement onéreux. **Toutes nos réalisations sont menées en étroite association avec des scientifiques d'horizons divers.**

Micro-organismes conformes à la directive européenne n° 2000/54/CE du 18/09/2000 et à l'E.F.B. (CR 12894:1997).

NOTRE MÉTIER

Domaines d'action

Milieu naturel marin et d'eau douce

Lacs, ports, rivières…

- Diminuer les hauteurs et quantités de vases, dépolluer in situ durablement
- Combattre les germes dangereux des eaux de baignade
- Supprimer les algues (eutrophisation) et les végétaux envahissants
- Traiter les pollutions accidentelles et chroniques
- Réduire la biodisponibilité des métaux lourds

Milieu urbain et industriel

Stations, réseaux, sites…

- Optimiser les rendements des stations d'épuration, réseaux séparatifs, lagunages, sans modification
- Dégrader les polluants réfractaires (hydrocarbures, PCB, HAP…) ; traiter les terres polluées
- Assainir les rejets d'élevage ; améliorer pisciculture et aquaculture
- Améliorer l'exploitation des décharges ; réduire les graisses en agro-alimentaire
- Assainir égouts et pluviales, fosses septiques ; réduire les odeurs

NOTRE MÉTIER

Produits industriels biodégradables avec nos procédés*

Liste non exhaustive

- Hydrocarbures aliphatiques (alcanes, alcènes, alcynes…), cycliques, aromatiques
- Huiles minérales, lubrifiants, produits pétroliers
- HAP (naphtalènes, phénanthrènes…), polymères phénoliques, phénols
- Détergents non ioniques, anioniques, cationiques
- Résidus riches en cellulose et lignine
- Composés organochlorés (pentachlorophénol…), pesticides
- Polychlorobiphényles (PCB)
- Cyanures et dérivés
- Composés organo-soufrés (H_2S) ; lutte contre les sulfato-réductrices
- Nitrification (assimilation de l'ammoniaque) et dénitrification
- Solvants polaires : éthanol, méthanol, butanol, isopropanol, cétones, glycol…
- Protéines, graisses et sucres (effluents laitiers, agro-alimentaire)

Dosage : selon le problème à traiter. Dose importante au démarrage pour l'acclimatation et le développement des micro-organismes, puis diminution progressive jusqu'à une faible dose d'entretien.

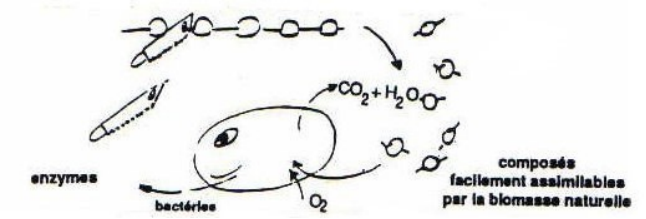
** Produits et applications réalisés exclusivement sur mesure, dans un cahier des charges et un cadre scientifique. Micro-organismes sans danger, libres d'emploi (directive 2000/54/CE et CR 12894:1997 de l'E.F.B.).*

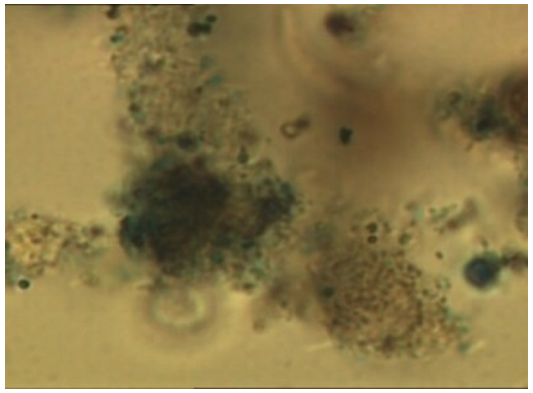
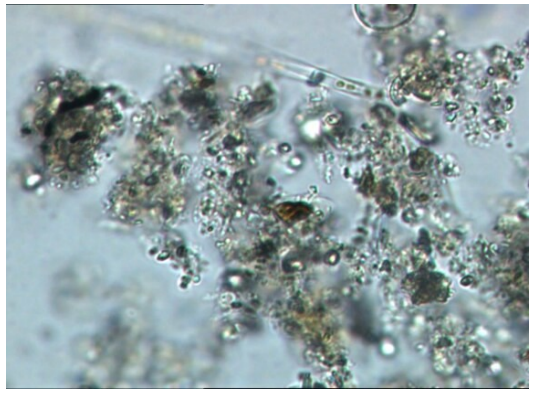
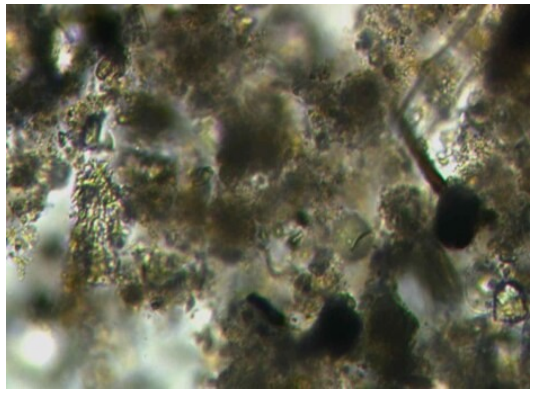
NOTRE MÉTIER

Exemples de produits finis





Supports minéraux ensemencés et vues microscopiques des colonies bactériennes.

Classe 1

Micro-organismes sans danger pour l'homme et l'environnement (European Federation of Biotechnology – CR 12894:1997).

Libres d'emploi sans en référer à l'autorité compétente (directive européenne 2000/54/CE du 18/09/2000).

NOTRE MÉTIER

Exemples d'épandages



Épandage par sacs



Épandage par hydroglisseur



Épandage par poudrage



Épandeur directionnel



Barge flottante



Barge flottante

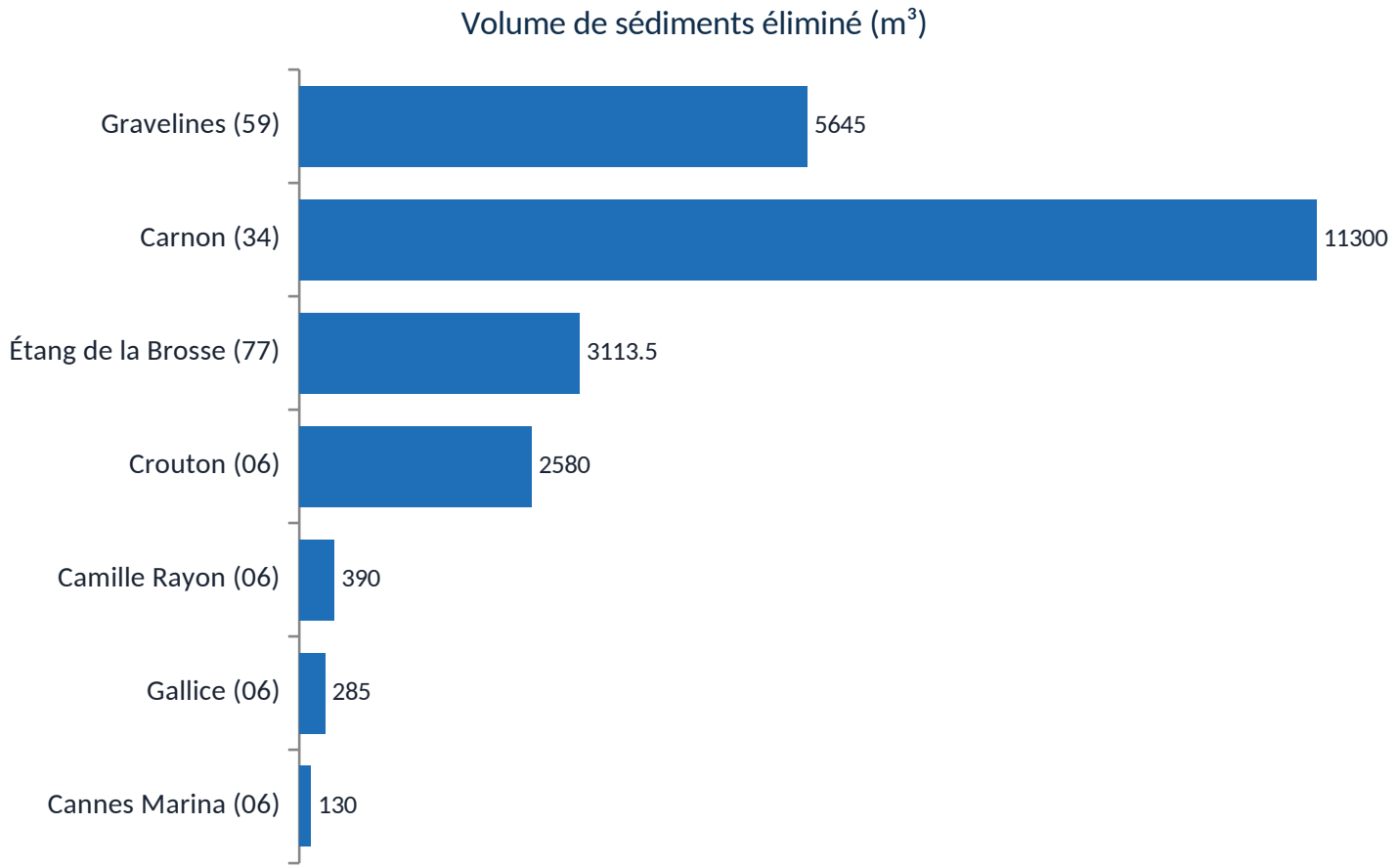


Poudrage des fossés de routes

SYNTHÈSE

Les résultats synthétisés : sédiments éliminés

Volume de sédiments éliminé par biotraitement, tel que mesuré ou estimé sur chaque site présenté



Somme calculée à partir des volumes indiqués pour chaque site. Carnon : estimation sur l'ensemble du bassin.

≈ 23 400 m³
de sédiments éliminés au total sur ces 7 sites

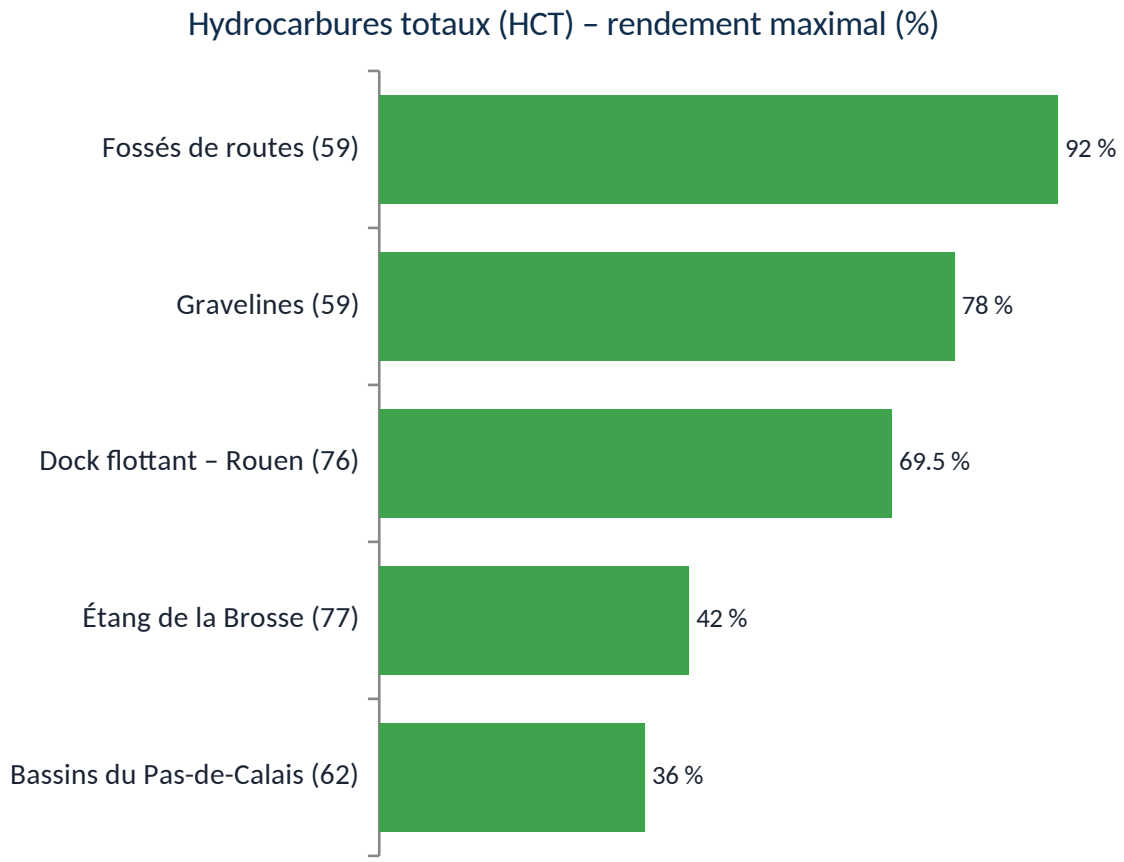
+ 39 cm
de hauteur d'eau gagnée en moyenne au port de Carnon en 10 mois

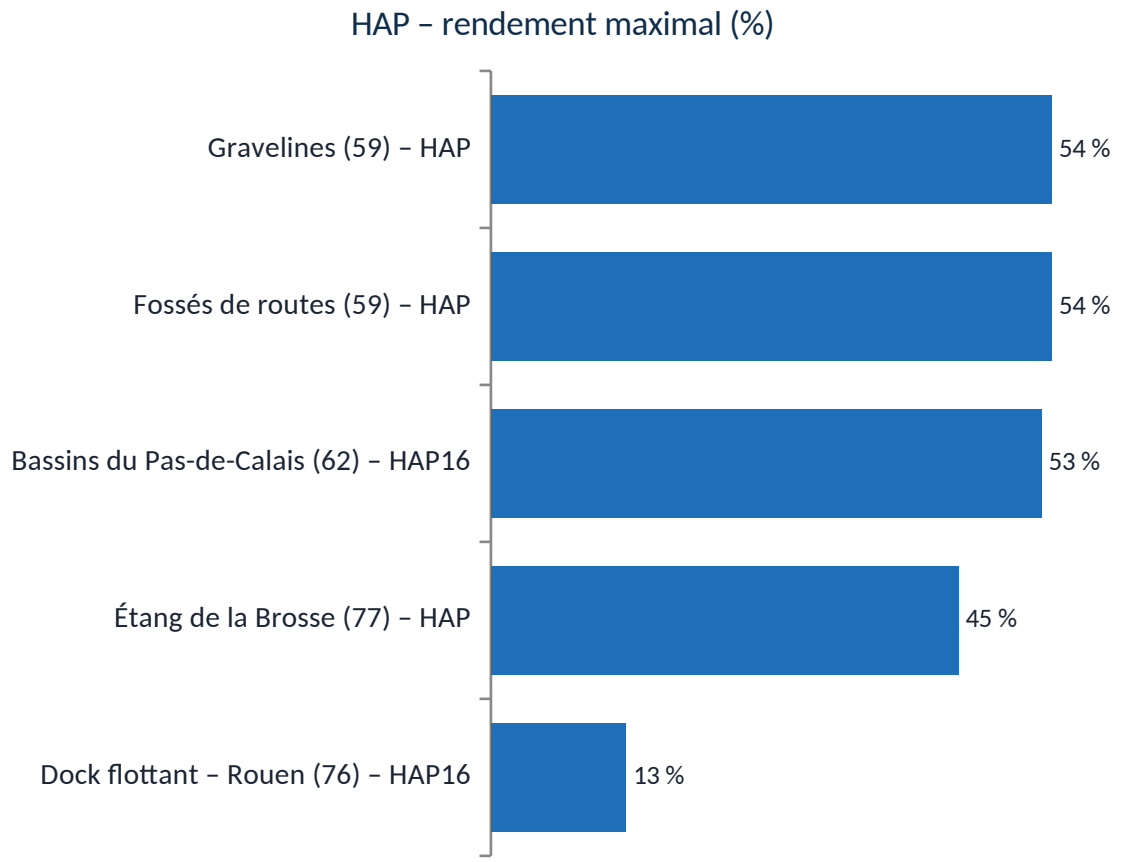
– 49 %
de hauteur de sédiments au port Gallice en 9 mois

SYNTHÈSE

Les résultats synthétisés : abattements des polluants

Meilleurs rendements relevés sur chaque site (hydrocarbures totaux et HAP)





Valeurs « jusqu'à » reprises des résultats de chaque site ; durées, matrices et méthodes de mesure différentes d'un site à l'autre. Rouen : 3 mois de traitement.

Ports et plans d'eau

Exemples d'applications et résultats



BIOSYNERGIE · biosynergiecontact@gmail.com · www.biosynergie.net

PORT · ANTIBES-JUAN-LES-PINS (06)

Port Gallice : baisse des hauteurs et des volumes de sédiments

Biotraitement sur 1 239 m² – 49 points de mesure, avant et 9 mois après traitement



Stations de suivi des sédiments et cages à moules

– 49,93 %
volume de sédiments (– 285 m³)

– 49 %
hauteur de sédiments (– 23 cm)

– 49 %
poids total (– 371 tonnes)

– 16,2 %
matières sèches (– 23 m³)

– 8,73 m³
matières organiques

Suivi assuré par le bureau d'études Copramex
Opération réalisée avec l'accord de la DDTM 06

PORT · ANTIBES-JUAN-LES-PINS (06)

Port Gallice : le fond avant et après traitement

Vues du fond par transparence – 9 mois de biotraitement



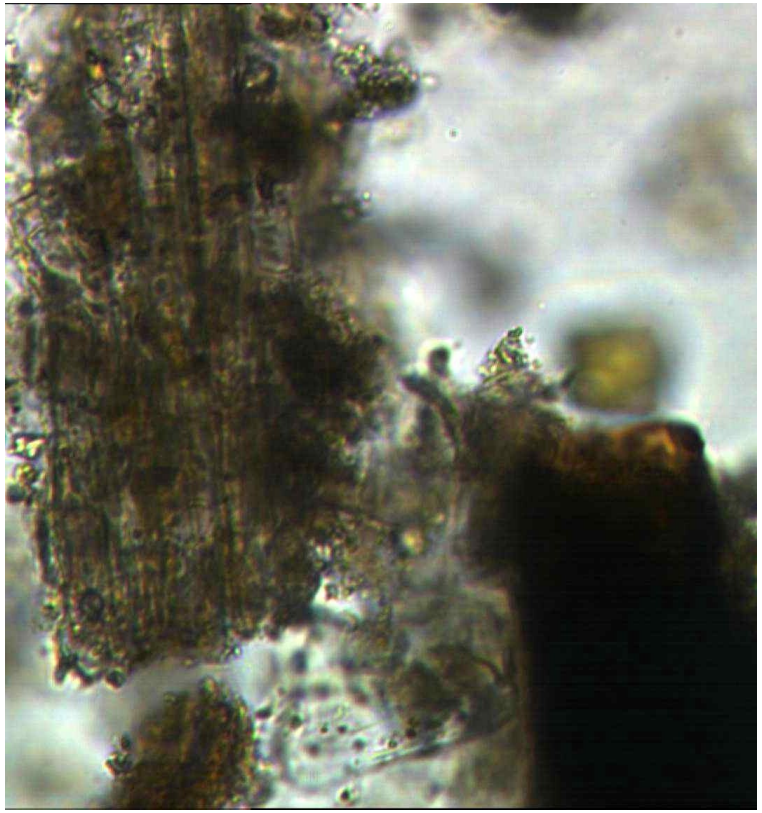
Talon béton recouvert par les sédiments



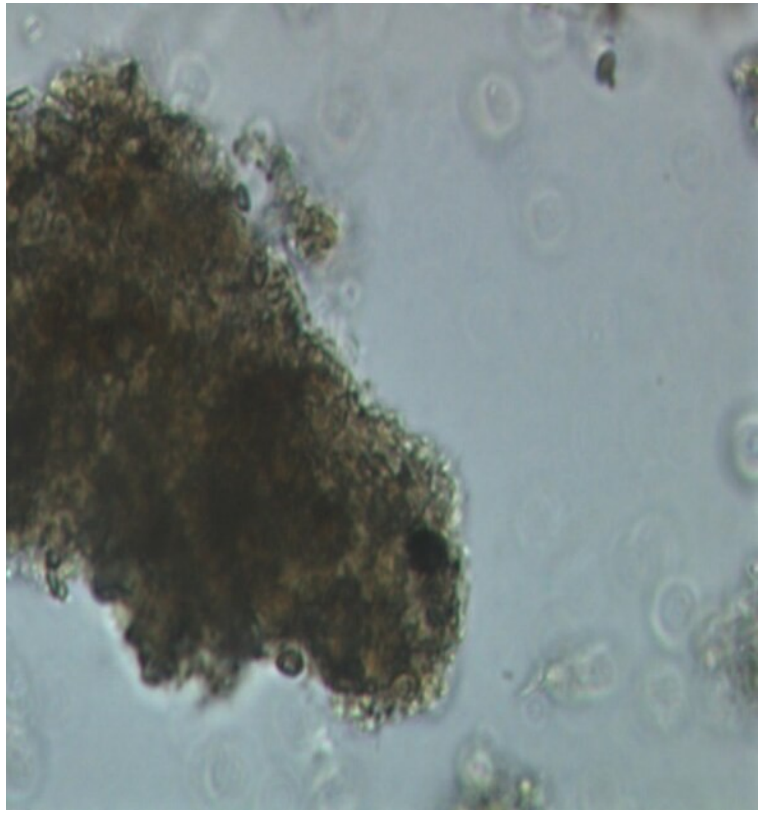
Talon béton découvert, câbles visibles sur le fond

Examen microscopique des sédiments après épandage (31/01/2017)

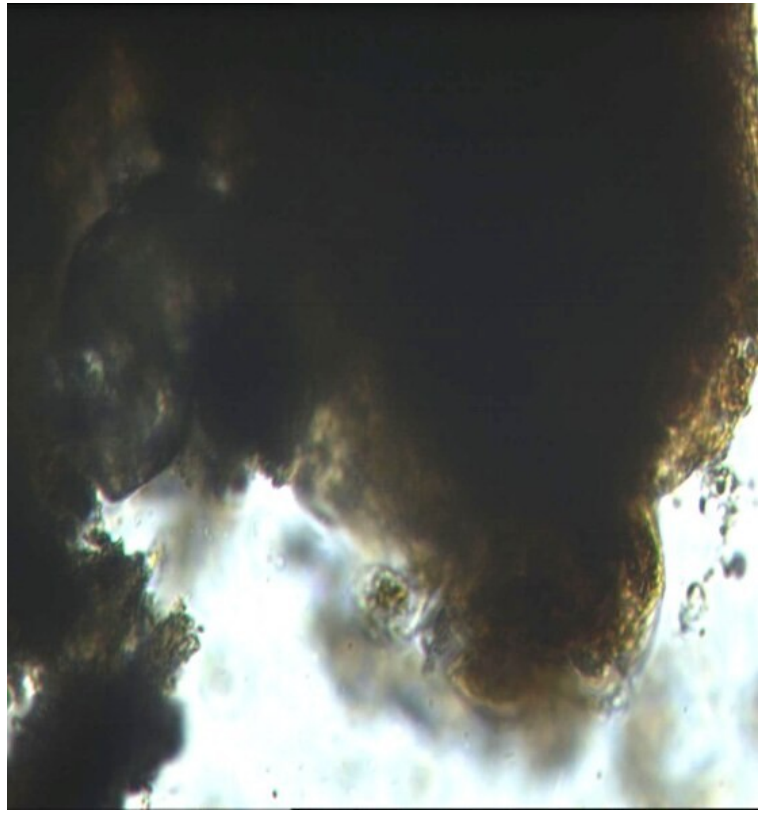
Christian Drakidès – ingénieur de recherche CNRS, Université Montpellier II, UMR HydroSciences



Débris végétaux avec bactéries (objectif × 20)



Floc bactérien dense (objectif × 40)



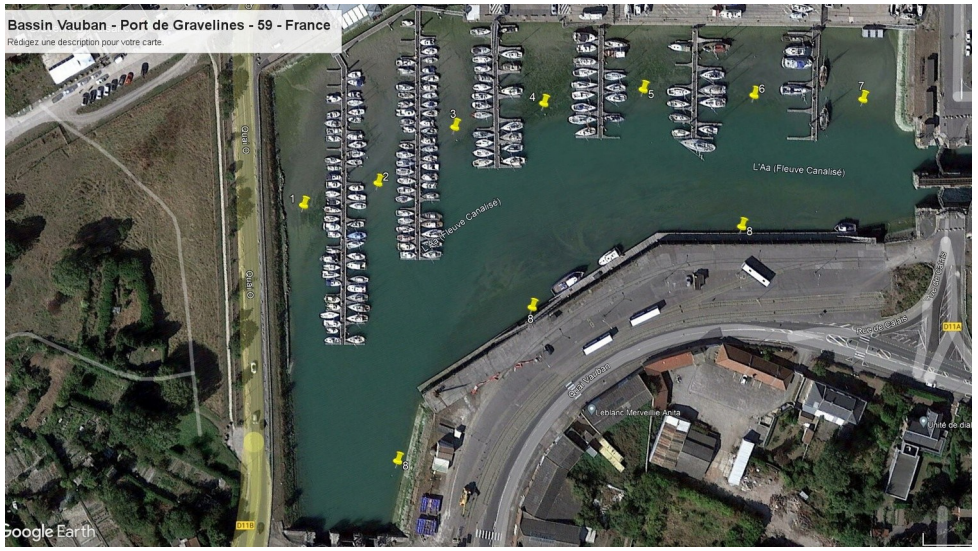
Support minéral ensemencé, colonies en périphérie (× 40)

PORT · MER DU NORD (59)

Port de Gravelines : biotraitement du bassin Vauban



Port maritime traversé par l'Aa, régulé par une écluse



- Port maritime en mer du Nord, 2 marées découvrantes par 24 heures
- Traversé par une rivière (l'Aa), régulée par une écluse
- Surface d'environ 3 hectares

19 tonnes
de produits finis conçus et fabriqués sur mesure

12 + 7 tonnes
épandues le 18/07/2022 et le 22/05/2023 (calpinage précis)

0,5 à 5 mm
granulométries 0,5-1 / 0,7-2 / 2-5

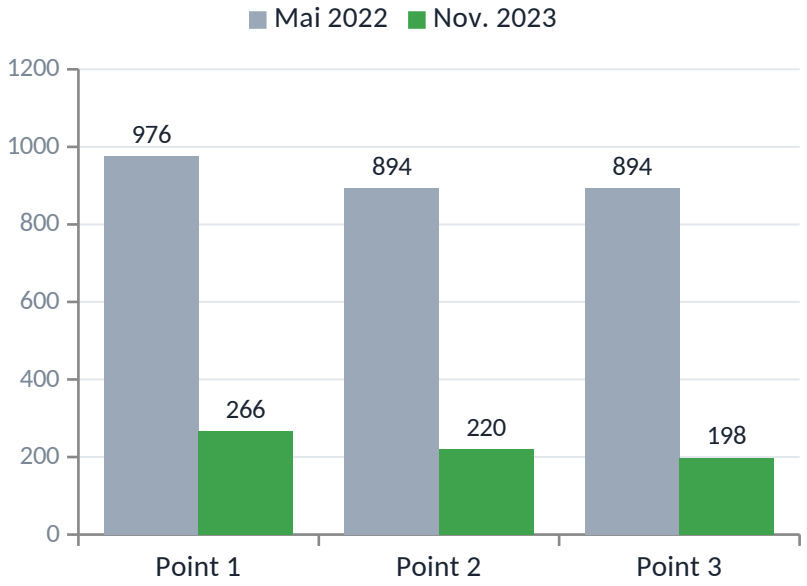
Opération réalisée avec l'accord de la DDTM 59

PORT · MER DU NORD (59)

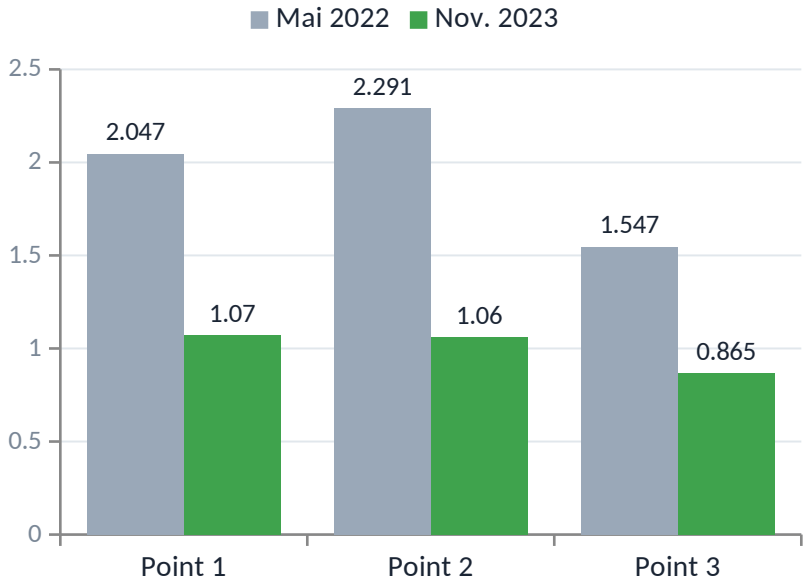
Gravelines : 16 mois de biotraitement, les abattements

Volume de sédiments 5 645 m³ (14 508 tonnes) – surface × hauteur impactée, MS moyenne 32,81 %, densité 2,57

HCT (mg/kg MS) – mai 2022 / nov. 2023



HAP (mg/kg MS) – mai 2022 / nov. 2023



1 852 m³
de MS dégradées, soit 4 760 tonnes

3,3 tonnes
d'hydrocarbures (HCT) en moins

4,57 kg
de HAP en moins

– 73 %
HCT point 1

– 75 %
HCT point 2

– 78 %
HCT point 3

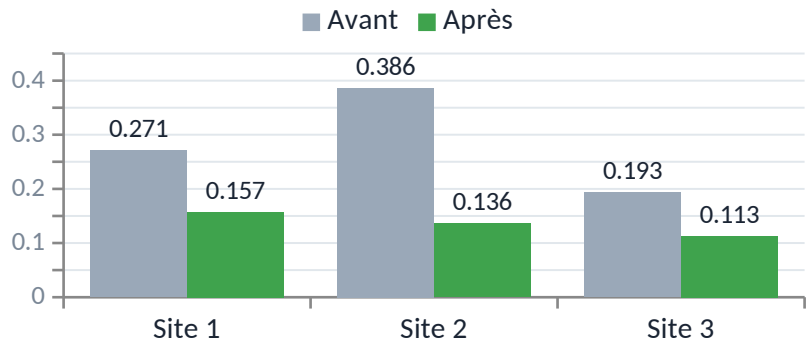
– 48 / – 54 / – 44 %
HAP points 1 / 2 / 3

Prélèvements et analyses : École des Mines de Douai – IMT (59). Poids rapportés au volume moyen de MS et à la densité.

Gravelines : baisse des concentrations de HAP (4, 5 et 6 cycles)

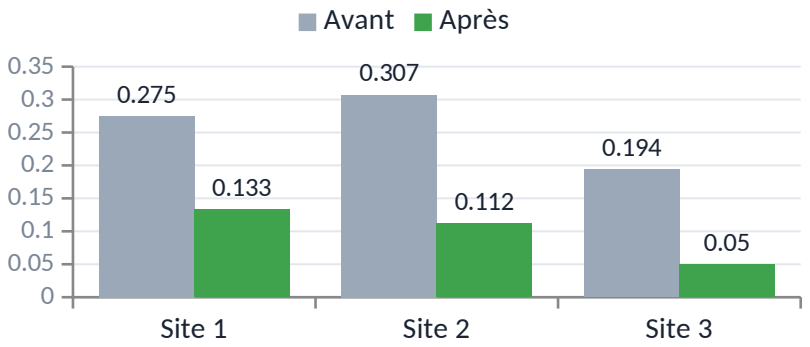
Concentrations en mg/kg MS sur 3 sites, avant et après 16 mois de biotraitement

Fluoranthène – 4 cycles



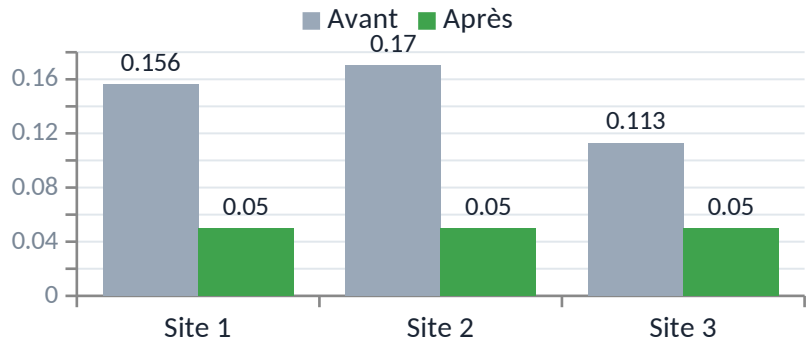
65 % rendement max. (sites 1/2/3 : 42 / 65 / 41 %)

Benzo(b)fluoranthène – 5 cycles



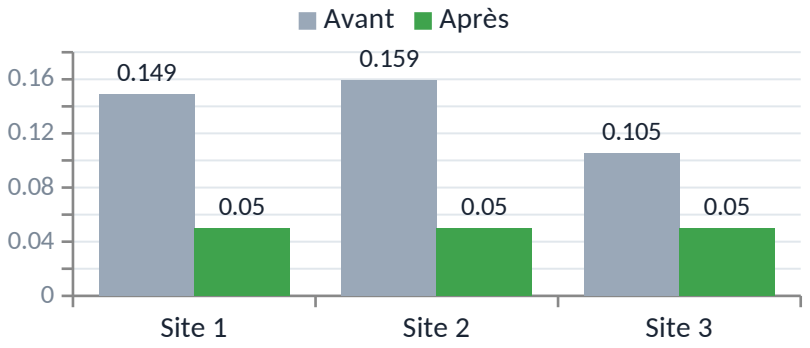
74 % rendement max. (sites 1/2/3 : 52 / 64 / 74 %)

Benzo(a)pyrène – 5 cycles



71 % rendement max. (sites 1/2/3 : 68 / 71 / 56 %)

Benzo(ghi)pérylène – 6 cycles



69 % rendement max. (sites 1/2/3 : 66 / 69 / 52 %)

Prélèvements et analyses : École des Mines de Douai – IMT (59).

Gravelines : baisse des hauteurs et des volumes sédimentaires

Relevés bathymétriques INGEO (Saint-Omer) – échosondeur multifaisceau R2SONIC 2024, norme OHI S44 ordre spécial

Tableaux :

Les tableaux ci-après montrent que les résultats obtenus en considérant individuellement les périodes entre les deux bathymétries de BATHY DRONE SOLUTIONS/INGEO ou en les globalisant diffèrent peu.

				INTERPRETATION EN BAISSE DE HAUTEUR DE SEDIMENT	
ETAT	DEBLAI (m3)	REMBLAI (m3)	VARIATION DE VOLUME (m3)	SURFACE DE REFERENCE (m2)*	VARIATION MOYENNE DE HAUTEUR DE SEDIMENT (m)
BDS - Etat 0 (Juillet 2022) / Etat 1 (Nov.2022)	-1809	1151	-658	29800	-0,0221
BDS - Etat 1 (Nov.2022) / Etat 2 (Mai 2023)	-4284	575	-3709	29800	-0,1245
INGEO (Mai 2023) / INGEO (Nov.2023)	-1197	1006	-191	33400	-0,0057
VARIATION TOTALE DE VOLUME (m3)			-4558		-0,1523

				INTERPRETATION EN BAISSE DE HAUTEUR DE SEDIMENT	
ETAT	DEBLAI (m3)	REMBLAI (m3)	VARIATION DE VOLUME (m3)	SURFACE DE REFERENCE (m2)*	VARIATION MOYENNE DE HAUTEUR DE SEDIMENT (m)
BDS - Etat 0 (Juillet 2022) / Etat 2 (Mai 2023)	-4593	452	-4141	29800	-0,1390
INGEO (Mai 2023) / INGEO (Nov.2023)	-1197	1006	-191	33400	-0,0057
VARIATION TOTALE DE VOLUME (m3)			-4332		-0,1447

**les différents rapports utilisés mentionnant des surfaces spécifiques propres à leurs études afin de traduire les résultats exprimés en volumes en hauteurs de sédiments.*

Analyser les effets du bio traitement impose nécessairement d'appréhender l'envasement naturel récurrent du Bassin Vauban. En effet, la baisse de hauteur de sédiments constatée après bio traitement est indissociable de la hauteur de sédiment qui se serait déposée sur une période de 16 mois entre la dernière et la première bathymétrie et qui a été gommée par le bio traitement.

L'ensablement du Bassin Vauban constituant une préoccupation majeure pour le maintien de ses activités, différentes études ont été réalisées. La dernière en date, en 2023, établie par le bureau d'études IDRA, a estimé cette sédimentation annuelle à 900 m^3 et sur la base d'une surface du Bassin estimée à 22 128 m^2.

L'envasement évité peut donc être estimé à 5,42 cm (900/22128/12*16) sur la base de l'étude du bureau d'étude IDRA.

L'effet du bio traitement sur la hauteur des sédiments, en référence au tableau précédent, se situe entre : - 15,23 cm + (- 5,42 cm) soit 20,65 cm
- 14,47 cm + (- 5,42 cm) soit 19,89 cm.

Il a évité l'envasement et réduit la hauteur des sédiments initialement en place lors du premier épandage, d'une hauteur moyenne de 20,27 cm (+/- 5645 m3)

– 5 645 m³
de sédiments entre mai 2022 et novembre 2023

20,27 cm
de hauteur moyenne de sédiments en moins

1 199 m³
d'envasement naturel évité sur la période, soit 5,42 cm

L'envasement annuel du bassin est estimé à environ 900 m^3 (étude IDRA) sur une surface de 22 128 m^2.

DÉPARTEMENT DU NORD (59)

Fossés de routes : biotraitement 2 × 30 ml (2016-2017)

États comparatifs 06/2016 – 09/2016 – 09/2017 – 2 épandages (06/2016 et 02/2017)







2 × 30 ml
de fossés traités (RD 644 et RD 204)

2 épandages
en juin 2016 et février 2017

RD 644 – PR9 (Cambrésis)

Efficacité caractérisée sur l'ensemble des paramètres (COT, HCT, HAP, PCB, BTEX), malgré des valeurs de départ très faibles et de possibles apports exogènes.

RD 204 – PR01 (Dunkerquois)

Efficacité principalement sur le COT et les HCT. Les sédiments non consolidés (0 à 36 cm, 11 cm en moyenne sur 32 points, juin 2016) ont disparu en septembre 2016 et octobre 2017. Disparition des mauvaises odeurs.

DÉPARTEMENT DU NORD (59)

Fossés de routes sur 15 km : rendements 2019-2021 (COT, HCT, HAP)

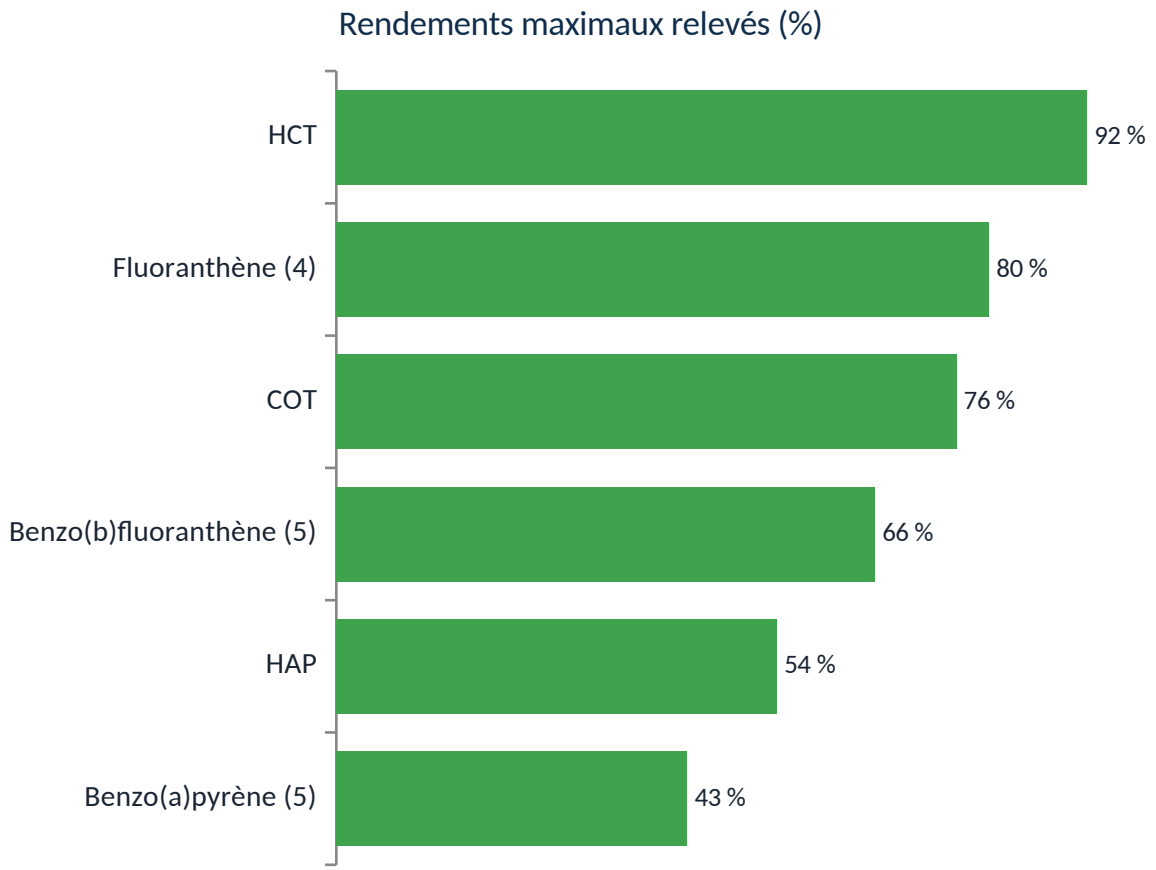
Taux abattement moyen	T0 à T1 (3,5 mois Printemps/Eté, 1 ensemencement, pluviométrie faible)			T1 à T2 (9 mois, Automne/Hiver, 1 ensemencement, pluviométrie forte)			T0 à T2 (12,5 mois)			T2 à T3 (10 mois, Automne/Hiver, pas d'ensemencement, pluviométrie moyenne)			T3 à T4 (6 mois, Printemps/Eté, 1 ensemencement, pluviométrie moyenne)			T2 à T4 (16 mois)			T0 à T4 (28,5 mois)		
	COT	HCT	HAP	COT	HCT	HAP	COT	HCT	HAP	COT	HCT	HAP	COT	HCT	HAP	COT	HCT	HAP	COT	HCT	HAP
RD 300-G	40%	69%					38%	54%				68%						56%			
RD 300-D				11%	49%	22%	1%	21%				41%	18%	27%							
RD 318-G		10%		27%	27%	2%		46%				80%	14%	34%							
RD 318-D	29%				18%		20%				17%	60%	40%	23%	32%		36%	72%	1%		
RD 52-G	14%	37%	35%	6%	9%		19%	53%					16%	41%	91%	37%				23%	27%
RD 52-D	4%			9%		7%	13%				18%		21%	9%	84%		25%				
RD 18-G		79%	11%	9%									49%	72%	95%				42%	61%	35%
RD 18-D	25%	55%				38%							58%	70%	21%				27%		
RD 79-G				70%	84%	56%	42%	58%	34%										42%		
RD 79-D	55%	76%	61%	37%	39%		72%	85%				73%	23%						27%	32%	
RD 168-G	66%	38%									7%	60%		9%		43%	15%		33%		
RD 168-D	66%	90%	79%				56%	71%	77%			13%	42%	49%			15%	5%	55%	75%	78%
RD 928-G		1%	30%						7%	3%	2%	54%						6%			12%
RD 928-D		15%			22%	36%		34%	14%		12%	6%									
RD 138-G	76%	92%	81%				50%	91%	64%			91%	83%	65%		55%			78%	85%	63%
RD 138-D	34%	39%	51%	20%	52%		47%	78%	33%			77%				24%		48%	35%		65%
	10/16	12/16	7/16	8/16	8/16	6/16	10/16	10/16	6/16	1/16	5/16	11/16	10/16	10/16'	5/16	4/16	4/16	5/16	9/16	5/16	6/16
	63%	75%	44%	50%	50%	38%	63%	63%	38%	6%	31%	69%	63%	63%	31%	25%	25%	31%	56%	31%	38%
	29	**60%**		**22**	**46%**		**26**	**54%**		**17**	**35%**		**25**	**52%**		**13**	**27%**		**20**	**42%**	

Fossés de routes sur 15 km : rendements 2019-2021 (HAP 4 et 5 cycles)

Taux abattement moyen	T0 à T1 (3,5 mois Printemps/Eté, 1 ensemencement, pluviométrie faible)			T1 à T2 (9 mois, Automne/Hiver, 1 ensemencement, pluviométrie forte)			T0 à T2 (12,5 mois)			T2 à T3 (10 mois, Automne/Hiver, pas d'ensemencement, pluviométrie moyenne)			T3 à T4 (6 mois, Printemps/Eté, 1 ensemencement, pluviométrie moyenne)			T2 à T4 (16 mois)			T0 à T4 (28,5 mois)		
	Benzo(a)	Benzo(b)	Fluoranthène	Benzo(a)	Benzo(b)	Fluoranthène	Benzo(a)	Benzo(b)	Fluoranthène	Benzo(a)	Benzo(b)	Fluoranthène	Benzo(a)	Benzo(b)	Fluoranthène	Benzo(a)	Benzo(b)	Fluoranthène	Benzo(a)	Benzo(b)	Fluoranthène
RD 300-G				53%	42%	50%	29%	14%	38%												
RD 300-D					11%	30%			30%	52%	45%	25%				36%	33%	14%			40%
RD 318-G						20%			7%	84%	84%	79%				13%	15%				
RD 318-D										62%	67%	59%		28%	40%	75%	77%	75%			
RD 52-G	32%	36%	23%				69%						91%	92%	90%		33%	45%	24%	26%	27%
RD 52-D					55%	9%							87%	88%	84%						
RD 18-G	18%	10%	29%										95%	95%	95%	89%	88%	89%	44%	29%	35%
RD 18-D				18%	25%	40%								24%	25%						
RD 79-G	53%				58%	51%	25%	39%	37%												
RD 79-D	63%	72%	69%				32%	51%	46%	31%	21%										
RD 168-G										54%	48%	65%									
RD 168-D	80%	80%	78%				75%	74%	78%	28%	34%	3%				23%	23%		81%	80%	77%
RD 928-G	43%	35%	22%				2%		10%	58%	66%	53%				20%	31%	13%	22%	11%	22%
RD 928-D			7%	43%	23%	18%			23%	9%	19%	9%									14%
RD 138-G	83%	82%	82%				57%	54%	70%	93%	94%	91%				8%	22%		60%	64%	69%
RD 138-D	48%	46%	48%				12%	13%	28%	80%	78%	80%				48%	48%	58%	55%	55%	70%
	8/16	7/16	8/16	3/16	6/16	7/16	8/16	6/16	10/16	10/16	10/16	9/16	3/16	5/16	5/16	8/16	9/16	6/16	6/16	6/16	8/16
	50%	44%	50%	19%	38%	44%	50%	38%	63%	63%	63%	56%	19%	31%	31%	50%	56%	38%	38%	38%	50%
	23	48%		16	33%		24	50%		29	60%		13	27%		23	48%		20	42%	

Fossés de routes sur 15 km : conclusions

Milieu ouvert, fortement impacté par des événements plurifactoriels non maîtrisés



- HCT jusqu'à 92 % (– 1,76 g, RD138 G T0/T1) ; COT jusqu'à 76 % (– 49 g, RD138 G T0/T1)
- Fluoranthène jusqu'à 80 % (– 6,37 mg) ; benzo(b)fluoranthène 66 % (– 11,78 mg) ; HAP 54 % (– 48,5 mg) ; benzo(a)pyrène 43 % (– 4,4 mg)
- Pour ces produits peu solubles qui s'accumulent sur place, l'hypothèse d'une dégradation est privilégiée, notamment pour les HAP à 4 cycles et plus (demi-vie jusqu'à 110 mois).
- **Résultat : 3 consortia à spectre large mis au point, ouvrant la voie à un traitement de fond à grande échelle.**



Pistes de travail : cohérence de l'évolution de certains paramètres et application pratique pour les services de voirie.

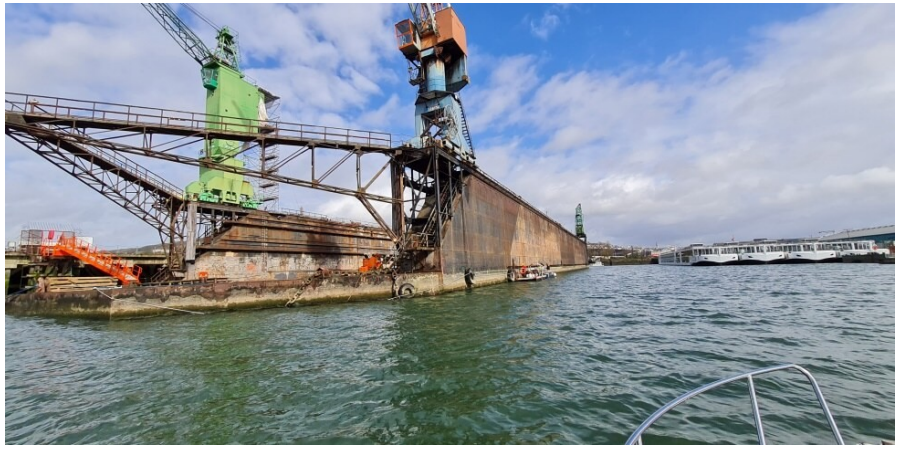
GRAND PORT FLUVIO-MARITIME · ROUEN (76)

Dock flottant – HAROPA Port : biotraitement des sédiments

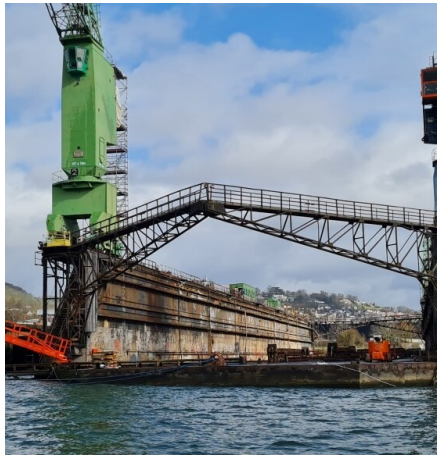
Zone de sédimentation autour et sous le dock flottant – Grand Port fluvio-maritime de l'Axe Seine



Points de prélèvement autour du dock flottant

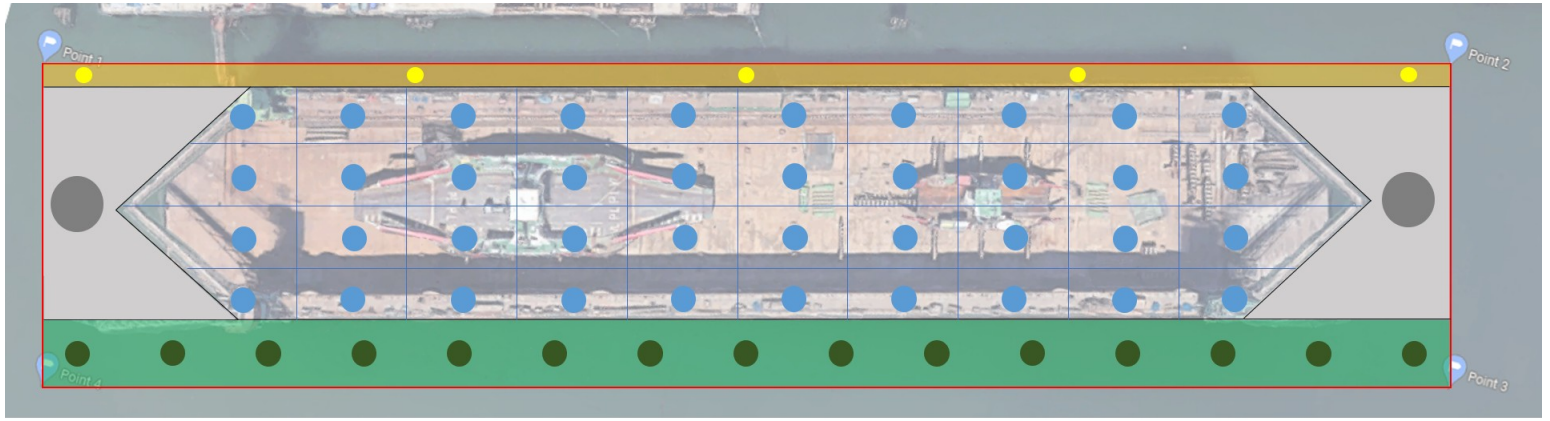






Opération réalisée avec l'accord de la DDTM 76

Dock flottant : schéma d'épandage et mise en œuvre



SOUS LE DOCK : 6.500 M² (180M X 36M)

40 SACS SOIT 1000 KG - 1 TOUS LES 162 M² ENVIRONS

/ + ÉPANDAGE + 2325 KG

LE LONG DU DOCK COTÉ LARGE : 3.200 M² (200 M X 16M)

15 SACS SOIT 375 KG SUR LA LONGUEUR POUR 213 M² ENVIRONS

/ + ÉPANDAGE + 825 KG

ENTRE LE QUAI ET LE DOCK : 1.000 M² (300 M X 5M)

5 SACS SOIT 125 KG SUR LA LONGUEUR – 1 SAC POUR 200 M² ENVIRONS

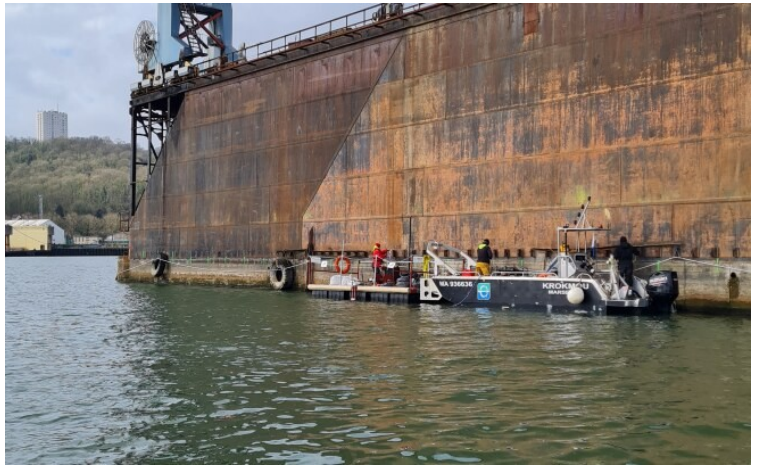
/ + ÉPANDAGE +250 KG)

EXTRÉMITÉS DU DOCK : 300 M² (150 M X 2 M)

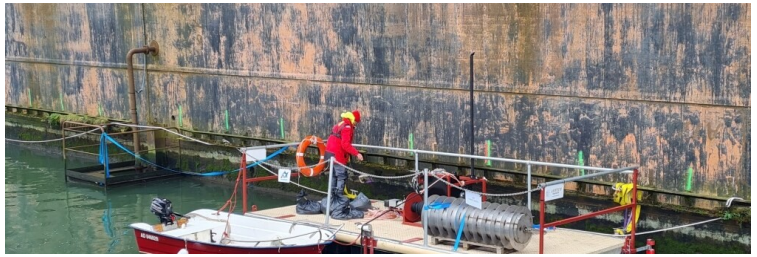
2 X 1 SAC SOIT 50 KG À LA POINTE POUR 150 M² ENVIRONS

/ + ÉPANDAGE + 50 KG

Schéma d'épandage

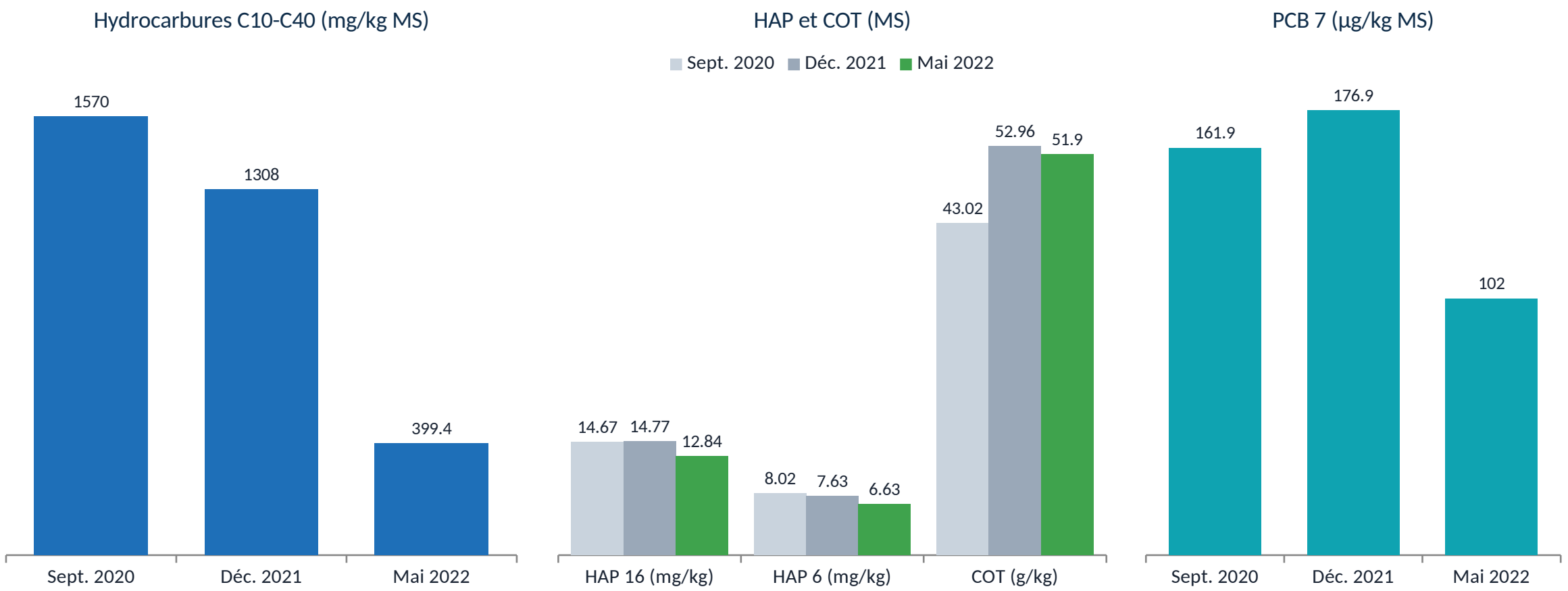






Dock flottant : évolution des polluants

Moyennes des points de prélèvement DB4 (0-1 m), DB5 (1-1,5 m) et VC1.1 (0-0,8 m)

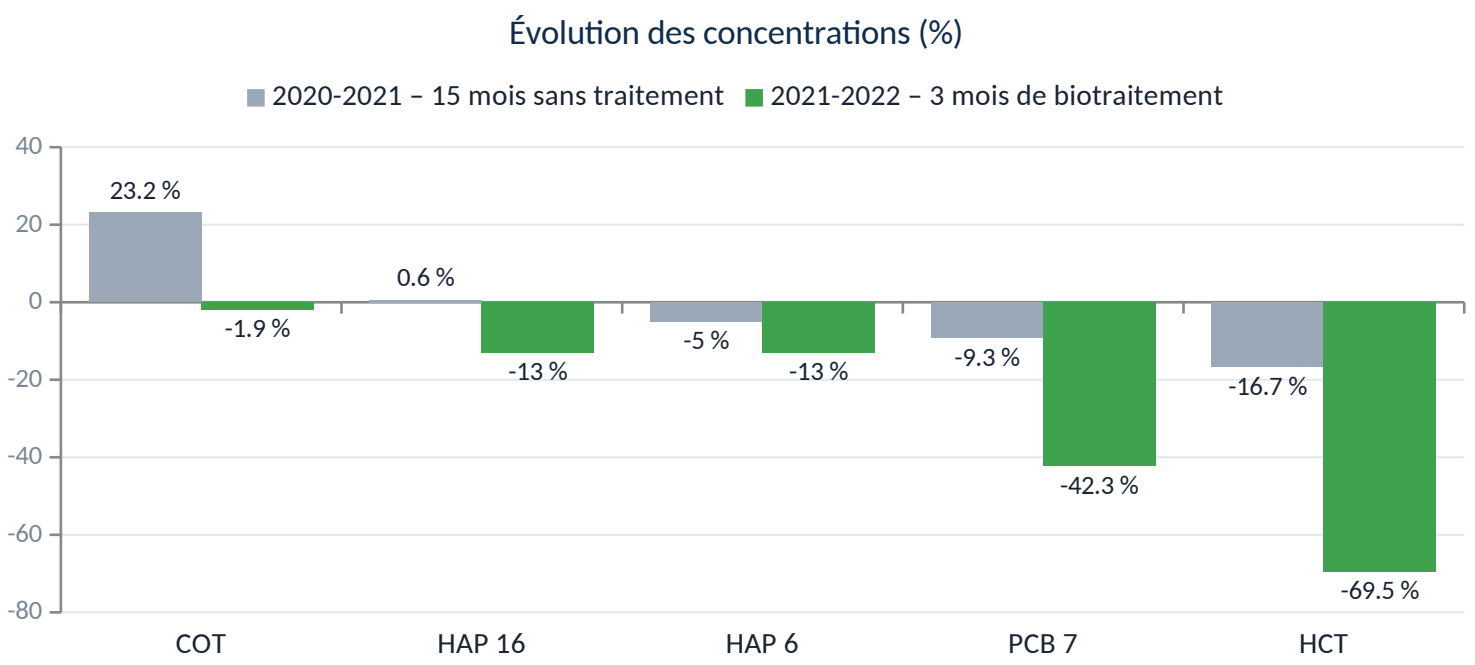


Biotraitement de 3 mois (février à mai 2022) : HCT – 69,5 % et PCB 7 – 42,3 % entre décembre 2021 et mai 2022.

GRAND PORT FLUVIO-MARITIME · ROUEN (76)

Dock flottant : rendements avant et pendant le biotraitement

Évolution sur la moyenne des points de prélèvement – une valeur négative traduit une baisse de concentration



	SEPTEMBRE 2020					DECEMBRE 2021						FIN MAI 2022					NORMES
	DB4	DB5	VC1	VC2	VC3	DB4	DB5	VC1	VC2	VC3		DB4	DB5	VC1	VC2	VC3	
MS %	36,9	35,4	42,9	40,5	38,1	36,8	30,6	42,4	34,5	30,6	EPANDAGE fin FEVRIER 2022	34,1	33,0	36,3	37,7	29,4	
H C10-C40 mg/kg/MS	1300	2500	850	1900	1300	2000	1300	1500	860	880		600	380	27	560	430	1000
COT BRUT g/kg/MS	60,2	63,8	22,9	36,5	31,7	54,2	54,2	48,1	53,9	54,4		50,3	53,5	52,9	50,9	52,1	60
HAP 16 mg/kg/MS	7,34	12,4	22,46	11,2	19,93	12,98	10,6	29,11	13,77	7,39		14,80	12,60	16,70	12,00	8,10	50
HAP 6 mg/kg/MS	3,95	7	12,9	5,89	10,38	6,76	5,75	14,2	7,38	4,05		7,55	6,66	8,54	6,04	4,40	10
PCB 7 µg/kg/MS	132	189	55,7	110	323	169	76	338	176	125,3		120,00	110,00	120,00	90,00	70,00	200

NON CONFORMES CONFORMES

– 69,5 %
d'hydrocarbures en 3 mois

– 42,3 %
de PCB 7 en 3 mois

Zones non traitée et traitée, déc. 2021 – mai 2022

Dock flottant : conclusions

Dégrader biologiquement, sur 1,1 hectare au sein d'un milieu naturel ouvert plus vaste :

- des composés peu à très difficilement biodégradables (HAP 6 et 16, PCB 7, HCT C20-C40)
- sur une courte période (3 mois), par températures froides (février)
- sous le dock flottant et à son pourtour (11 000 m²)
- sur des hauteurs de sédiments jusqu'à 1,50 m, à plus de 6 m de profondeur d'eau
- malgré des apports exogènes permanents liés à l'exploitation industrielle du site

Quantités totales biodégradées

5 667 kg
d'hydrocarbures (HCT)

8,85 kg
de HAP 16

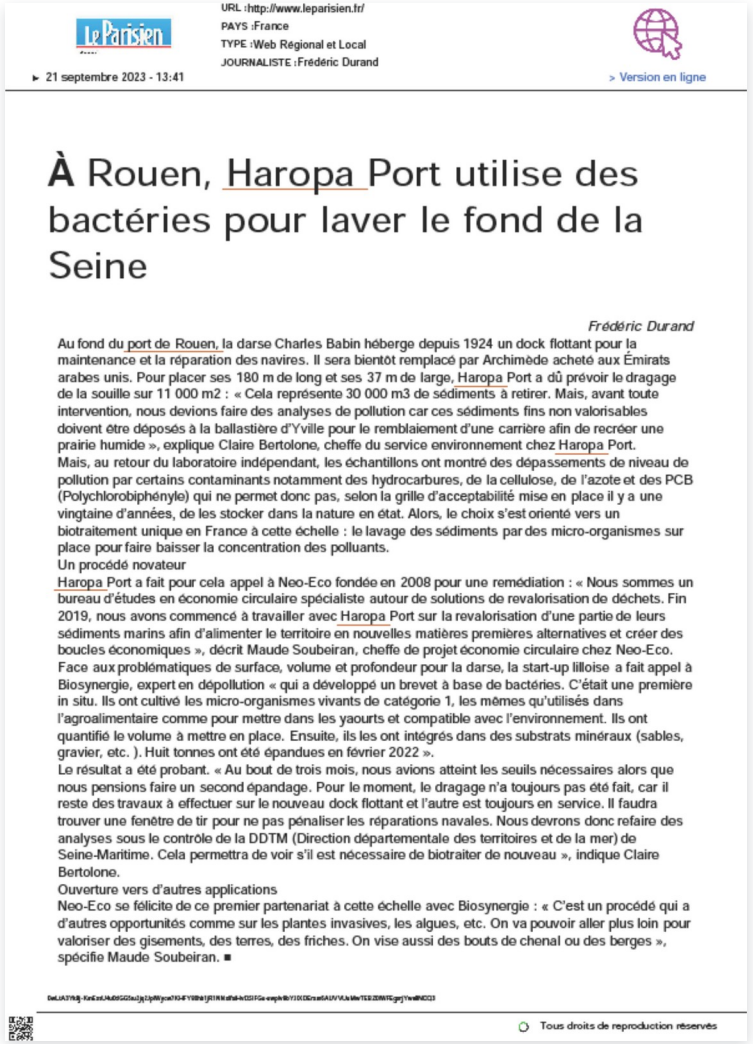
1,88 kg
de HAP 6

0,29 kg
de PCB 7

Prélèvements et analyses par les prestataires habituels d'HAROPA Port. Opération approuvée par la DDTM 76.

Quantités calculées sur surface × hauteur de sédiments × MS.

Dock flottant : l'opération dans la presse



Le Parisien

URL :http://www.leparisien.fr/
PAYS :France
TYPE :Web Régional et Local
JOURNALISTE :Frédéric Durand

► 21 septembre 2023 - 13:41

> Version en ligne

À Rouen, Haropa Port utilise des bactéries pour laver le fond de la Seine

Frédéric Durand

Au fond du port de Rouen, la darse Charles Babin héberge depuis 1924 un dock flottant pour la maintenance et la réparation des navires. Il sera bientôt remplacé par Archimède acheté aux Émirats arabes unis. Pour placer ses 180 m de long et ses 37 m de large, Haropa Port a dû prévoir le dragage de la souille sur 11 000 m2 : « Cela représente 30 000 m3 de sédiments à retirer. Mais, avant toute intervention, nous devions faire des analyses de pollution car ces sédiments fins non valorisables doivent être déposés à la ballastière d'Yville pour le remblaiement d'une carrière afin de recréer une prairie humide », explique Claire Bertolone, cheffe du service environnement chez Haropa Port.

Mais, au retour du laboratoire indépendant, les échantillons ont montré des dépassements de niveau de pollution par certains contaminants notamment des hydrocarbures, de la cellulose, de l'azote et des PCB (Polychlorobiphényle) qui ne permet donc pas, selon la grille d'acceptabilité mise en place il y a une vingtaine d'années, de les stocker dans la nature en état. Alors, le choix s'est orienté vers un biotraitement unique en France à cette échelle : le lavage des sédiments par des micro-organismes sur place pour faire baisser la concentration des polluants.

Un procédé novateur

Haropa Port a fait pour cela appel à Neo-Eco fondée en 2008 pour une remédiation : « Nous sommes un bureau d'études en économie circulaire spécialiste autour de solutions de revalorisation de déchets. Fin 2019, nous avons commencé à travailler avec Haropa Port sur la revalorisation d'une partie de leurs sédiments marins afin d'alimenter le territoire en nouvelles matières premières alternatives et créer des boucles économiques », décrit Maude Soubeiran, cheffe de projet économie circulaire chez Neo-Eco.

Face aux problématiques de surface, volume et profondeur pour la darse, la start-up lilloise a fait appel à Biosynergie, expert en dépollution « qui a développé un brevet à base de bactéries. C'était une première in situ. Ils ont cultivé les micro-organismes vivants de catégorie 1, les mêmes qu'utilisés dans l'agroalimentaire comme pour mettre dans les yaourts et compatible avec l'environnement. Ils ont quantifié le volume à mettre en place. Ensuite, ils les ont intégrés dans des substrats minéraux (sables, gravier, etc.). Huit tonnes ont été épandues en février 2022 ».

Le résultat a été probant. « Au bout de trois mois, nous avions atteint les seuils nécessaires alors que nous pensions faire un second épandage. Pour le moment, le dragage n'a toujours pas été fait, car il reste des travaux à effectuer sur le nouveau dock flottant et l'autre est toujours en service. Il faudra trouver une fenêtre de tir pour ne pas pénaliser les réparations navales. Nous devrons donc refaire des analyses sous le contrôle de la DDTM (Direction départementale des territoires et de la mer) de Seine-Maritime. Cela permettra de voir s'il est nécessaire de biotraiter de nouveau », indique Claire Bertolone.

Ouverture vers d'autres applications

Neo-Eco se félicite de ce premier partenariat à cette échelle avec Biosynergie : « C'est un procédé qui a d'autres opportunités comme sur les plantes invasives, les algues, etc. On va pouvoir aller plus loin pour valoriser des gisements, des terres, des friches. On vise aussi des bouts de chenal ou des berges », spécifie Maude Soubeiran. ■

Tous droits de reproduction réservés

BASSIN D'EAU PLUVIALE · MARNE ET GONDOIRE (77)

Étang de la Brosse : biotraitement d'un bassin de 2,7 hectares

Communauté d'agglomération Marne et Gondoire



Chronologie des interventions

Étapes	Bathymétries	Prélèvements
Appel d'offres (EGIS)	12/2018	12/2018
Point 0	10/01/2024 (COVADIS) · 22/02/2024 (INGEO)	17/01/2024 (IDRA)
Point 1	27/05/2024 (INGEO)	28/05/2024 (IDRA)
Point 2	27/09/2024 (INGEO)	30/09/2024 (IDRA)

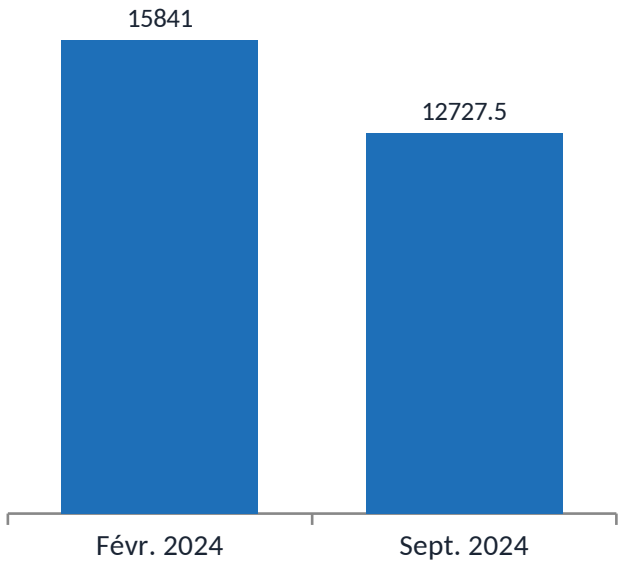
9 tonnes
épandues du 25 au 29/03/2024

11 tonnes
épandues du 10 au 14/06/2024

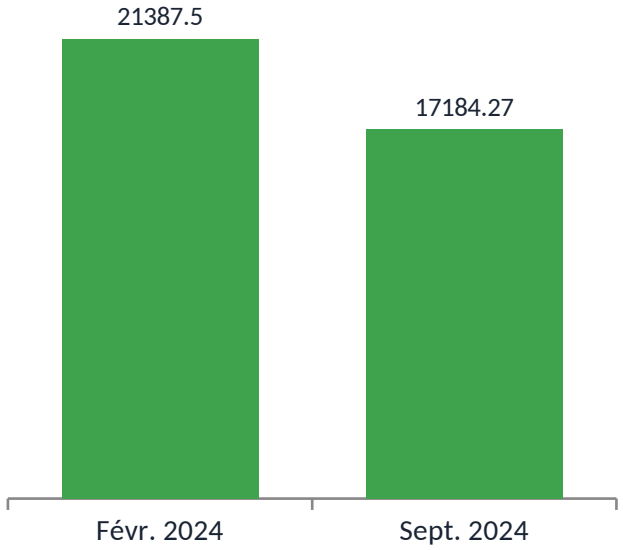
Étang de la Brosse : résultats

Cubatures INGEO – février à septembre 2024

Volume de sédiments (m³)



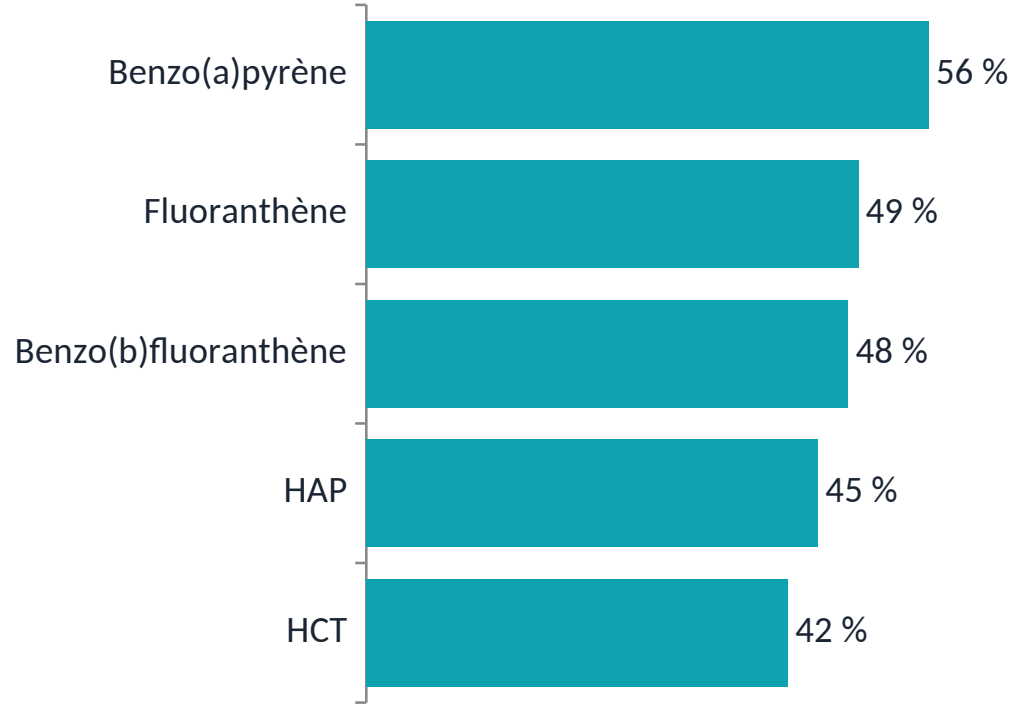
Poids des sédiments (tonnes)



– 3 113,5 m³
dont 912 m³ d'envasement naturel évité

– 4 203 tonnes
dont 1 231 tonnes d'envasement évité

Baisse des concentrations – maximum (%)



HCT – 980 mg (EM3, 05→09/2024) · HAP – 2,40 mg (EM1) · BaP – 0,13 mg, BbF – 0,17 mg (EM2, 01→09/2024) · fluoranthène – 0,54 mg (EM1)

Biotraitement de 3 bassins : Tatinghem, Bainchtun, Tilques







Tilques : localisation approximative des prélèvements

Épandages

Avr. 2023
Opération 1

Sept. 2023
Opération 2

Juin 2024
Opération 3

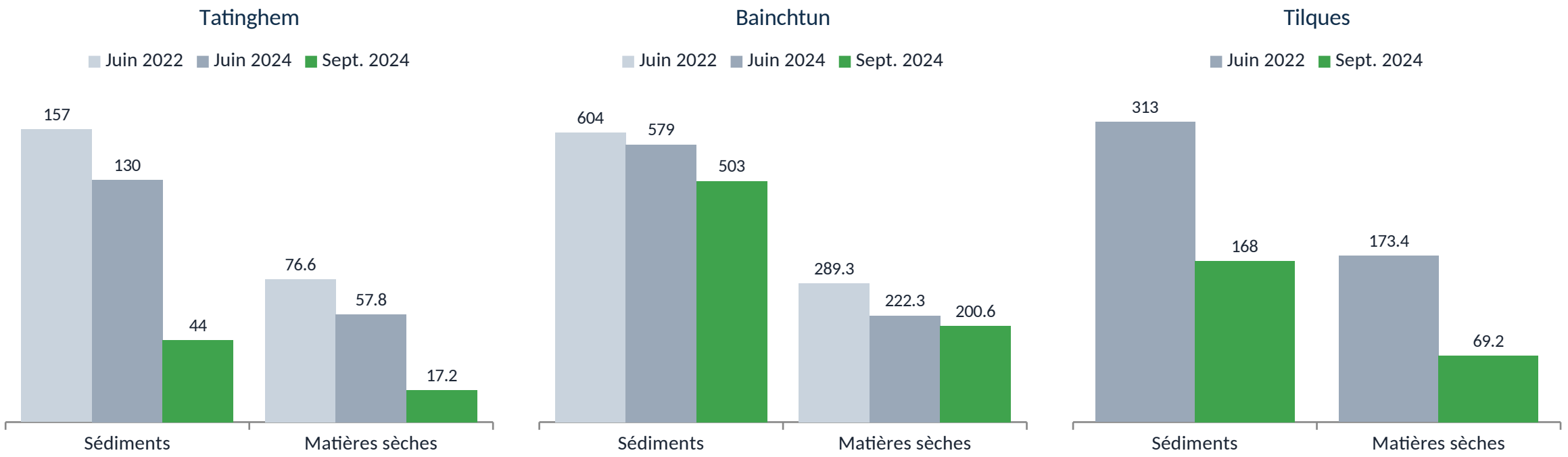
Chronologie des interventions

Étapes	Bathymétries	Prélèvements
Point 0	22/06/2022 (BPH)	23/06/2022
Point 1	05/06/2024 (INGEO)	05/04/2024
Point 2	08/10/2024 (INGEO)	26/09/2024*

*Prélèvements : EUROFINS. * Sauf Tilques.*

Bassins du Pas-de-Calais : baisse des volumes

Volumes de sédiments et de matières sèches (m³) avant et après traitement

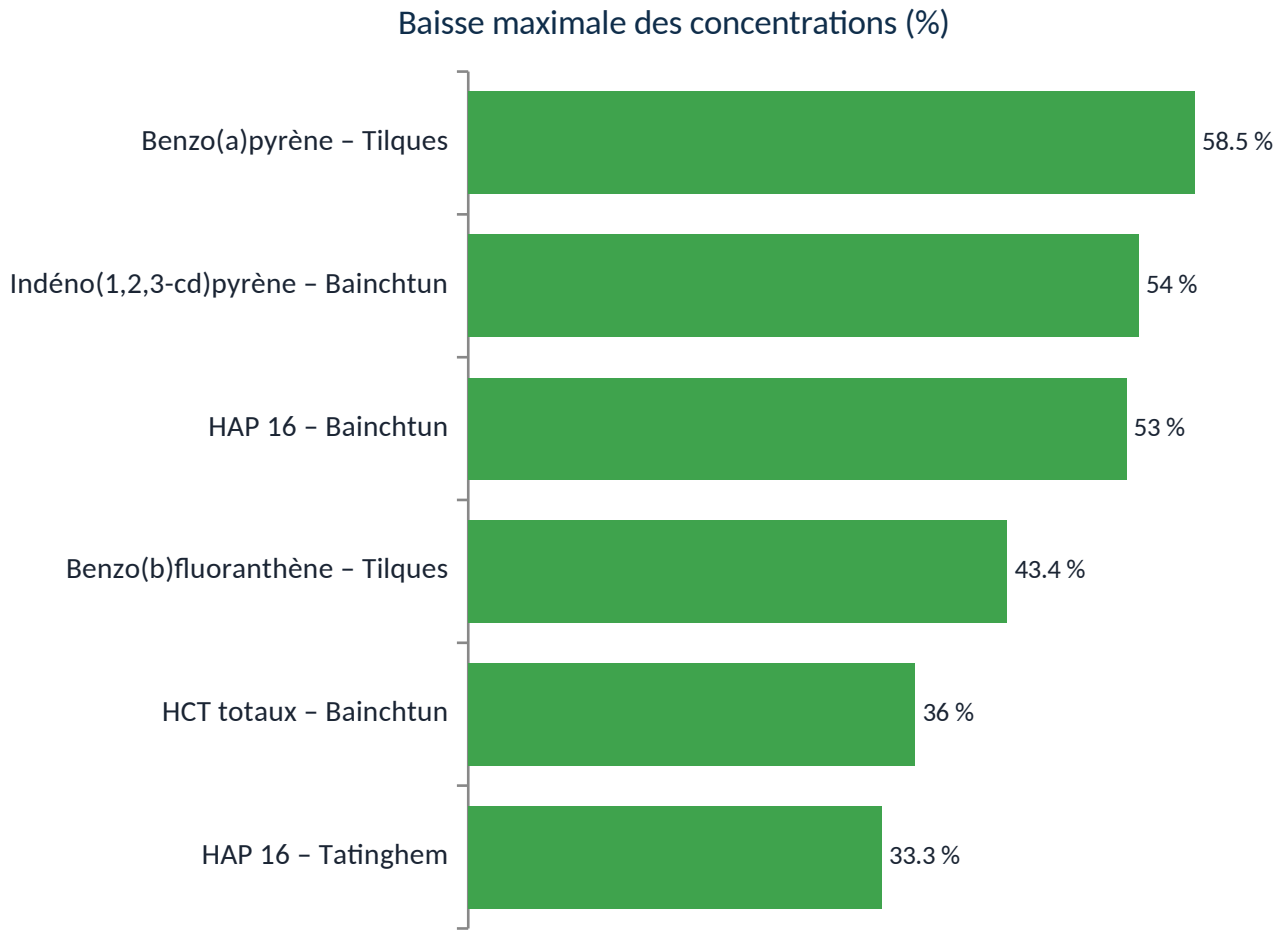


– 113 m³
de sédiments à Tatinghem (157 → 44)

– 101 m³
de sédiments à Bainchtun (604 → 503)

– 145 m³
de sédiments à Tilques (313 → 168)

Bassins du Pas-de-Calais : baisse des concentrations



– 564 mg
HCT totaux (légers et lourds), Bainchtun, 04→09/2024

– 3,8 mg
HAP 16, Bainchtun, 04→09/2024 (– 0,5 mg à Tatinghem)

– 0,31 mg
benzo(a)pyrène, Tilques, 01→04/2024

– 0,54 mg
indéno(1,2,3-cd)pyrène, Bainchtun, 04→09/2024

PORT · CARNON (34)

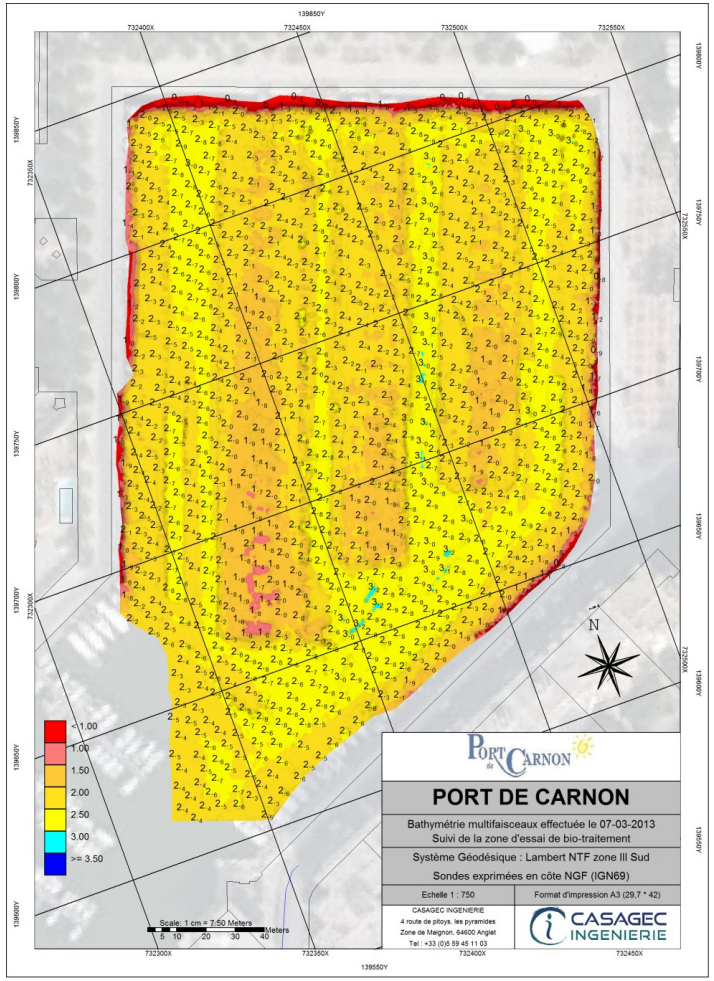
Port de Carnon : gain de hauteur d'eau, baisse des volumes

Biotraitement des sédiments marins d'une partie du port

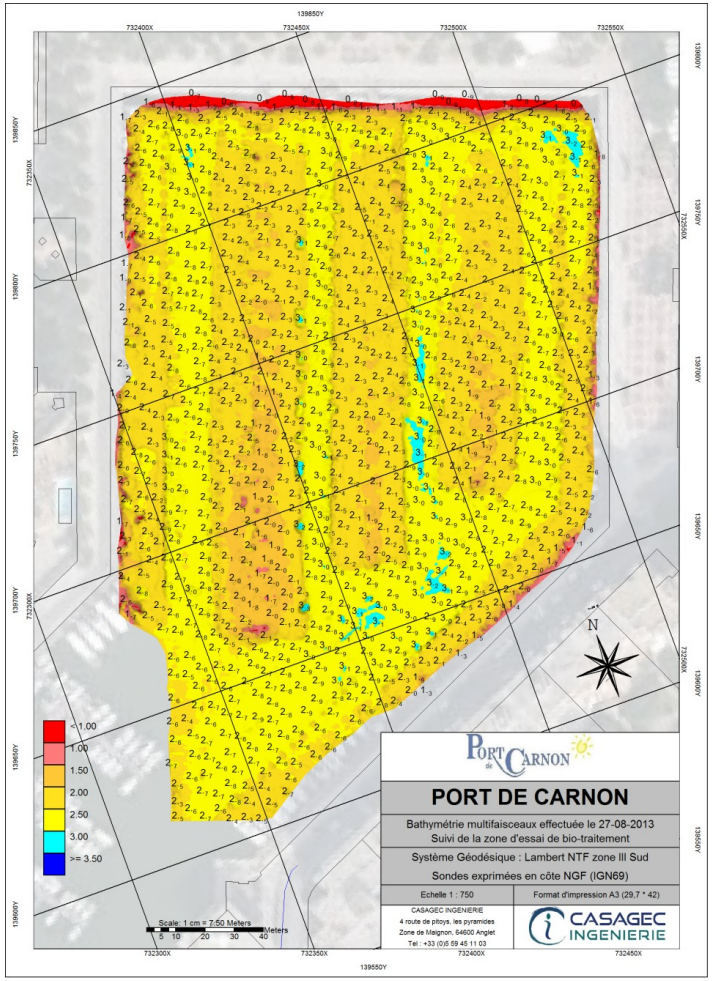




Port de Carnon : bathymétries avant et après 10 mois de biotraitement



Avant traitement (mars 2013)



Après 10 mois de biotraitement (janvier 2014)

PORT · CARNON (34)

Port de Carnon : conclusion

De bons, voire de très bons résultats d'après les bathymétries de mars 2013 et janvier 2014

+ 39 cm
de hauteur d'eau en moyenne (minima rares à 0, maxima à 0,60 m)

11 300 m³
de sédiments éliminés, estimés sur l'ensemble du bassin

3 à 3,50 m
de hauteur d'eau dans la zone préférentielle (pontons 2 et 3)

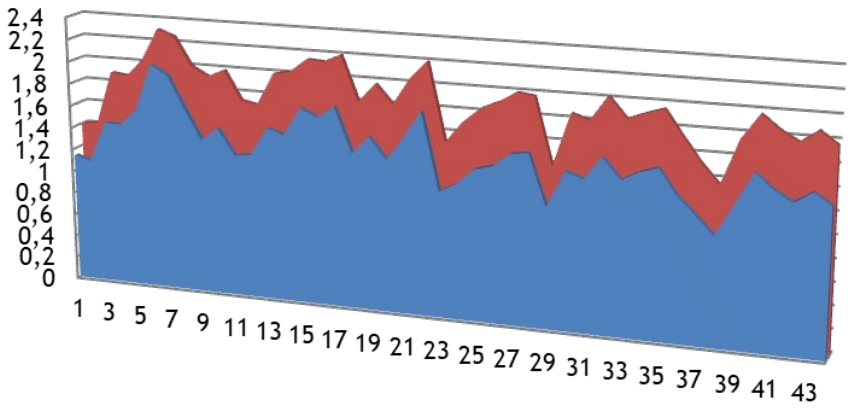
- Forte hydrologie tournante dans le bassin (entrée → fond → retour → sortie) : une zone préférentielle d'ensemencement a été retenue (pontons 2 et 3).
- S'ajoute la dégradation, non quantifiable, des apports liés à l'activité du port pendant 10 mois, dont 2 mois et demi de saison estivale.
- Disparition des mauvaises odeurs qui gênaient les riverains depuis plusieurs années.

PORT · ANTIBES-JUAN-LES-PINS (06)

Port du Crouton : gain de hauteur d'eau vérifié sur 44 points

Mesures réalisées par les employés du port – avant (septembre 2016) et après 6 mois de traitement (mars 2017)





Hauteurs d'eau sur 44 points : avant (bleu) et après traitement (rouge)

2 580 m³
de sédiments dégradés (6 000 m² × 0,43 m)

30 %
de matières sèches ; sédiments riches en posidonie

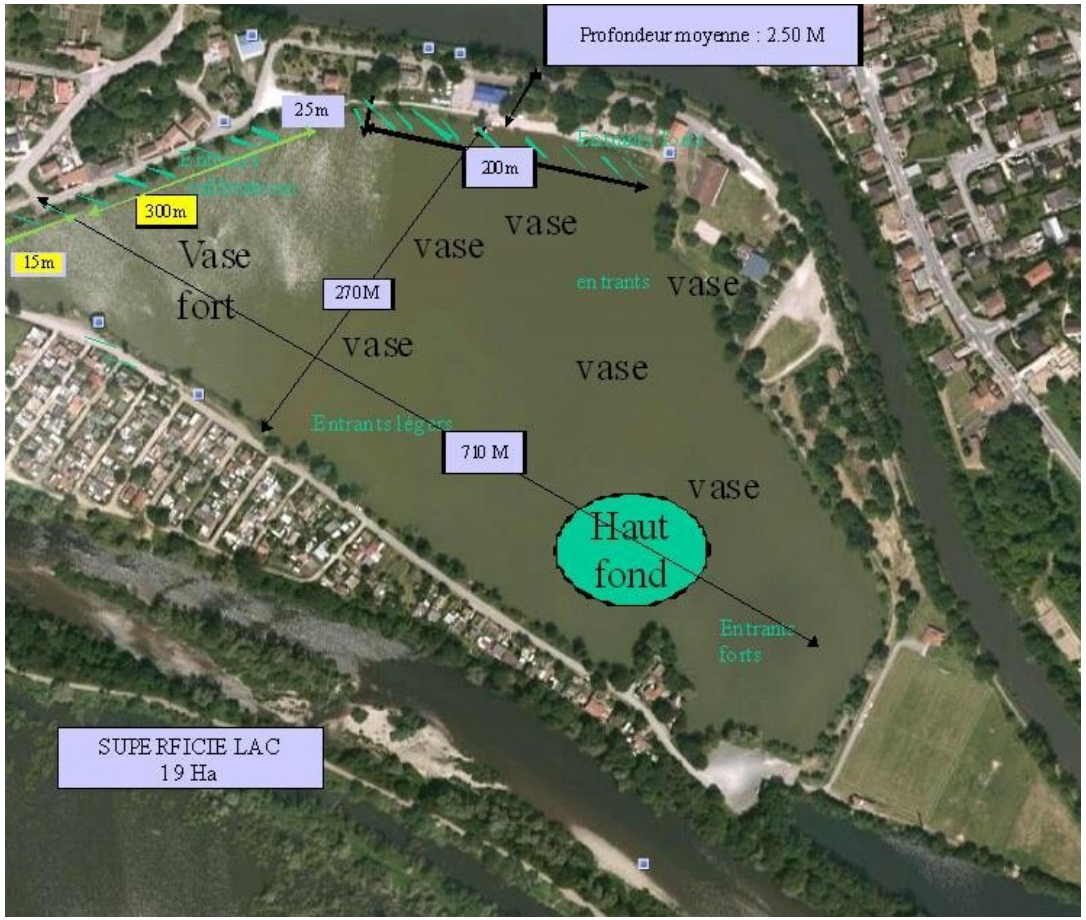
2,9 à 11,6 %
de COT selon les points

0 odeur
disparition des mauvaises odeurs (plaisanciers)

LAC · MESSEIN (54)

Lac de Messein : lutte contre l'eutrophisation

Traitement biologique des sédiments et de l'eau – baignade interdite par l'ARS (cyanobactéries)



État initial

- Lac de 19 hectares, nombreuses sources de pollution (infiltrations, pluviales, eaux domestiques)
- Bloom algal en été (chlorophycées, diatomophycées, cyanobactéries) : fermeture de la base nautique
- Sédiments au 30 avril 2009 : DCO 43 g O_2/kg MS, COT 460 g C/kg MS

Traitement partiel du lac

5 tonnes de complexe microbiologique (1 à 8 mm) épandues sur 1 hectare délimité – début mai 2009

Été 2009
réouverture de la base nautique dès la 1re année

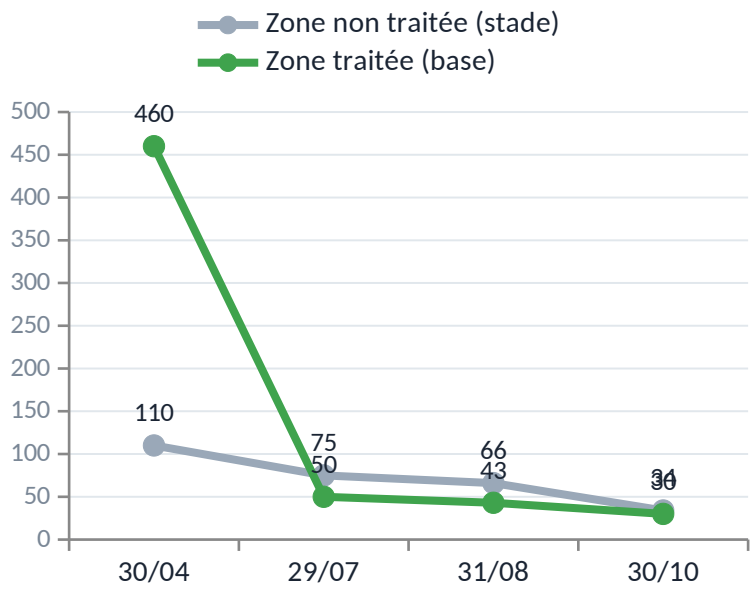
1 800 kg/an
traitement d'entretien 2010-2014 : ouverture permanente

LAC · MESSEIN (54)

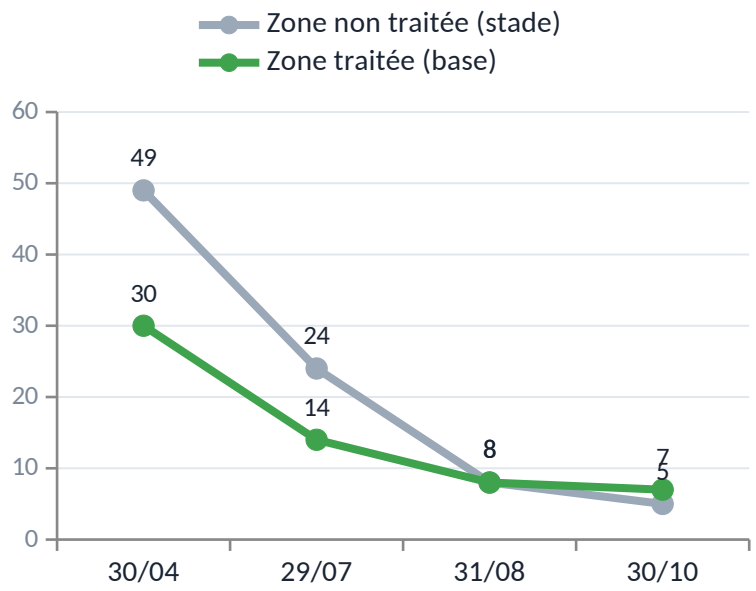
Lac de Messein : évolution de l'eau et des sédiments en 2009

Zone traitée (base nautique) comparée à une zone non traitée (stade)

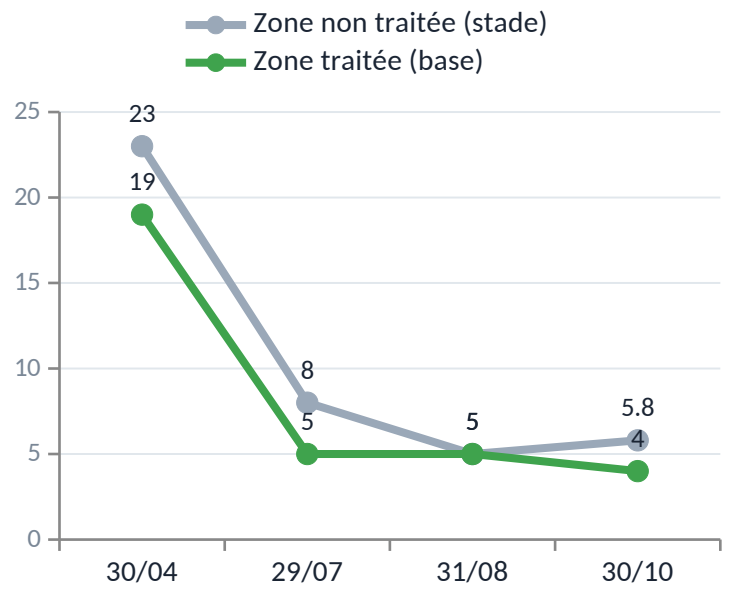
Sédiments – COT (g C/kg)



Eau – DCO (mg/l)



Eau – DBO5 (mg/l)



460 → 30
COT des sédiments en zone traitée (g C/kg), avril → octobre 2009

< 0,30 m → > 1,50 m
transparence de l'eau : avant traitement → 2013 (plongée possible)

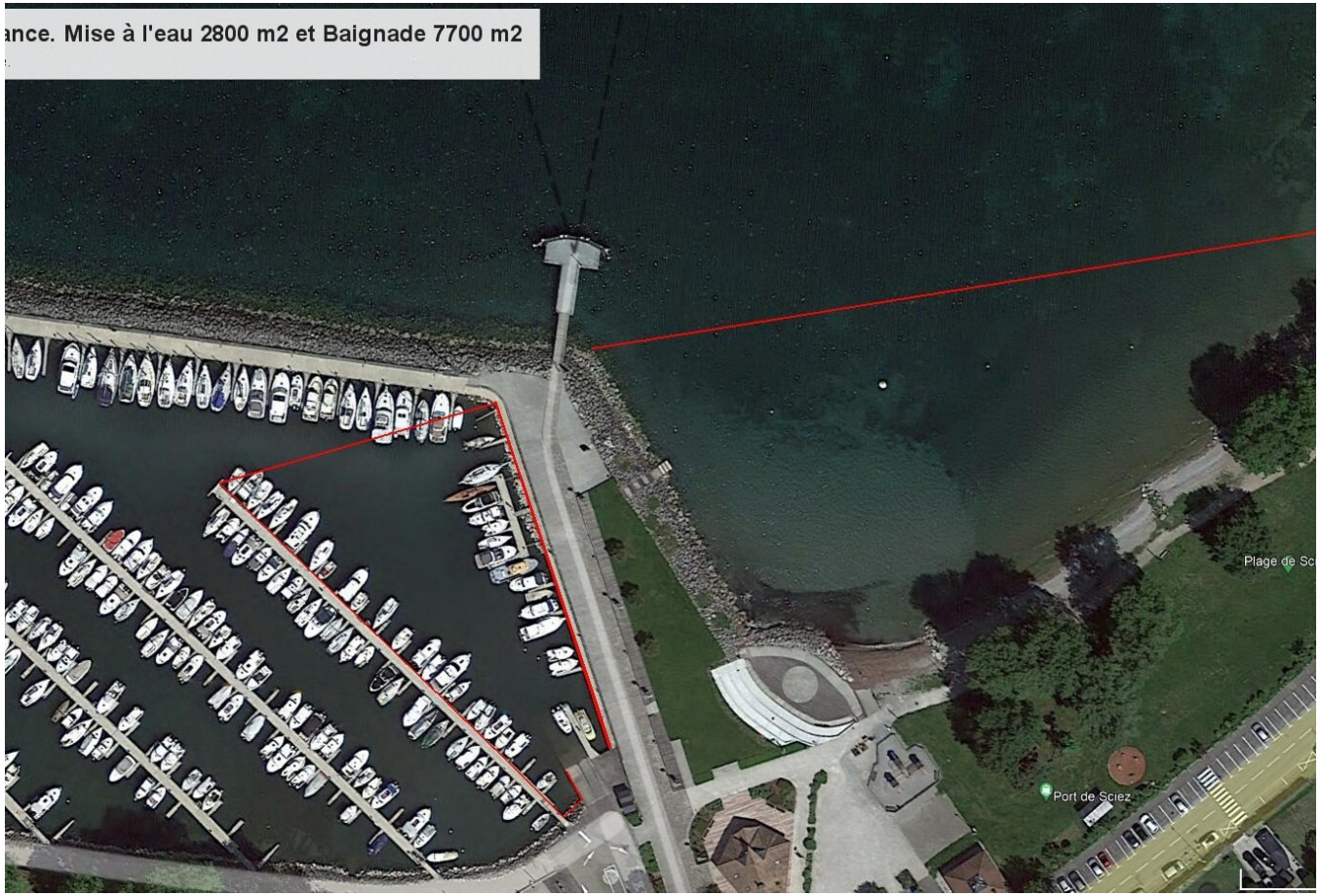
Fonds dégagés
déchets métalliques mis au jour et évacués grâce à la baisse des sédiments

Base de données des analyses du lac de Messein, 2009. La zone non traitée sert de référence.

PORT · SCIEZ, LAC LÉMAN (74)

Port de Sciez : zones de baignade et de mise à l'eau

Traitement biologique des sédiments et de l'eau – lutte contre l'eutrophisation



Zone et opération	Date
Baignade – épandage 1	12/09/2013
Baignade – épandage 2	fin avril / début mai
Mise à l'eau – épandage 1	12/09/2013
Mise à l'eau – épandage 2 et serfouissage 1	fin avril / début mai
Mise à l'eau – épandage 3 et serfouissage 2	début à mi-juin

Port de Sciez : rapports d'analyse IDAC

I D A C
BP 52703 - 44327 Nantes Cedex 3
Tél. 02 51 85 44 44 - Fax 02 51 85 44 50 www.idac.fr

Rapport d'analyse n° : D130700712
CAPITAINERIE DU PORT DE SCIEZ
650 Route du Port
74140 SCIEZ

Imprimé le : 30/07/2013 Date enregistrement 03/07/2013

Echantillon n° : SED004381 Référence client : Sédiments (SED_DIV)
Descriptif : ZONE DE BAIGNADE
(EDITION PARTIELLE)
Prélevé le : 26/06/2013

Analyses	Résultats / brut	/ sec (MS)	Unités	Spécifications	Types méthodes	Limite de Quantification
10 ETM (ar.9/08/2006 sédiment eau douce)				arrêté du 9 août 2006 (niveaux de référence S1)		
* Phosphore	< 0,37	< 0,50	g/kg P		ICP	
* Cuivre		< 3	mg/kg Cu	<= 100	ICP	3
* Zinc		20	mg/kg Zn	<= 300	ICP	10
* Cadmium		< 0,40	mg/kg Cd	<= 2.00	ICP	0.40
* Chrome		13	mg/kg Cr	<= 150	ICP	5
* Nickel		9	mg/kg Ni	<= 50	ICP	3
* Plomb		6	mg/kg Pb	<= 100	ICP	5
* Aluminium		< 1 000	mg/kg Al		ICP	1000
* Mercure		< 0,05	mg/kg Hg		spectro-fluoresatom.(minéral"eau régale	0.05
* Arsenic		2,10	mg/kg As	<= 30.00	ICP-MS	0.50
PCB et HPA (sédiments d'eau douce)				arrêté du 9 août 2006 (niveaux de référence S1)		
* Acénaphtène		< 25	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Acénaphtylène		< 25	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Anthracène		< 25	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Benzo (a) anthracène		54	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Benzo (3,4)(a) pyrène		47	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Benzo (3,4)(b) fluoranthène		61	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Benzo (1,12)(ghi) pérylène		< 63	µg/kg		GC/MS(/MS)	25
* Benzo (11,12)(k) fluoranthène		33	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Chrysène		80	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Dibenzo (ah) anthracène		< 63	µg/kg		GC/MS(/MS)	25
* Fluoranthène		111	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Fluorène		< 25	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Indéno (1,2,3-cd) pyrène		< 63	µg/kg		GC/MS(/MS)	25
* Méthyl (2) fluoranthène		< 25	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Méthyl (2) naphtalène		< 25	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Naphtalène		< 125	µg/kg		GC/MS(/MS)	50

L'accréditation de la Section Essais de COFRAC atteste de la compétence de l'IDAC pour les seuls essais couverts par l'accréditation précédés par un (*). Ces résultats d'analyse ne concernent que les produits soumis à analyse. Ce document comporte 11 page(s).

Page 8 / 11

I D A C
BP 52703 - 44327 Nantes Cedex 3
Tél. 02 51 85 44 44 - Fax 02 51 85 44 50 www.idac.fr

Rapport d'analyse n° : D130700712
CAPITAINERIE DU PORT DE SCIEZ
650 Route du Port
74140 SCIEZ

Imprimé le : 30/07/2013 Date enregistrement 03/07/2013

Echantillon n° : SED004382 Référence client : Sédiments (SED_DIV)
Descriptif : MISE A L'EAU PORT
(EDITION PARTIELLE)
Prélevé le : 26/06/2013

Analyses	Résultats / brut	/ sec (MS)	Unités	Spécifications	Types méthodes	Limite de Quantification
10 ETM (ar.9/08/2006 sédiment eau douce)				arrêté du 9 août 2006 (niveaux de référence S1)		
* Phosphore	0,30	0,62	g/kg P		ICP	
* Cuivre		69	mg/kg Cu	<= 100	ICP	3
* Zinc		122	mg/kg Zn	<= 300	ICP	10
* Cadmium		< 0,40	mg/kg Cd	<= 2.00	ICP	0.40
* Chrome		22	mg/kg Cr	<= 150	ICP	5
* Nickel		20	mg/kg Ni	<= 50	ICP	3
* Plomb		32	mg/kg Pb	<= 100	ICP	5
* Aluminium		8 729	mg/kg Al		ICP	1000
* Mercure		0,13	mg/kg Hg		spectro-fluoresatom.(minéral"eau régale	0.05
* Arsenic		4,31	mg/kg As	<= 30.00	ICP-MS	0.50
PCB et HPA (sédiments d'eau douce)				arrêté du 9 août 2006 (niveaux de référence S1)		
* Acénaphtène		57	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Acénaphtylène		171	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Anthracène		307	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Benzo (a) anthracène		1 443	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Benzo (3,4)(a) pyrène		1 415	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Benzo (3,4)(b) fluoranthène		1 457	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Benzo (1,12)(ghi) pérylène		1 003	µg/kg		GC/MS(/MS)	25
* Benzo (11,12)(k) fluoranthène		759	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Chrysène		1 786	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Dibenzo (ah) anthracène		327	µg/kg		GC/MS(/MS)	25
* Fluoranthène		3 112	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Fluorène		138	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Indéno (1,2,3-cd) pyrène		1 194	µg/kg		GC/MS(/MS)	25
* Méthyl (2) fluoranthène		149	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Méthyl (2) naphtalène		48	µg/kg		GC/MS(/MS)	10
* Naphtalène		< 125	µg/kg		GC/MS(/MS)	50

L'accréditation de la Section Essais de COFRAC atteste de la compétence de l'IDAC pour les seuls essais couverts par l'accréditation précédés par un (*). Ces résultats d'analyse ne concernent que les produits soumis à analyse. Ce document comporte 11 page(s).

Page 10 / 11

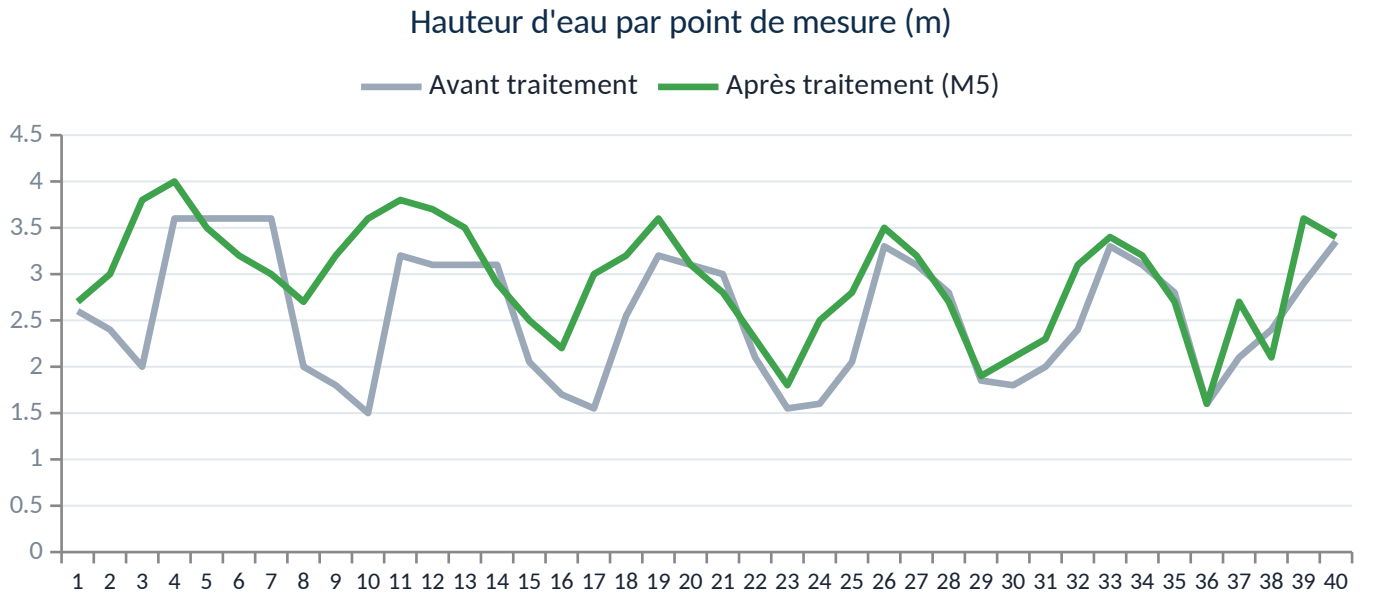
PORT · CAMILLE RAYON (06)

Port Camille Rayon : gain de hauteur d'eau

Bathymétrie réalisée par le port – avant et après traitement (M5)



		25	21	17	14	11	7	4	0
AVANT	0	-2,60	-2,00	-2,05	-2,10	-1,85	-1,60	-1,45	-1,00
	7	-2,40	-1,80	-1,70	-1,55	-1,80	-2,10	-1,80	-1,50
	14	-2,00	-1,50	-1,55	-1,60	-2,00	-2,40	-2,10	-2,20
	21	-3,60	-3,20	-2,55	-2,05	-2,40	-2,90	-3,05	-3,20
	28	-3,60	-3,10	-3,20	-3,30	-3,30	-3,35	-3,20	-3,10
	35	-3,60	-3,10	-3,10	-3,10	-3,10	-3,15	-3,00	-2,80
	42	-3,60	-3,10	-3,00	-2,80	-2,80	-2,85	-2,60	-2,45
APRES		25	21	17	14	11	7	4	0
	0	-2,70	-2,70	-2,50	-2,30	-1,90	-1,60	-1,65	-1,70
	7	-3,00	-3,20	-2,20	-1,80	-2,10	-2,70	-2,80	-3,10
	14	-3,80	-3,60	-3,00	-2,50	-2,30	-2,10	-2,80	-3,40
	21	-4,00	-3,80	-3,20	-2,80	-3,10	-3,60	-3,50	-3,50
	28	-3,50	-3,70	-3,60	-3,50	-3,40	-3,40	-3,00	-2,50
	35	-3,20	-3,50	-3,10	-3,20	-3,20	-3,30	-3,10	-3,00
	42	-3,00	-2,90	-2,80	-2,70	-2,70	-2,70	-2,75	-2,80



390 m³
de sédiments dégradés (1 000 m² × 0,39 m)

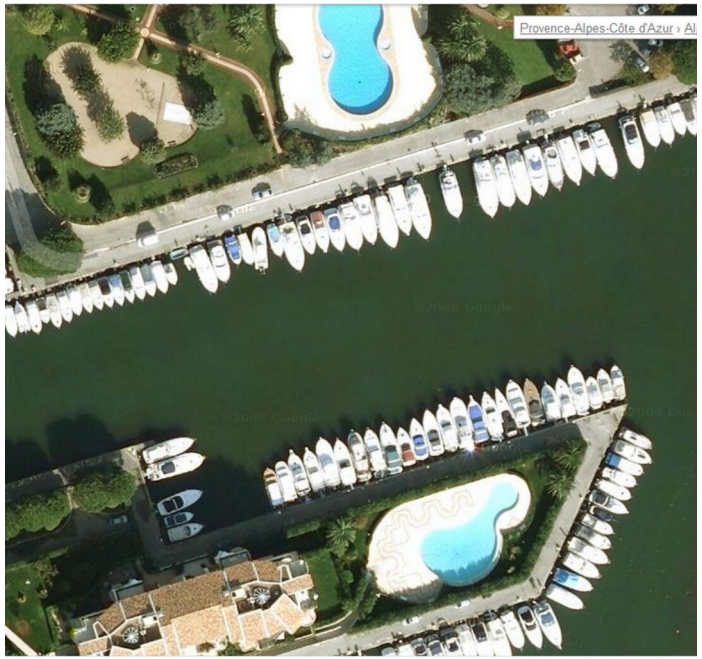
3 à 4 %
de COT (3 points)

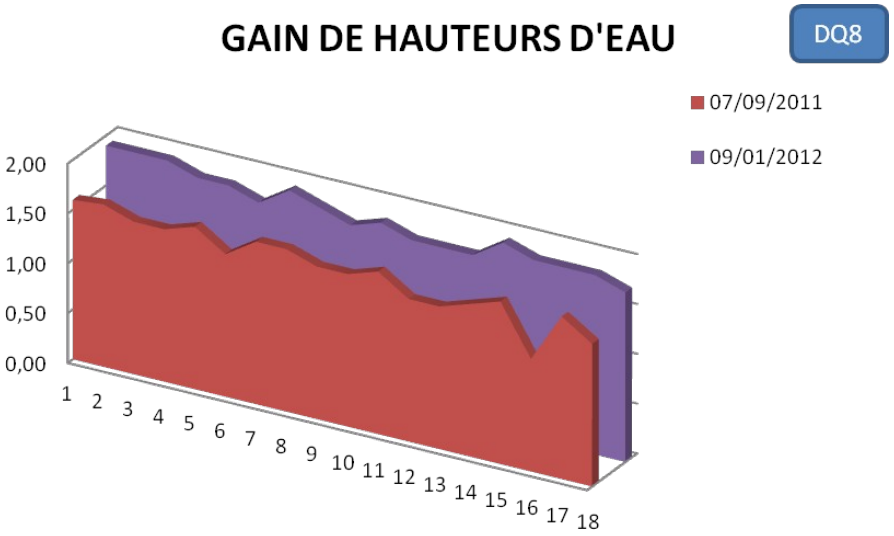
37 à 45 %
de matières sèches (3 points)

PORT · CANNES MARINA (06)

Cannes Marina : objectifs atteints en 3 mois

Zone traitée DQ8 – 2 épandages en septembre et novembre 2011 – bathymétries réalisées par le client





Gain de hauteurs d'eau : 07/09/2011 → 09/01/2012

10 à 20 %
de gain de hauteur d'eau : objectif atteint

– 130 m³
de sédiments environ

53 % · 11 % · 3 %
MS · fraction organique · COT (IDAC, Nantes)

								Surface zone traitée = 250 m2										
DQ8- Bathy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	**Moyenne**
07/09/2011	1,60	1,63	1,53	1,53	1,63	1,43	1,63	1,63	1,53	1,53	1,63	1,43	1,43	1,53	1,63	1,13	1,63	1,43	**1,53**
09/01/2012	1,90	1,90	1,90	1,80	1,80	1,7	1,9	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	**1,79**
Gain bathy en cm	**0,30**	**0,27**	**0,37**	**0,27**	**0,17**	**0,27**	**0,27**	**0,17**	**0,17**	**0,27**	**0,07**	**0,27**	**0,27**	**0,37**	**0,17**	**0,67**	**0,17**	**0,27**	**0,26**
Rendement bathy	**18,75%**	**16,56%**	**24,18%**	**17,65%**	**10,43%**	**18,88%**	**16,56%**	**10,43%**	**11,11%**	**17,65%**	**4,29%**	**18,88%**	**18,88%**	**24,18%**	**10,43%**	**59,29%**	**10,43%**	**18,88%**	**16,99%**

Dimensionner un projet de biotraitement des sédiments

Éléments nécessaires

Surfaces à traiter
Localisées sur un plan du site (plan Google ou schéma coté), si possible avec les données d'hydrologie

Activités et environnement
Port, baignade, pêche… et environnement local

Prélèvements
Carottages (nombre à définir), sur quelques dizaines de centimètres

Analyses physico-chimiques
Sédiments et/ou colonne d'eau : MS, MO, MM, COT, pH, NTK, PT, granulométrie, densité, métaux lourds, HCT, HAP 16, PCB 7, TBT…

Bactériologie et phytoplancton
Streptocoques et entérocoques fécaux, coliformes, E. coli ; cyanobactéries, chlorophycées…

Hauteurs
Cubature ou bathymétrie

Aspects économiques, pratiques et écologiques

Économiques

- Bien moins onéreux que dragages, faucardages, arrachages, avec leurs études et suivis
- Activité du site maintenue pendant le traitement
- Aucune perturbation des activités voisines
- Valorisation ultérieure des sédiments facilitée

Pratiques

- Épandages et serfouissages faciles, main-d'œuvre locale
- Pas de déplacement des pontons, bateaux, chaînages
- Ni dragues ni camions : pas de nuisances sonores, visuelles ou olfactives

Écologiques

- Pas de turbidité, de remise en suspension ni de migration des polluants liées au dragage
- Minéralise et réduit les vases, éclaircit l'eau, prévient les algues
- Réduit les germes fécaux, élimine les pollutions, stoppe les odeurs
- Produits et procédés naturels

Réglementation : contrairement au dragage, le biotraitement ne relève pas de la nomenclature « loi sur l'eau » (article R214-1 du Code de l'environnement) : pas de déclaration ni d'autorisation à demander à la DDTM. En cas de dragage ultérieur, le stockage en déchet inerte ou la valorisation sont facilités.

Autres références et résultats

Stations d'épuration, lagunes et travaux de laboratoire



BIOSYNERGIE · biosynergiecontact@gmail.com · www.biosynergie.net

STATIONS D'ÉPURATION

Amélioration des rendements de stations d'épuration et de lagunes

Effluents de raffinerie, pétrochimie, aciérie, métallurgie et urbains



WABAG – Petrobrazi, Ploiești (Roumanie) – 2 000 m³/h

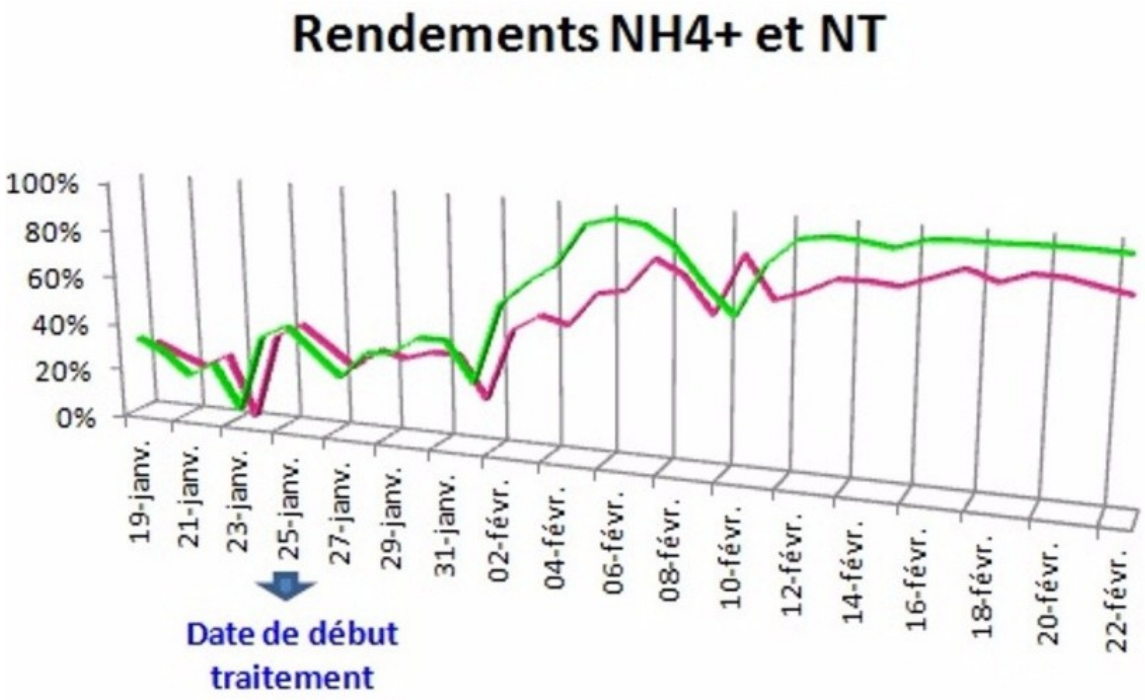


ArcelorMittal Galați (Roumanie)

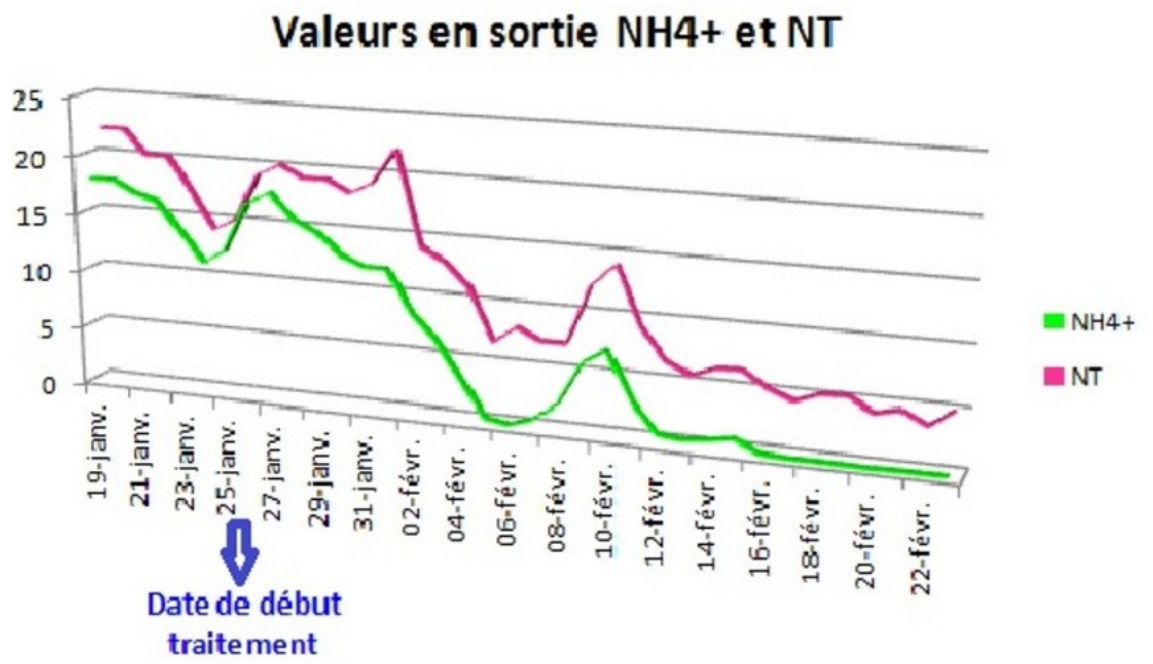
STATIONS D'ÉPURATION

Rompetrol Constanța (Roumanie) : amélioration des rendements

Effluents de raffinerie, pétrochimie et urbains – 2 000 m³/h



Rendements NH_4^+ et azote total (%)



Évolution en sortie de NH_4^+ et d'azote total (mg/l)

STATIONS D'ÉPURATION

Doljchim Craiova (Roumanie) : amélioration des rendements

Effluents de l'industrie chimique et urbains – 550 m³/h







Avant traitement



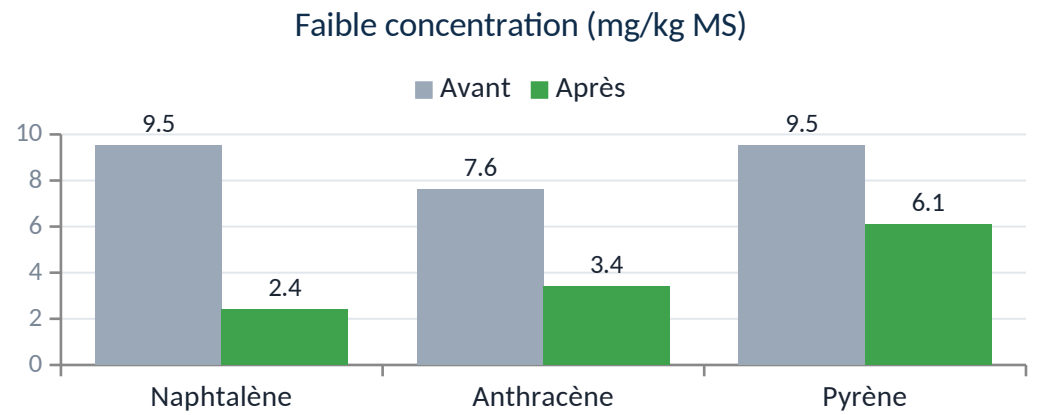
Après traitement

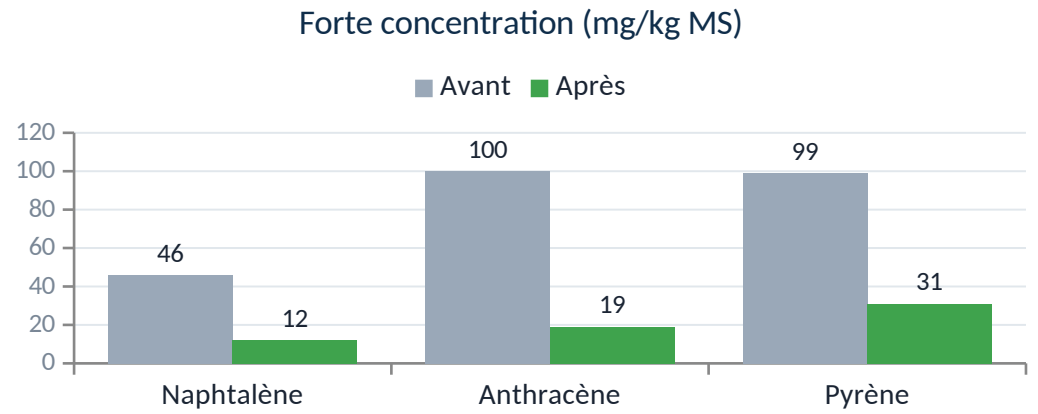
TRAVAUX DE LABORATOIRE

Tests de biodégradation des HAP – convention SEDIAPHALTE

Hydrocarbures aromatiques polycycliques – tests réalisés du 23 juillet au 27 novembre 2020





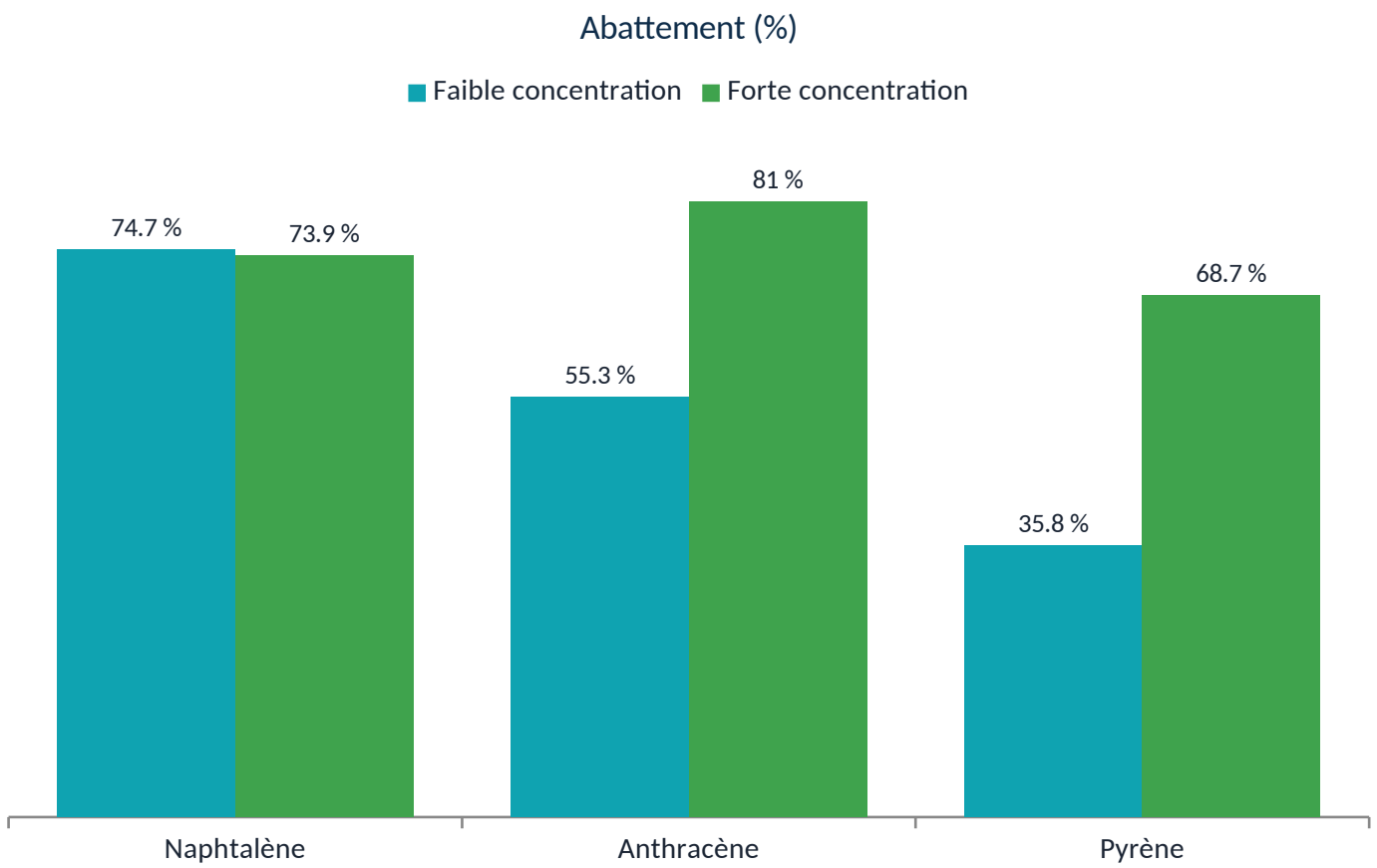


Dispositif : conduit d'acheminement d'eau, compartiment à eau, sédiments + souches bactériennes, pompes

TRAVAUX DE LABORATOIRE

Tests SEDIAPHALTE : abattements obtenus

Baisse des concentrations entre le début et la fin des tests (23/07 – 27/11/2020)



Abattements calculés à partir des concentrations avant / après.

– 81 %
d'anthracène à forte concentration (100 → 19 mg/kg)

– 74 %
de naphtalène, à faible comme à forte concentration

4 mois
de test en laboratoire

Un projet de biotraitement ?

biosynergiecontact@gmail.com

www.biosynergie.net

Procédés biologiques brevetés – eaux, terres, sédiments

