



EPF BRETAGNE

Ancien atelier mécanique sis 69, rue de
Pont-Aven (Kervidanou) à QUIMPERLE (29)

Plan de Conception de Travaux (PCT)

Rapport

Réf : LB60.P0234-R01 (LB2700811)

GDU / AR / JV

13/06/2025



GINGER BURGEAP Région Loire-Bretagne (Nantes)

ZAC des hauts de Couëron 3 • 24 quater rue Jan Palach 44220 COUERON

Tél : 02.40.38.67.06 • burgeap.nantes@groupeginger.com



SIGNALETIQUE

CLIENT

RAISON SOCIALE	EPF BRETAGNE
COORDONNÉES	14, avenue Henri Fréville - CS90721 35207 RENNES Cedex 2
INTERLOCUTEUR (nom et coordonnées)	M. Vincent RAGOUBERT - Opérateur foncier Tél : 06 74 98 07 05 • vincent.ragoubert@epfbretagne.fr



GINGER BURGEAP

ENTITE EN CHARGE DU DOSSIER	Agence de Loire-Bretagne 24 quater rue Jan Palach • 44220 COUERON Tél : 33 (0) 2 40 38 67 06 • burgeap.nantes@groupeginger.com
PILOTE	Guilhem DUCHET Tél : 06 80 75 41 67 • g.duchet@groupeginger.com
COORDONNÉES Siège Social <i>SAS au capital de 1 200 000 euros dirigée par Edgar COULOMB</i> <i>SIRET 682 008 222 003 79 / RCS Nanterre B 682 008 222 / Code APE 7112B / CB BNP Neuilly – S/S 30004 01925 00010066129 29</i>	Siège Social 143, avenue de Verdun 92442 ISSY LES MOULINEAUX Tél : 01.46.10.25.70 • burgeap@groupeginger.com

RAPPORT

Offre de référence	CV_LB0002547 du 09/10/2024
Numéro et date de commande	EJ202401328 et EJ202401330 du 11/10/2024
Numéro de projet / de rapport	Réf : LB60.P0234-R01 (LB2700811)
Num. du site d'intervention (GMP)	1972
Domaine technique	LB60

SIGNATAIRES

DATE	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Supervision / validation Nom / signature
13/06/2025	01	G. DUCHET 	A. ROGER	J. VILLEMAGNE 
	02			

SOMMAIRE

Synthèse technique (sur 4 pages).....	5
1. Introduction.....	9
1.1 Objet de l'étude.....	9
1.2 Codification des prestations.....	10
1.3 Méthodologie du plan de conception.....	11
1.4 Documents de référence et ressources documentaires.....	11
2. Contexte de l'étude.....	12
2.1 Identification du site étudié.....	12
2.2 Description succincte de l'environnement.....	12
2.3 Présentation du projet d'aménagement.....	14
2.4 Anciennes installations potentiellement polluantes.....	15
2.5 Situation ICPE.....	15
2.6 Données disponibles sur l'état des milieux (juin 2023).....	16
2.7 Objectifs de réhabilitation.....	18
2.8 Scénarios de gestion des pollutions (février 2025).....	18
3. Essais pour le Plan de Conception de Travaux.....	19
3.1 Préambule.....	19
3.2 Essais retenus.....	19
3.3 Analyses de caractérisation préalable « E1 ».....	20
3.4 Essais d'orientation « E2 ».....	21
3.4.1 Essais de biodégradation aérobie en batch de la zone saturée.....	21
3.4.2 Essais d'oxydation chimique en laboratoire.....	21
3.5 Essais de performances « E3 » - Oxydation chimique <i>in situ</i>	23
3.5.1 Principe de l'essai - Objectifs.....	23
3.5.2 Mise en place d'ouvrages pour constituer le dispositif d'essai.....	23
3.5.3 Réalisation de l'essai.....	24
3.5.4 Bilan technique de l'essai d'oxydation <i>in situ</i>	33
3.6 Bilan des essais d'oxydation en laboratoire et <i>in situ</i>	34
4. Avant-Projet – Dimensionnement du traitement pleine échelle.....	35
4.1 Traitement de la zone polluée au centre du site.....	35
4.1.1 Rappel de l'extension de la zone à traiter.....	35
4.1.2 Principe du traitement.....	36
4.1.3 Objectifs de traitement.....	37
4.1.4 Arrêt du traitement.....	38
4.1.5 Modalités de réception.....	38
4.1.6 Surveillance pendant les travaux et respect des seuils de rejet.....	38
4.1.7 Gestion des contraintes.....	39
4.1.8 Emissions de toute nature – gestion des déchets.....	41
4.1.9 Gestion des nuisances.....	41
4.1.10 Remise en état.....	42
4.2 Enchaînement des tâches - Gestion globale du projet.....	43
4.2.1 Etudes préliminaires.....	43
4.2.2 Consultation des Entreprises de travaux.....	43
4.2.3 Essais par l'Entreprise de travaux.....	43
4.2.4 Planning de traitement.....	43
4.2.5 Maîtrise d'œuvre et coordination sécurité.....	43
4.2.6 Budget prévisionnel de traitement.....	44
4.2.7 Incertitudes.....	44
5. Synthèse - Conclusion.....	46
6. Limites d'utilisation d'une étude de pollution.....	48

FIGURES

Figure 1 : Localisation du site étudié	13
Figure 2 : Esquisse du projet de bâtiment (ARCHIPOLE, 21/09/2016)	14
Figure 3 : Localisation des anciennes installations et sources potentielles de pollution.....	15
Figure 4 : Localisation des sols reconnus pollués au droit du site	17
Figure 5 : Photographie du Dispositif d'essai	24
Figure 6 : Suivi des paramètres d'injection.....	28
Figure 7 : Suivi du pilotage des eaux souterraines	29
Figure 8 : Délimitation de la Zone à traiter	35
Figure 9 : Projet d'implantation des ouvrages de traitement.....	36
Figure 10 : Schéma fonctionnel du traitement de la zone à traiter.....	37

TABLEAUX

Tableau 1 : Documents de référence	11
Tableau 2 : Localisation et environnement du site	12
Tableau 3 : Installations potentiellement polluantes au droit du site	15
Tableau 4 : Synthèse des impacts dans les différents milieux (parcelles AX490 et 491)	16
Tableau 5 : Objectifs de réhabilitation définis dans les sols (sur site).....	18
Tableau 6 : Essais retenus pour le PCT	19
Tableau 7 : Descriptif technique des investigations	23
Tableau 8 : Résultats du pilotage sur les eaux souterraines.....	27
Tableau 9 : Résultats du pilotage sur les eaux souterraines.....	32
Tableau 10 : Synthèse des données de dimensionnement du traitement suite aux essais	34
Tableau 11 : Planning de traitement prévisionnel	43
Tableau 12 : Estimatif des coûts de traitement de la zone.....	44

ANNEXES

Annexe 1. Essais de faisabilité de traitement – Oxydation chimique et biodégradation (GINGER, 2024)
Annexe 2. Essai d'injection en TAM (REMEA, 2025)
Annexe 3. Bordereaux d'analyse sur les eaux souterraines (2 campagne en déc.2024)
Annexe 4. Fiches d'échantillonnage des eaux souterraines
Annexe 5. Glossaire

Synthèse technique (sur 4 pages)

CONTEXTE		
CLIENT	ETABLISSEMENT PUBLIC FONCIER DE BRETAGNE (EPF BRETAGNE)	
Adresse du site	Ancien atelier mécanique sis 69, rue de Pont-Aven (Kervidanou) à QUIMPERLE (29)	
Contexte de l'étude	Réhabilitation du site par l'EPF BRETAGNE et pour le compte de la Mairie, en vue de son aménagement	
Projet d'aménagement	Projet à définir précisément, avec un bâtiment construit sur l'ensemble du site (avec vide-sanitaire ; absence de sous-sol) avec du stationnement et des commerces/bureaux en RdC, ainsi que des logements aux étages.	
Informations sur le site lui-même	Superficie totale	766 m ²
	Parcelle cadastrale	490 et 491 de la section AX
	Propriétaire	EPF BRETAGNE
	Usage actuel	Immeuble inoccupé
	Usage passé	Atelier mécanique et station-service (exploitants LE MEUR, puis THOMAS)
	Historique connu	A partir des années 1940-50 et jusque dans les années 2000 : atelier associé à une station de distribution de carburants avec 2 cuves enterrées et compartimentées (capacités de 10 et 16 m ³).
	Installation ICPE	Déclaration pour l'atelier mécanique et le stockage de carburants Cessation : acte non retrouvé (activités arrêtées depuis au moins 20 ans)
Description des avoisinants	<ul style="list-style-type: none"> • au Nord et à l'Ouest : la rue de Pont Aven (Kervidanou) bordée de quelques commerces (bar-tabac, grossiste, etc.) et des maisons individuelles avec jardins ; • à l'Est : une boulangerie, du logement collectif, des voies ferrées, puis le centre-ville ; • au Sud : une friche correspondant à l'îlot St-Yves (projet de création de logements collectifs), des maisons individuelles, puis l'hôpital de la Villeneuve. 	
Contexte lithologique et hydrogéologique	Lithologie	Des remblais limoneux de 0,8 à 1 m d'épaisseur et surmontant des limons plus ou moins sableux jusqu'à 5 m de profondeur minimum (arrêt de sondage).
	Hydrogéologie	Une humidité des sols identifiée à partir de 4 m de profondeur, mais avec des niveaux statiques mesurés entre 1,05 et 1,53 m de profondeur sur les piézomètres en juin 2023 (entre 0,75 et 0,89 m de profondeur en février 2018). Un sens supposé d'écoulement globalement de l'Ouest vers l'Est, en direction du ruisseau du Dourdu localisé à environ 200 m à l'Est (idem en février 2018).
Etude environnementale de référence	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Gestion des pollutions (mise-à-jour) - GINGER BURGEAP pour le compte de EPF BRETAGNE - Rapport référencé LB2700811 / RLB25144-01 et daté du 13/02/2025. 	
Impacts connus sur le milieu souterrain (HPC, 2016 et 2018 ; GINGER, sept. 2023)	Impacts dans les sols	<ul style="list-style-type: none"> • <u>aux abords des cuves enterrées de carburants, une pollution en hydrocarbures volatils (de type essence)</u>, entre 0,1 et 4 m de prof. minimum (teneurs en indice C₁₀-C₄₀ entre 116 et 1 360 mg/kg, ainsi qu'en BTEX de 1,75 à 180,3 mg/kg). Les investigations de juin 2023 permettent de reconnaître les extensions latérales de la pollution (<u>extension probable hors-site</u>) ; • dans une moindre mesure, <u>au droit des anciens volucompteurs, une pollution en hydrocarbures volatils (de type essence)</u>, entre 0,1 et 2 m de prof. (teneurs en BTEX et naphthalène de respectivement, 7,58 et de 5,5 mg/kg) ; • <u>des pollutions en hydrocarbures faiblement volatils (de type huile) en partie Est de l'atelier mécanique (parcelle n°490) et à l'extrémité Sud-Est de l'atelier (parcelle n°491)</u> (teneurs entre 436 et 4 070 mg/kg en HC C₁₀-C₄₀).
	Impacts dans les eaux souterraines (campagnes de février 2018 et juin 2023)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>à proximité des cuves enterrées (Pz2), un impact en hydrocarbures</u> (phase organique flottante non relevée) avec des teneurs en indice C₁₀-C₄₀ de 4,28 et 1,26 mg/L, ainsi qu'en BTEX de 17,36 et 4,53 mg/L,. Par ailleurs, cet impact n'est pas retrouvé en amont ou aval des cuves enterrées (seulement des traces en hydrocarbures) ; • <u>à proximité des cuves (Pz2 ; source non identifiée), une légère dégradation en solvants chlorés</u> avec des teneurs en chlorure de vinyle (2,33 et 4,03 µg/L) et dichlorométhane (133 µg/L).

	Impacts dans les gaz du sol (campagne de février 2018 et/ou juin 2023)	<ul style="list-style-type: none"> aux abords des cuves enterrées, un impact en hydrocarbures (teneurs en TPH de 9,5 et 37,6 mg/m³ et en benzène de 4,6 et 13,9 µg/m³), ainsi qu'une légère dégradation en PCE (2,4 à 11,8 µg/m³) ; en aval par rapport aux cuves enterrées et à proximité immédiate des anciens volucompteurs, une dégradation en hydrocarbures dans une moindre mesure (en 2018 : teneurs en TPH de 6,6 mg/m³ et benzène de 9,5 µg/m³ (non retrouvés lors de la campagne de juin 2023).
Schéma conceptuel d'usage futur (sans mesures de gestion)	<ul style="list-style-type: none"> <u>Impacts identifiés sur site</u> : sols pollués en hydrocarbures et métaux + eaux souterraines et gaz du sol dégradé en hydrocarbures et certains COHV ; <u>Cibles à protéger</u> : usagers futurs (adultes/enfants de passage ou résidant) ; <u>Voies d'exposition</u> : inhalation de gaz et perméation. 	
Plan de Gestion du site	<ul style="list-style-type: none"> Objectifs de réhabilitation : <ul style="list-style-type: none"> Traitement/dépollution des sols superficiels jusqu'à 1 m de prof., au niveau des sols non saturés ; Gestion des sols présentant des pollutions concentrées et définies par les teneurs suivantes : <ul style="list-style-type: none"> 500 mg/kg en indice HC C₁₀-C₄₀ ; 6 mg/kg en (B)TEX ; < LQ en Benzène. Estimation des quantités de pollution concentrée dans les sols : Au total et <u>uniquement au droit du site étudié</u>, la quantité de sols présentant une pollution concentrée en hydrocarbures est estimée à 1 365 m³ (2 457 tonnes). Scénarios/solutions de gestion des pollutions au droit du site étudié : <ul style="list-style-type: none"> en 1^{er} lieu (par défaut) : <u>Excavation et évacuation en filière adaptée</u> des remblais superficiels reconnus pollués et facilement accessibles (sur 1 m d'épaisseur, au niveau de la ZNS) ; en 2^{ème} lieu (en sus) : Gestion des sols profonds présentant des pollutions concentrées, avec : <ul style="list-style-type: none"> Scénario 1 : <u>Confinement in situ par couverture</u> des pollutions concentrées en hydrocarbures (par un dallage) et la surveillance de la qualité des eaux souterraines. Pour ce scénario, seul le projet de parvis et stationnement aérien pourra être envisagé ; Scénario 2 : <u>Pompage et traitement in situ (stripping, filtration), voire extraction multiphasique</u> ; Scénario 3 : <u>Oxydation chimique in situ</u> des pollutions concentrées en hydrocarbures ; Scénario 4 : <u>Excavation et évacuation en filière adaptée</u> des pollutions concentrées, ainsi que la <u>biodégradation dynamisée in situ</u> (ou Atténuation Naturelle Contrôlée) de la pollution difficilement accessible (en-deçà de 3 m de profondeur). <p>Pour l'ensemble des scénarios, la mise en place d'une surveillance environnementale (<i>a minima</i> un bilan quadriennal) est envisagée pour vérifier la maîtrise de la pollution (absence de migration).</p> Enjeux hors site : <ul style="list-style-type: none"> Extensions probables de la pollution concentrée en hydrocarbures au droit de la rue de Pont Aven, de la parcelle AX72 voisine, voire au-delà ; Usage probablement sensible de la nappe souterraine (éventuels puits pour l'arrosage de potagers, voire la consommation d'eau) et la volatilisation possible de polluants transitant dans les eaux souterraines dans l'air ambiant hors-site ; → <u>la démarche d'IEM est recommandée</u>, afin de s'assurer de la compatibilité de l'état des milieux avec des usages présents (hors site). → le Plan de Gestion (avec ARR) devra être mis-à-jour, dans le cas d'une pollution hors site. Estimation des coûts de gestion des pollutions dans les sols au droit du site (1^{ère} approche) : <ul style="list-style-type: none"> <u>Scénario 1</u> : 310 k€ HT pour l'évacuation des remblais pollués jusqu'à 1 m de profondeur (facilement accessibles), puis le confinement in situ (par couverture) de la pollution concentrée. De plus, le confinement de la pollution nécessitera <u>une surveillance sur le moyen-long terme</u> (surcoût évalué à + 250 k€ HT pour un suivi semestriel d'une durée de 30 ans) ; <u>Scénario 2</u> : 380 k€ HT pour le pompage et le traitement in situ (stripping, filtration), voire l'extraction multiphasique de la pollution concentrée, ainsi que l'évacuation en filière adaptée des remblais superficiels reconnus pollués ; <u>Scénario 3</u> : 450 k€ HT pour l'oxydation chimique in situ de la pollution concentrée en hydrocarbures, ainsi que l'évacuation en filière adaptée des sols superficiels reconnus pollués ; <u>Scénario 4</u> : 590 k€ HT pour l'excavation (jusqu'à 3 m de prof.) et l'évacuation en filière adaptée des pollutions concentrées, ainsi que la biodégradation dynamisée in situ de la pollution difficilement accessible (au-delà de 3 m de profondeur). 	

Restrictions d'usage au droit du site	<ul style="list-style-type: none"> • l'interdiction de logement et/ou d'ERP « <i>sensible</i> » en RdC ; • l'interdiction de jardins potagers et d'arbres fruitiers en pleine terre ; • le confinement par couverture de la pollution résiduelle (avec un dallage imperméable sur vide-sanitaire et du matériau sain de 1 m d'épaisseur minimum) et sa signalisation (géotextile et grillage avertisseur) ; • la gestion appropriée des déblais en cas de terrassement, avec la traçabilité du devenir des déblais et la reconstitution de la structure de confinement ; • l'interdiction de l'infiltration d'eau, sans étude préalable du risque de migration de polluant vers la nappe ; • l'interdiction des usages des eaux souterraines sans étude complémentaire (<u>interdiction à étudier et envisager hors site</u>) ; • l'emploi de canalisations d'AEP anti-perméation avec joints renforcés, et enfouies au sein de matériaux propres et sains ; • à l'issue des travaux de réhabilitation du site, la poursuite du suivi de la qualité des eaux souterraines (<u>a minima, un bilan quadriennal avec notamment de nouveaux piézomètres</u>) ; • en cas de modification de l'usage, la nécessité de mettre-à-jour les PG-ARR. <p>Une identification de ce rapport dans les documents d'urbanisme et fonciers est indispensable au niveau du « <i>service de conservation des hypothèques</i> », De plus, il est recommandé d'ajouter le site étudié à la liste des SIS (démarche auprès de la Préfecture du Finistère).</p>
--	--

MISSION	
Intitulé et objectifs	Plan de Conception de Travaux (PCT) en vue de l'aménagement du site.
Essais en laboratoire - B111 (GINGER, juin 2024)	<ul style="list-style-type: none"> • Biodégradation des hydrocarbures <ul style="list-style-type: none"> • une très bonne biodégradation du naphtalène dans les sols et les eaux avec des abattements supérieurs à 80% dès 2 mois d'essai ; • une biodégradation limitée des autres hydrocarbures (C5-C10 et C10-C40) et des BTEX (xylènes) dans les sols en raison de : la faible diffusion de l'oxygène dans l'échantillon de sols et le relargage de polluants par consommation de la matière organique du sol. → la biodégradation aérobie n'est donc pas une technique recommandée. • Oxydation chimique des hydrocarbures <ul style="list-style-type: none"> • pour les HC C5-C10, des taux d'abattement entre 32% et 78% selon la teneur en oxydant (Permanganate de potassium et Persulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ; • pour les BTEX, des abattements très satisfaisants et supérieurs à 88% dès 7 jours (légèrement plus élevés avec le Persulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ comparé au permanganate) ; • pour les HC C10-C40, des abattements variables et difficiles à estimer pour le permanganate et pas d'abattement pour le persulfate. → l'oxydation chimique est une technique applicable et permettra d'atteindre un objectif de dégradation de 70% à 90% massique pour les HC légers de type aromatique (BTEX notamment).
Essais de terrain - B112 (GINGER, déc. 2025)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>des terrains considérés injectables en imprégnation au niveau des hauteurs saturées testées, entre -3,5 et -5,8 m de profondeur</u>. Les débits injectables de Persulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ sont mesurés de l'ordre de 7-10 L/min avec une pression inférieure à 2 bars ; Notons néanmoins que <u>des essais d'injection n'ont pu être réalisés</u> à -2,5 et -3 m de profondeur (absence de « <i>claquage</i> » des manchettes ; surpression au démarrage d'injection), ainsi qu'à -5,0 m de profondeur (installation impossible des obturateurs) ; • l'existence de circulations préférentielles de produit injecté, rendant délicate l'estimation d'un rayon d'influence. Sur la base des essais d'injection et des mesures effectuées sur les piézomètres proches, <u>le rayon d'influence est estimé à environ 1,5 m</u> ; • aux abords du point d'injection (piézomètres), une amélioration apparente de la qualité des eaux souterraines en hydrocarbures avec des teneurs en hydrocarbures C5-C10 (notamment en BTEX et naphtalène) inférieures de 1 à 3 ordres de grandeur, entre avant et après les essais d'injection de Persulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

<p>Etudes d'avant-projet - B120</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement <ul style="list-style-type: none"> • Volume de zone source à traiter (tonnage estimé) : 915 m³ (1 647 tonnes) • Rayon d'action de l'injection : 1,5 m • Nombre de points d'injections pour couvrir la zone : 40 • Ratio massique de NaOH pour alcalisation : 0,8% • Masse totale de NaOH- à apporter 13,5 tonnes • Ratio massique de Na₂S₂O₄ à mettre en œuvre 5% • Masse totale de Na₂S₂O₄ à injecter 83 tonnes soit 2 tonnes/point d'injection • Volume de Na₂S₂O₄ à 100 g/L à injecter par ouvrage : 20 000 L par ouvrage pour 12 passes • Nombre de campagnes d'injections 5 • Cinétique de traitement / délai de traitement 1 semaine / campagne • Temps de latence avant 2ème injection 1 mois • Délai prévisionnel de traitement par injection : 8 mois • budget prévisionnel de 400 k€ HT (en sus, travaux de démantèlement de la dalle bétonnée) • Enchaînement des taches : <ul style="list-style-type: none"> • Consultation d'Entreprises-passation du marché : juillet-août-sept 2025 • Période préparatoire : oct. 2025 • Travaux de mise en place du réseau de traitement : nov. 2025 • Injections : nov. à mars 2026 • Réception : mars 2026 • DOE : avril 2026 • Incertitudes <ul style="list-style-type: none"> • Atteinte des objectifs et délais : l'adaptation du traitement au sols « Limon sableux à limoneux ». • Budget de travaux : incertitudes sur les volumes des Zones de pollution concentrée et la masse de polluants, augmentation non prévisible des coûts des matières 1ères et notamment des réactifs d'oxydation, des variations des prix de l'énergie ; • Délais de travaux : te compte tenu de la rapidité d'action des oxydants.
--	--

1. Introduction

1.1 Objet de l'étude

Dans le cadre du projet d'aménagement de l'ancien atelier mécanique localisé au 69, rue de Pont-Aven (Kervidanou) à Quimperlé (29), l'EPF BRETAGNE a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation d'un Plan de Conception des Travaux de réhabilitation du terrain, conformément aux recommandations du Plan de Gestion des pollutions (version actualisée le 13/02/2025).

Le site étudié correspond aux parcelles AX490 et 491 (superficie de 766 m²) et inclus au sein du projet de l'îlot Saint-Yves faisant l'objet d'un permis d'aménager. Jusqu'en 2002, les parcelles AX490 et 491 se trouvaient occupées par un atelier mécanique et une station de distribution de carburants (ancien exploitant LE MEUR). Actuellement, ces parcelles sont inoccupées (démolition en cours de l'ancien immeuble).

Au droit du site étudié, le projet d'aménagement correspond à : soit un parvis avec du stationnement aérien, soit un bâtiment (sur vide-sanitaire ; absence de sous-sol) avec du stationnement et des commerces/bureaux en RdC, ainsi que du logement aux étages.

Le Plan de Gestion actualisé le 13/02/2025, propose plusieurs scénarios de gestion des pollutions concentrées, basés sur des techniques de traitement hors site, sur site et *in-situ*. A ce stade, les scénarios les plus avantageux selon le bilan coût/avantages prévoient les excavation et évacuation en filières adaptées des sols pollués jusqu'à 1 m de profondeur (hors d'eau), puis le traitement *in-situ* de la pollution en hydrocarbures au niveau des sols profonds (soit par oxydation chimique (code AFNOR C313b), soit par stripping et extraction multiphasiques (codes AFNOR C311b-d), soit par biodégradation (C315a)).

Compte tenu des incertitudes sur la faisabilité technique des traitements proposés, l'EPF BRETAGNE a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation d'un Plan de Conception des Travaux de réhabilitation du terrain incluant les essais d'orientation (E2) et de performance (E3), afin d'étudier la faisabilité des traitements par biodégradation aérobie et d'oxydation chimique des sources concentrées, ainsi que d'injection *in situ*.

1.2 Codification des prestations

Le présent rapport est conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et aux exigences de la **norme AFNOR NF X 31-620 1, 2 et 3 : décembre 2021 - « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »**, pour le domaine B « Ingénierie des travaux de réhabilitation ».

Prestations élémentaires (B)		Objectifs	Prestations globales (B)	Objectifs
Etudes de conception			<input type="checkbox"/> AMO Travaux	Mission de conseil au donneur d'ordre pouvant, en fonction du contrat, être complétée par les missions suivantes : <ul style="list-style-type: none">• l'aide à la définition des moyens fonctionnels et techniques au regard des besoins du donneur d'ordre concernant la gestion de dossier dans le domaine des sites et sols pollués ;• la veille réglementaire et technique ;• la rédaction de cahiers des charges et l'analyse des offres pour le recrutement du maître d'œuvre ;• le suivi des dossiers administratifs ;• le suivi des travaux. Ce suivi n'est pas une prestation MOE. Il correspond uniquement à une intervention ponctuelle du prestataire ou à une assistance du donneur d'ordre afin que ce dernier puisse décider des suites qu'il convient de donner ;• la revue technique des documents produits ;• l'accompagnement à la communication auprès des parties prenantes du projet.
<input checked="" type="checkbox"/> B111	Essais en laboratoire			
<input checked="" type="checkbox"/> B112	Essais de terrain			
<input checked="" type="checkbox"/> B120	Études d'avant-projet (AVP)			
<input type="checkbox"/> B130	Études de projet			
Dossiers administratifs			<input checked="" type="checkbox"/> PCT Plan de conception des travaux	Validation et sécurisation des scénarios de gestion retenus en : <ul style="list-style-type: none">• apportant des réponses aux enjeux de faisabilité technique et financière liés aux scénarios de réhabilitation ;• aidant au dimensionnement des travaux ;• limitant les aléas et réduisant les incertitudes. Il comprend la réalisation d'essais, en laboratoire ou sur le terrain, et d'études d'avant-projet. Ces éléments sont nécessaires, dans la plupart des cas, pour déterminer les techniques de dépollution adaptées et pour fournir des éléments de dimensionnement utilisés pour la rédaction d'un cahier des charges pour la consultation des prestataires en charge de l'exécution des travaux.
<input type="checkbox"/> B200	Établissement des dossiers administratifs.			
Maîtrise d'œuvre dans la phase des travaux				<input type="checkbox"/> MOE Maîtrise d'œuvre dans la phase des travaux
<input type="checkbox"/> B310	Assistance aux contrats de travaux.			
<input type="checkbox"/> B320	Direction de l'exécution des travaux.			
<input type="checkbox"/> B330	Assistance aux opérations de réception.			

1.3 Méthodologie du plan de conception

Les objectifs généraux de la réhabilitation du site ont été déterminés en référence à :

- la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués rédigée par la Direction générale de la Prévention des Risques, Bureau du sol et du sous-sol, en avril 2017 ;
- le guide méthodologique du BRGM « *Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices* » de juin 2010 ;
- le guide méthodologique de l'ADEME « *Essais de faisabilité de traitement des sols pollués* » établi dans le cadre du projet ESTRAPOL en septembre 2019 ;
- l'expérience de GINGER BURGEAP et les retours d'expérience de la profession sur les techniques de dépollution ;
- le guide méthodologique relatif au Plan de Conception des Travaux (PCT) rédigé par la Direction générale de la prévention des risques - Service des risques technologiques - Bureau du sol et du sous-sol, en octobre 2019.

1.4 Documents de référence et ressources documentaires

Tableau 1 : Documents de référence

Document consulté (codification selon la norme NF X31-620)	Auteur	Référence du document	Date
Etude pré-opérationnelle pour la restructuration de l'îlot Saint-Yves	ARCHIPOLE pour le compte de la Ville de Quimperlé et de l'OPAC du Finistère	FC	21/09/2016
Etude historique et documentaire (phase 1 : INFOS)	BURGEAP pour le compte de l'EPF BRETAGNE	RSSPLB5764-01	07/10/2016
Site SNCF RESEAU - Evaluation environnementale - Investigations sur les sols	SOLER Environnement pour le compte de NEXITY PM (pour SNCF RESEAU)	E SE REN 2016 00597 02 a EVAL (version définitive non transmise)	28/10/2016
Diagnostic environnemental des sols (phase 2 : A270-AMO)	BURGEAP pour le compte de l'EPF BRETAGNE	RSSPLB6246-01	10/01/2017
Diagnostic complémentaire de pollution (phase 2 : A270-AMO)	BURGEAP pour le compte de l'EPF BRETAGNE	RSSPLB7590-01	14/06/2018
Investigations de diagnostic de pollution (A200-A210-A230)	SOCOTEC pour le compte de l'EPF BRETAGNE	E14Q523516 (version provisoire)	16/06/2023
Diagnostic complémentaire de pollution (phase 2 : A270-AMO)	GINGER BURGEAP pour le compte de l'EPF BRETAGNE	R1025065-01	15/09/2023
Plan de Gestion des pollutions (PG)		R1052380-02	07/11/2023
Essais au laboratoire d'oxydation chimique et de biodégradation aérobie (B111) (voir extraits en Annexe 1)		R1075695-01	21/06/2024
Plan de Gestion des pollutions (mise-à-jour)		RLB25144-01	13/02/2025
Essai d'injection en TAM - B112 (rapport de fin de travaux) (voir extraits en Annexe 2)	REMEA pour le compte de GINGER BURGEAP	Version A	17/01/2025

2. Contexte de l'étude

2.1 Identification du site étudié

Tableau 2 : Localisation et environnement du site

Adresse du site	Ancien atelier mécanique sis 69, rue de Pont-Aven (Kervidanou) à QUIMPERLE (29)
Références cadastrales	Parcelles n°490 et 491 de section AX
Superficie totale	766 m ²
Propriétaire	EPF BRETAGNE
Usage actuel	Site inoccupé et clos
Historique des activités	<ul style="list-style-type: none"> à partir des années 1940-50 : atelier mécanique (exploitant LE MEUR et enseigne RENAULT) associé à une station de distribution de carburants avec 2 cuves enterrées et compartimentées (capacités de 10 et 16 m³) ; en 2002 : acquisition par M. THOMAS et occupation de l'ancien atelier (cuves inertées à l'eau) par un cabinet d'assurance et un brocanteur ; en 2015-2016 : acquisition par M. LARDIC et occupation de l'ancien atelier pour du stationnement et un appartement à l'étage ; depuis 2020 : site inoccupé.
Altitude / Topographie (Figure 1 en page suivante)	+35 m NGF (Nivellement Général de la France). Terrain en légère pente vers le Nord-Est.
Abords du site	<p>Le site étudié s'inscrit dans un environnement urbanisé, avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> au Nord et à l'Ouest : la rue de Pont Aven (Kervidanou) bordé de quelques commerces (bar-tabac, coiffeur, grossiste de pièces automobiles, etc.) et des maisons individuelles avec jardins ; à l'Est : une ancienne boulangerie (récemment fermée), quelques logements collectifs, des voies ferrées, puis le centre-ville de Quimperlé ; au Sud : le projet d'aménagement de l'ilot St-Yves (projet de logements collectifs), des maisons individuelles, puis le centre hospitalier de la Villeneuve.

2.2 Description succincte de l'environnement

D'un point de vue pédo-géologique, la succession des terrains au droit du site est la suivante :

- des remblais superficiels (origine non renseignée) ;
- en-deçà, une altérite limoneuse de plusieurs mètres d'épaisseur (plus de 5 m) ;
- puis, la formation métamorphique de gneiss granitoïde hétérogène (à résidus orthogneissiques) présentant un aspect grossier et une teinte ocre à rosâtre (formation devant présenter des réseaux de fissures et fractures plus ou moins denses).

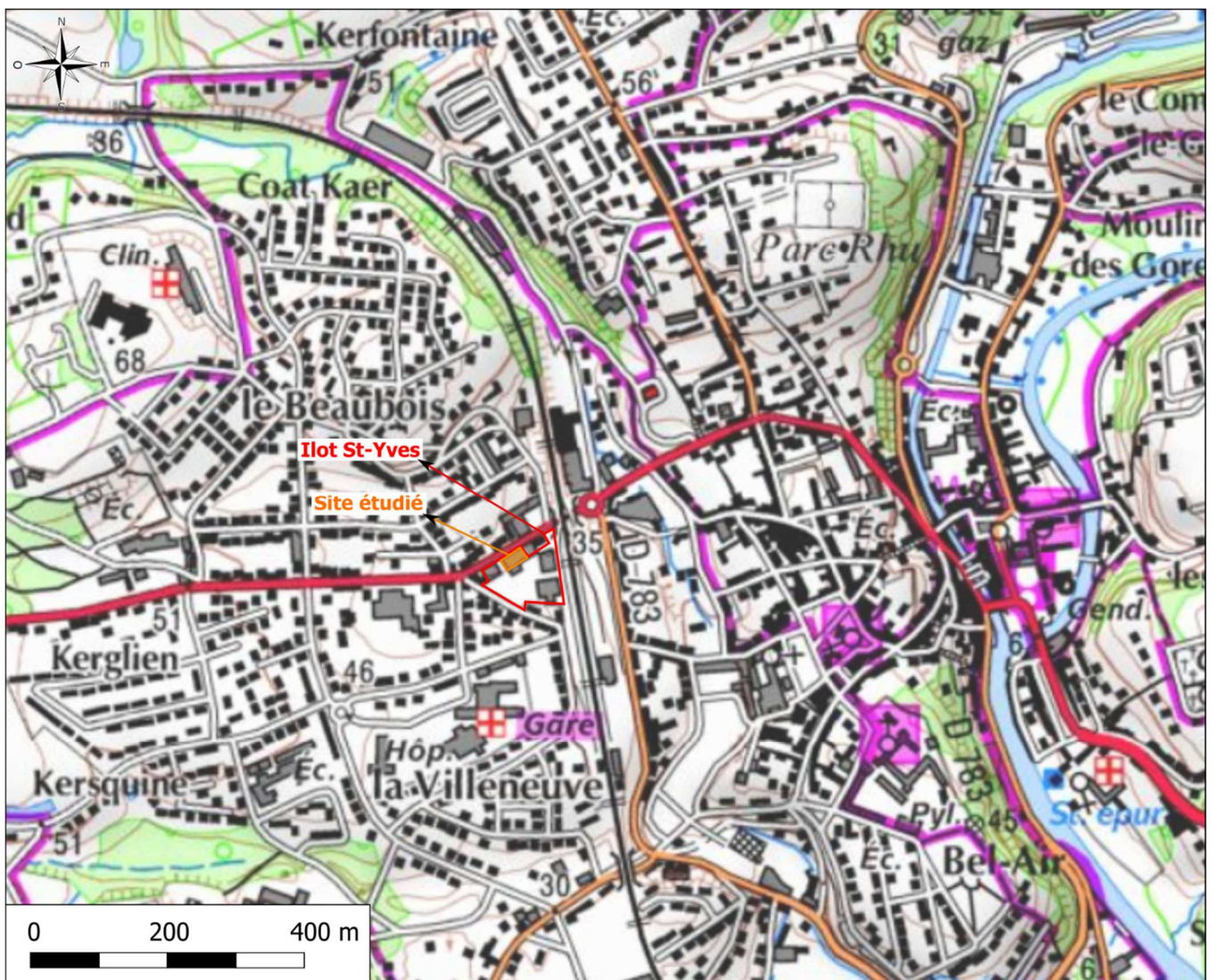
Dans ce contexte, la nappe souterraine au droit du site est probablement représentée par une nappe de subsurface essentiellement alimentée par les eaux météoritiques locales (au sein de l'arène plus ou moins compacte), et par une nappe de socle (au niveau des fissures et fractures du gneiss induré).

Les nappes de subsurface et de socle sont considérées vulnérables vis-à-vis de la pollution en provenance du site étudié. Néanmoins, elles sont considérées a priori peu sensibles, étant donné l'absence d'usage identifié en aval hydraulique par rapport au site (entre le site étudié et le ruisseau du Dourdu s'écoulant à environ 200 m à l'Est).

Sur le secteur, les eaux de ruissellement sont collectées et orientées dans le réseau communal d'eaux pluviales au niveau de la rue de Pont-Aven, pour être finalement rejetées dans *le ruisseau du Dourdu* à environ 200 m à l'Est, puis *la rivière de l'Ellé*. Soulignons qu'aucun séparateur d'hydrocarbures n'a été identifié au droit de l'ancien atelier mécanique (en parcelles AX490 et 491).

Compte tenu de leur proximité et d'activités nautiques et halieutiques s'y exerçant (qualité salmonicole reconnue), les eaux des cours d'eau du Dourdu et de l'Ellé sont à la fois considérées vulnérables et sensibles à une éventuelle pollution en provenance du site étudié.

Le site étudié n'est pas inclus dans une zone naturelle remarquable. Néanmoins, il présente une zone NATURA 2000 en aval hydraulique, à moins de 600 m, le long de *la rivière de l'Ellé*. Compte tenu de sa position en aval hydraulique, cette zone naturelle est considérée vulnérable vis-à-vis de la pollution en provenance du site étudié.



Fond : carte topographique au 1/25 000 (IGN®)

Figure 1 : Localisation du site étudié

2.3 Présentation du projet d'aménagement

Associée à l'EPF BRETAGNE et l'OPAC de CORNOUAILLE, la Mairie de Quimperlé projette le réaménagement du site étudié correspondant aux parcelles AX490 et 491, avec un nouveau bâtiment (absence d'espace extérieur, selon l'esquisse de l'architecte ARCHIPOLE et datées du 21/09/2016 ; voir la figure suivante) :

- en RdC sur vide-sanitaire naturellement ventilé (niveau de sous-sol non projeté) : du stationnement, des commerces / bureaux, ainsi que des locaux de partie commune (escalier, ascenseur, local des vélos, local des poubelles ; locaux figurés en rouge sur l'esquisse) ;
- aux étages : des appartements ;

Aucun espace vert n'est envisagé et les eaux pluviales ne seront pas gérées par infiltration sur site. Par conséquent, l'ensemble du site étudié doit bénéficier d'un recouvrement des sols en place (dalle bétonnée ou enrobé ; absence d'espace-vert ou de jardins en pleine terre).

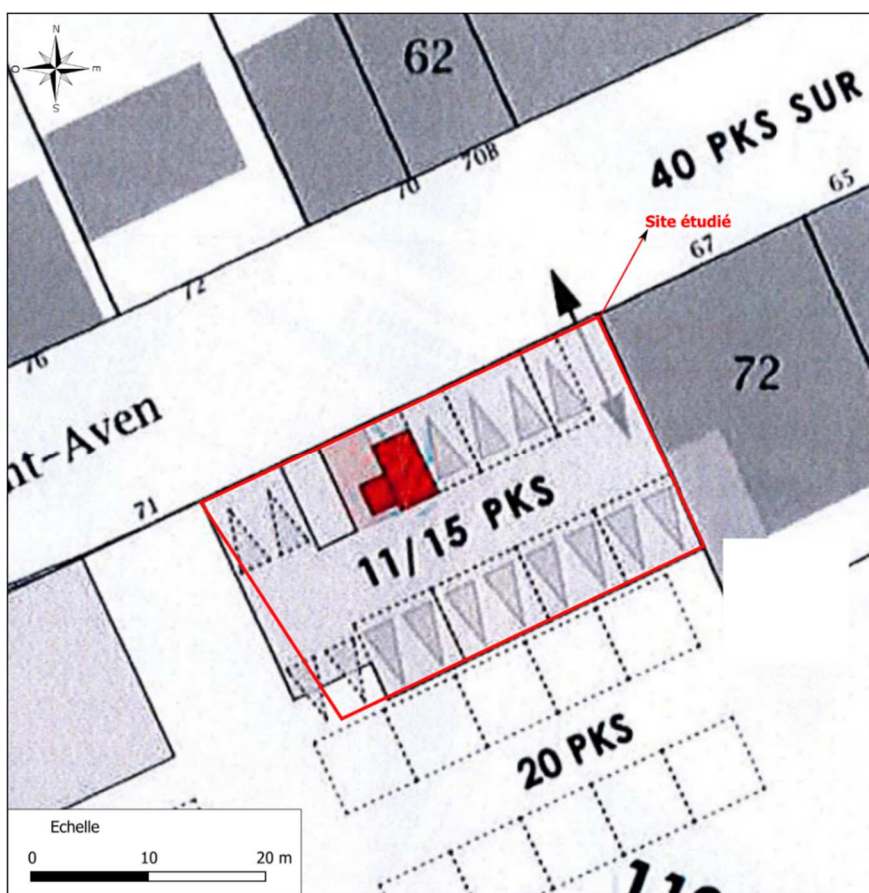


Figure 2 : Esquisse du projet de bâtiment (ARCHIPOLE, 21/09/2016)

2.4 Anciennes installations potentiellement polluantes

Plusieurs anciennes activités/installations potentiellement polluantes ont été identifiées au droit du site étudié (GINGER BURGEAP, 2016). Elles sont listées et localisées dans le tableau et la figure suivante.

Tableau 3 : Installations potentiellement polluantes au droit du site

Parcelle	Source potentielle de pollution (voir figure suivante)	Eventuel constat
AX491	2 cuves enterrées de carburants (10 et 16 m ³ ; <u>inertées à l'eau</u>) Anciens volucompteurs Atelier mécanique avec fosse de visite Aire de lavage avec compresseur et	<u>Souillures</u> relevées sur la dalle bétonnée
AX490	Atelier mécanique et fosse de visite	Souillure non relevée sur la dalle étonnée

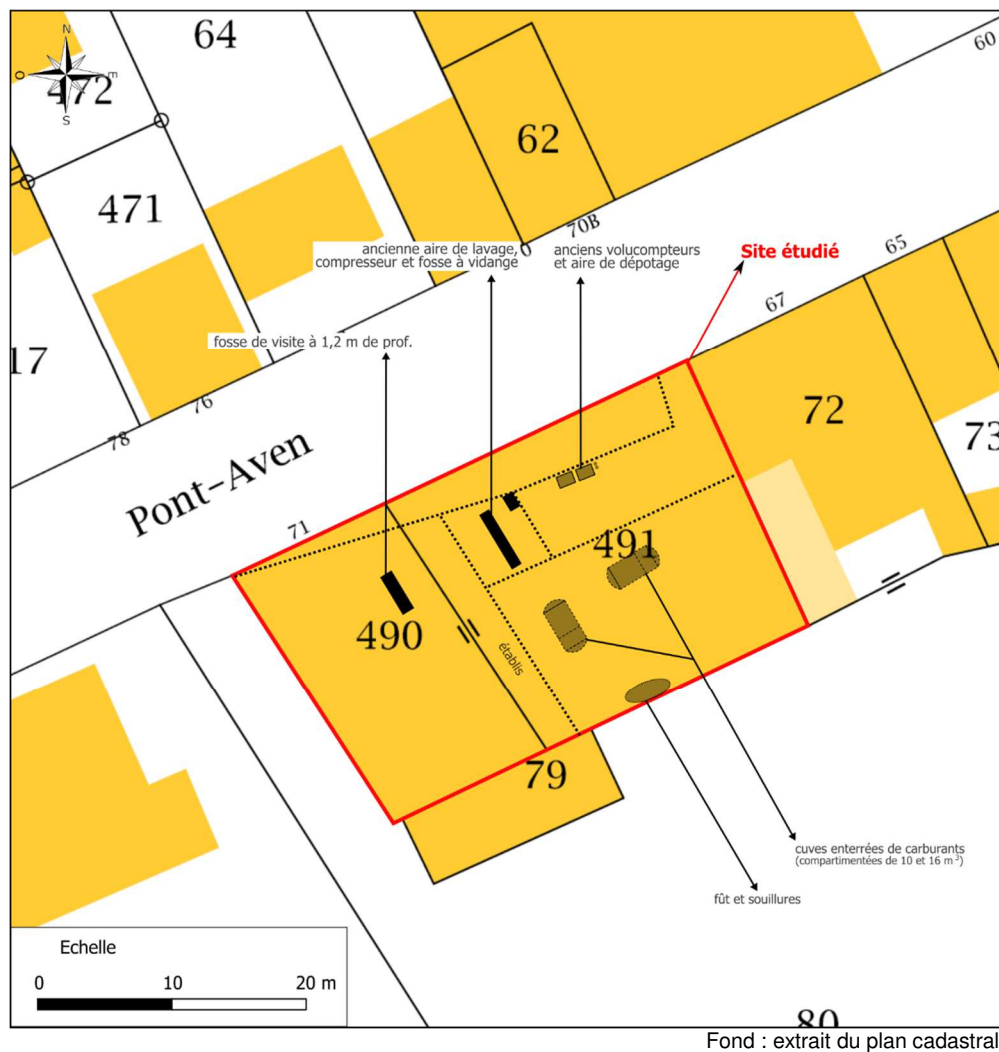


Figure 3 : Localisation des anciennes installations et sources potentielles de pollution

2.5 Situation ICPE

Les anciennes activités (atelier mécanique et stockage de carburants) étaient soumises à déclaration au titre de la législation sur les ICPE (récépissés de déclaration de 1960s).

Néanmoins, l'acte de cessation définitive d'activité n'a pas été retrouvée (activités de station de carburants et d'atelier mécanique, arrêtées depuis au moins 20 ans). L'EPF BRETAGNE a sollicité la DREAL-56 pour statuer sur la situation administrative du site étudié vis-à-vis de son classement ICPE.

2.6 Données disponibles sur l'état des milieux (juin 2023)

La synthèse de l'état environnemental du terrain est réalisée à partir des investigations menées en novembre 2016 et février 2018 (HPC Envirotec), ainsi qu'en mai-juin 2023 (SOCOTEC), pour le compte de l'EPF BRETAGNE, et avec l'interprétation des résultats par GINGER BURGEAP.

Ainsi, les diagnostics de pollution ont concerné les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines (une à deux campagnes en février 2018 et/ou juin 2023).

La synthèse de ces diagnostics est présentée dans le tableau suivant et sur la figure en page suivante.

Tableau 4 : Synthèse des impacts dans les différents milieux (parcelles AX490 et 491)

Source de pollution	Impact identifié dans les sols (teneurs maximales mesurées)	Impact identifié dans les eaux souterraines	Impact identifié dans les gaz du sol*	Cohérence entre milieux
<u>2 cuves enterrées à carburants</u> (sondages A1, A2, S1 à S4, S6, S11, C7)	Hydrocarbures volatils entre 0,3 et 4 m de profondeur (1 360 mg/kg en HCT ; 180,3 mg/kg en BTEX ; 10,7 mg/kg en benzène ; 33 mg/kg en naphthalène) <i>Incertitude sur l'extension au-delà de 4 m de profondeur</i>	Hydrocarbures sur Pz2 (en HCT : 1 26 mg/L en juin 2023 4,28 mg/L en fév.2018) Léger en Chlorure de vinyle (2,33 et 4,03 µg/L)	Hydrocarbures (piézairs A1 et/ou A2) 37,6 et 23,2 mg/m ³ en TPH 4,6 à 13,97 µg/m ³ en benzène PCE (2,4 à 11,8 µg/m ³) chloroforme (39,4 µg/m ³)	Oui
<u>Extension latérale de la pollution, à l'Est</u> <i>(Incertitude Hors site ?)</i> (sondages C3 et C4)	Hydrocarbures volatils entre 1 et 4 m de profondeur (248 mg/kg en HCT ; 13,5 mg/kg en BTEX ; 0,24-0,26 mg/kg en benzène ; 1,7-1,9 mg/kg en naphthalène)	RAS (piézomètre Pz4)	-	-
<u>Extension latérale de la pollution, au Sud</u> (sondage C5)	Hydrocarbures moyennement volatils entre 0,1 et 4 m de prof. (116 à 288 mg/kg en HCT ; 0,22 à 2,02 mg/kg en BTEX ; <LQ en benzène ; 0,86 mg/kg en naphthalène)	RAS (piézomètre Pz1)	-	-
<u>Anciens volucompteurs</u> <i>(Incertitude Hors site ?)</i> (sondages S7 et S8)	Hydrocarbures volatils entre 1,2 et 2 m de prof. (134 mg/kg en HCT ; 7,43 mg/kg en BTEX ; <LQ en benzène ; 5,5 mg/kg en naphthalène)	Léger impact en hydrocarbures sur Pz3 (en HCT : 0 385 mg/L en juin 2023 0,2 mg/L en fév.2018)	Hydrocarbures (piézair A3) en 2018 : 6,61 mg/m ³ en TPH 9,52 µg/m ³ en benzène RAS en juin 2023	Oui
<u>Ancien atelier mécanique</u> (sondage C4)	Hydrocarbures peu volatils entre 0,1 et 1 m de profondeur (848 mg/kg en HCT)	-	-	-
(sondage C5)	entre 0,1 et 1 m de profondeur (436 mg/kg en HCT)	-	-	-
<u>Ancien atelier mécanique en parcelle AX490</u> (sondage C6)	Hydrocarbures lourds entre 0,3 et 2 m de profondeur (1 490 à 4 070 mg/kg en HCT) Piomb (226 mg/kg) et cadmium (1,28 mg/kg) entre 0,3 et 1 m de prof.	RAS (piézomètre Pz5)	-	-
<u>Remblai à l'entrée de l'atelier</u> (sondage C2)	Piomb (613 mg/kg) entre 0,1 et 1 m de prof.	RAS (piézomètre Pz3)	-	-

* dans les gaz du sol, saturation des supports adsorbants (charbon actif) lors de l'échantillonnage sur les ouvrages A1, A2, GDS1 et GDS2, induisant potentiellement une sous-estimation des concentrations en hydrocarbures.

HCT : indice hydrocarbures C₁₀-C₄₀

TPH : total petroleum hydrocarbons

BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes

PCE : tétrachloroéthylène

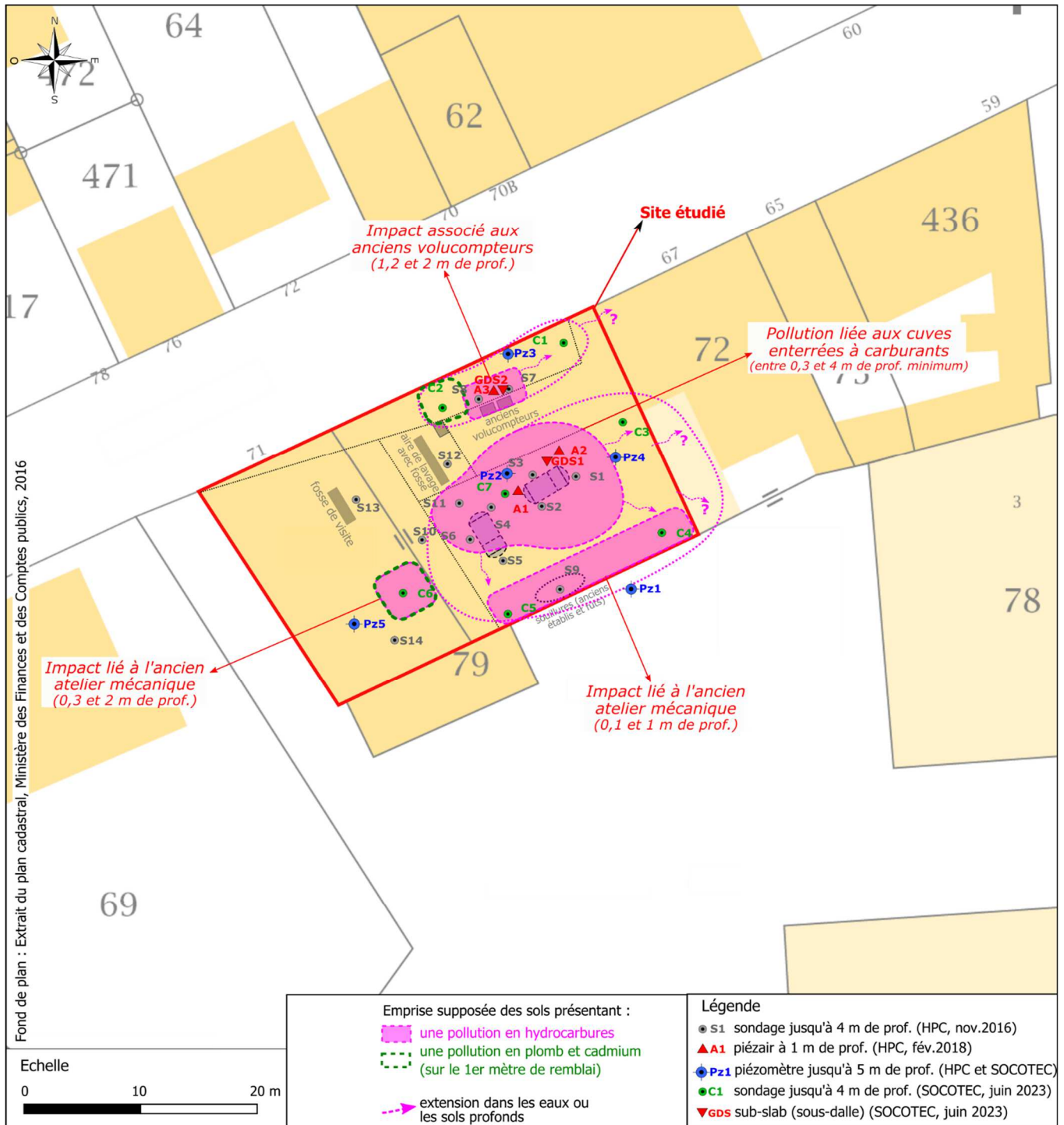


Figure 4 : Localisation des sols reconnus pollués au droit du site

2.7 Objectifs de réhabilitation

Compte tenu des données environnementales disponibles sur les milieux, les objectifs de réhabilitation correspondent à des seuils retenus dans les sols (cf. Plan de Gestion de février 2025) rappelés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Objectifs de réhabilitation définis dans les sols (sur site)

Polluant	Objectif de réhabilitation dans les sols
Traitement / dépollution des sols superficiels jusqu'à 1 m de profondeur, au niveau des sols non saturés	
Dans les sols à plus de 1 m de profondeur par rapport au terrain initial :	
Hydrocarbures (Indice C₁₀-C₄₀)	< 500 mg/kg
Somme des (B)TEX	< 6 mg/kg
Benzène	< limite de quantification du laboratoire

2.8 Scénarios de gestion des pollutions (février 2025)

Etant donné la nature des pollutions (hydrocarbures) et les extensions dans les sols et la nappe souterraine, ainsi que des contraintes d'accessibilité des pollutions, le Plan de Gestion (février 2025) a permis de retenir les scénarios de gestion des pollutions suivants :

- en 1^{er} lieu (par défaut) : l'excavation et l'évacuation en filière adaptée des remblais superficiels reconnus pollués et considérés facilement accessibles (sur 1 m d'épaisseur, au niveau des sols considérés hors d'eau) ;
- en 2^{ème} lieu (en complément) : la gestion des sols profonds présentant des pollutions concentrées :
 1. le confinement *in situ* par couverture des pollutions concentrées en hydrocarbures et la surveillance de la qualité des eaux souterraines sur une durée prolongée.
Pour ce scénario, seul le projet de parvis et de stationnement aérien pourra être envisagé et devra intégrer une gestion des eaux pluviales en dehors du confinement et de la pollution résiduelle ;
 2. le pompage et le traitement *in situ* (stripping, filtration), voire l'extraction multiphasique *in situ* des pollutions concentrées en hydrocarbures ;
 3. l'oxydation chimique *in situ* des pollutions concentrées en hydrocarbures ;
 4. l'excavation et l'évacuation en filière adaptée des pollutions concentrées, ainsi que la biodégradation dynamisée *in situ* de la pollution difficilement accessible (au-delà de 3 m de profondeur, avec le risque de désordre sur les structures à conserver ou en limite parcellaire).

De plus, la mise en place d'une surveillance environnementale (bilan quadriennal *a minima*) est envisagée pour vérifier la maîtrise des pollutions et l'évolution favorable des impacts.

Les scénarios 3 et 4 sont les mieux classés à l'issue du bilan coûts / avantages. Etant donné la contrainte d'une pollution non traitée et confinée, le scénario 1 est écarté pour le projet de construction d'un bâtiment (usage de commerces/bureaux projeté en RdC).

Le scénario 3 est plus particulièrement étudié dans ce PCT en raison notamment, du délai moindre de traitement par oxydation chimique (comparé au stripping et à la biodégradation des hydrocarbures) et la rémanence d'oxydant injecté dans le terrain (potentielle traitement de la nappe souterraine en aval des injections).

Au droit du site étudié (parcelles AX490 et 491), la quantité totale de sols présentant des pollutions concentrées **en hydrocarbures** est estimée à **1 365 m³ / 2 457 tonnes** (cf. détails dans le Plan de Gestion).

3. Essais pour le Plan de Conception de Travaux

3.1 Préambule

Le Plan de Conception de Travaux (PCT) comporte :

1. des essais de caractérisation complémentaire du milieu et/ou de la pollution « E1 » ;
2. des essais d'orientation « E2 » visant à valider la possibilité de mettre en œuvre les solutions de gestion envisageables ;
3. des essais d'évaluation des performances « E3 » visant à valider l'efficacité du traitement ;
4. une étude d'avant-projet (AVP).

3.2 Essais retenus

Au regard des conclusions du Plan de Gestion, les essais retenus sont les suivants.

Tableau 6 : Essais retenus pour le PCT

Catégorie d'essai	Essais et recherches préconisés
Analyses de caractérisation « E1 »	<u>Sols</u> : teneurs en eau et en nutriments (ammonium, potassium, nitrates, azote Kjeldahl, COT, phosphore total). <u>Eaux souterraines</u> : teneurs en nutriments (ammonium, nitrates, nitrites, azote Kjeldahl, COT, COD, phosphore total).
Essai d'orientation « E2 »	Essai de biodégradation aérobie en batch de la zone saturée. ----- Détermination de la Demande du Sol en Oxydant (DSO). Essais d'oxydation au persulfate de sodium et au permanganate de potassium.
Essai de performance « E3 »	Essai de traitement sur site au persulfate de sodium.

Les essais en laboratoire ont été réalisés par notre laboratoire GINGER T-LAB d'Aix-en-Provence-13 (2024). L'essai de traitement sur site a été réalisé en décembre 2024 avec la sous-traitance de la société REMEA.

Les rapports présentant les résultats de ces essais sont insérés en **Annexe 1** (GINGER BURGEAP) et **Annexe 2** (REMEA).

3.3 Analyses de caractérisation préalable « E1 »

Les analyses d'échantillons de sols comprennent la mesure des teneurs en eau et en « *nutriments* », ainsi que les analyses chimiques des polluants à l'état initial.

De plus, un échantillon d'eau souterraine (pompée sur le piézomètre Pz2 existant) a bénéficié d'analyses en « *nutriments* » et d'analyses chimiques de polluants à l'état initial.

Le rapport présentant les résultats de ces analyses réalisées début 2024 (GINGER BURGEAP) est inséré en **Annexe 1**.

► Teneur en eau dans les sols

Seul l'échantillon « *sol pollué 4* » présente une teneur en eau élevée (supérieure à 30%) qui traduit vraisemblablement une profondeur d'échantillon au niveau de la zone saturée (identifiée à environ 1 m de profondeur au droit du site étudié).

► Teneurs en carbone organique et « *nutriments* »

Dans les sols, les teneurs obtenues en Carbone Organique Total (COT) sont considérées fortes (entre 5 500 et 14 000 mg/kg MS). Celles en « *nutriments* » (ammonium, potassium, nitrates, azote Kjeldahl, phosphore total) correspondent toutefois à des valeurs régulièrement analysées dans des sols.

Aussi, les concentrations en carbone, azote et phosphore sont optimales pour le développement bactérien (ratio minimal C/N/P=100/10/1).

Dans les eaux souterraines, les teneurs obtenues en Carbone Organique Total et Dissous (COT/COD) et en « *nutriments* » (ammonium, nitrates, nitrites, azote Kjeldahl, azote global, phosphore total), correspondent à des valeurs régulièrement analysées dans la nappe souterraine.

► Concentrations initiales en polluants

Dans les sols et les eaux souterraines (piézomètre Pz2), les teneurs en polluants obtenues par le laboratoire GINGER T-LAB (hydrocarbures totaux, HAP et BTEX) sont relevées inférieures par rapport à celles analysées dans le cadre des diagnostics antérieurs.

Notons que des teneurs significatives en TEX et hydrocarbures C5-C10 sont tout de même obtenues sur l'échantillon de sol « *pollué 3* » (respectivement 84,5 et 1 200 mg/kg) et celui d'eau souterraine (respectivement 758 µg/L et 1 500 µg/L).

3.4 Essais d'orientation « E2 »

3.4.1 Essais de biodégradation aérobie en batch de la zone saturée

L'essai de biodégradation aérobie en zone saturée a pour objectif de démontrer la capacité des micro-organismes présents dans le sol, à dégrader des polluants, avec ou sans présence d'un apport contrôlé de dioxygène. Cet ajout en O₂ a été réalisé par voie liquide (injection de H₂O₂ dilué), afin d'imiter un apport d'air sous pression similaire à l'utilisation de la méthode du sparging *in situ*.

Le rapport présentant les résultats de cet essai réalisé au cours de l'année 2024 (GINGER BURGEAP) est inséré en **Annexe 2**. A partir d'échantillons de sols et d'eaux souterraines à traiter, 2 séries de tests ont été réalisées avec les échantillons suivants (durée de 3 mois de test) :

- Témoin : sols et eaux souterraines impactés, et sans apport d'O₂ dissous ;
- Aéré : sols et eaux souterraines impactés, avec ajout d'O₂ dissous par ajout d'une solution H₂O₂ 3%.

Résultats :

Les essais biodégradation aérobie en batch (2024) ont mis en évidence :

- une activité bactérienne aérobie quelle que soit la condition (Témoin ou Aéré) ;
- une biodégradation élevée du naphtalène dans les sols et les eaux avec des abattements supérieurs à 80% dès 2 mois d'essai ;
- dans les sols, une biodégradation limitée des hydrocarbures C5-C10 (faible à nulle), en indice C₁₀-C₄₀ (abattement de 60% maximum), ainsi que des xylènes (faible à nulle), en raison de :
 - la nature argileuse du sol qui limite la diffusion de l'oxygène et réduit l'activité bactérienne ;
 - le relargage de polluants par consommation de la matière organique.

Au vu de ces résultats, la biodégradation aérobie n'est donc pas une technique préconisée pour le site étudié.

3.4.2 Essais d'oxydation chimique en laboratoire

L'oxydation chimique doit permettre de transformer les polluants organiques dans les sols et les eaux souterraines en composés non toxiques (surtout du CO₂). Les oxydants les plus communs sont le permanganate (de potassium ou sodium), le persulfate (de sodium) et le peroxyde d'hydrogène, ainsi que l'ozone.

Néanmoins, le permanganate et le persulfate sont plus faciles à manipuler et apportent moins de dangers. De plus, leur rémanence dans les terrains est nettement plus longue. Ce sont donc les oxydants les plus utilisés dans le cadre d'un traitement *in situ*.

A partir d'échantillons de sols et d'eaux souterraines à traiter, le permanganate et le persulfate ont été testés lors des essais en laboratoire. Le rapport présentant les résultats de ces essais réalisés au cours de l'année 2024 (GINGER BURGEAP), est inséré en **Annexe 1**.

Les essais préliminaires à l'oxydation chimique mettent en évidence dans les sols :

- un pH légèrement acide (6,3 à 6,7) et une alcalinisation rapide à la soude (pH >11,5 nécessaire pour l'activation de persulfate), traduisant une capacité tampon moyenne à limitée des sols ;
- une demande naturelle du sol en oxydant (DSO) mesurée entre 1,9% et 5,6% pour des teneurs en permanganate de potassium de 10 et 30 g/L respectivement.

Aussi, la richesse en COT est susceptible de limiter l'efficacité de l'oxydation chimique des polluants, la matière organique des sols étant consommée jusqu'à 25% en 48h par l'oxydant.

Par conséquent, la demande naturelle du sol en oxydant (DSO) implique un risque de faisabilité technico-économique pour l'oxydation chimique *in situ*, mais n'est pas considérée rédhibitoire.

A partir des échantillons à traiter, 3 conditions d'essais ont été testées durant 14 jours, avec :

- Sol témoin : sols impactés sans ajout d'oxydant ;
- Sol avec ajout de permanganate de potassium (20 et 30 g/L) ;
- Sol avec ajout de persulfate de sodium (100 et 200 g/L).

Pour l'activation du persulfate de sodium (par un $\text{pH} > 11,5$) : l'ajout de soude (NaOH) de 0,2 mmole par gramme de sol (correspondant à 8 kg NaOH / tonne de sol à traiter).

Résultats :

L'oxydation chimique est une technique applicable et permettra d'atteindre un objectif de dégradation de 70% à 90% massique pour les hydrocarbures légers de type aromatique (BTEX notamment) :

- à partir de 7 jours de traitement au permanganate de potassium (KMnO_4) et pour une concentration de 20 g/L de KMnO_4 , ainsi qu'une proportion massique de 5% d'oxydant / masse de sol ;
- à partir de 7 jours de traitement au persulfate de sodium (PS) et pour une concentration de 100 g/L de PS, ainsi qu'une proportion massique de 5% d'oxydant / masse de sol.

Notons qu'une forte consommation d'oxydant par le milieu imposera de choisir un ratio massique d'ordre de grandeur de 5% d'oxydant / masse de sol. Le choix ne se portera alors sur cette technique que pour des compositions de polluants bien précises par rapport aux objectifs souhaités, et en particulier plutôt pour des ratios élevés en hydrocarbures aromatiques.

De plus, l'Entreprise en charge des travaux pourra choisir l'un des 2 oxydants testés, ou un oxydant d'efficacité similaire (oxydant radicalaire de type percarbonate, peroxyde) et affiner le dosage sur la base de compléments d'essais à réaliser avant travaux.

3.5 Essais de performances « E3 » - Oxydation chimique *in situ*

3.5.1 Principe de l'essai - Objectifs

L'essai pilote de traitement vise à appréhender la faisabilité technique et la performance d'un traitement des impacts en hydrocarbures par oxydation chimique.

Le principe de l'essai réalisé consiste en l'injection d'une solution de persulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ou PS) dans la zone saturée entre -3,5 et -5 m, afin d'évaluer la réaction du terrain et estimer les paramètres d'injection à prendre en compte pour le dimensionnement du traitement pleine échelle.


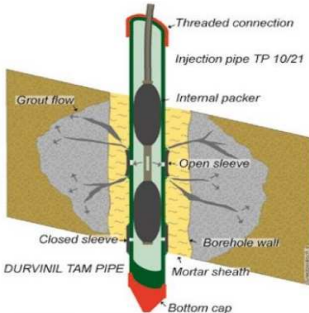
Le rapport présentant les résultats des injections est inséré en **Annexe 2** (REMEA).

3.5.2 Mise en place d'ouvrages pour constituer le dispositif d'essai

Afin de constituer un dispositif d'essai d'injection, 3 ouvrages ont été réalisés à proximité du piézomètre existant Pz2 (voir le tableau ci-dessous et la figure en page suivante) :

- 2 piézomètres (Pz6 et Pz7) à 6 m de profondeur pour suivre le rayon d'influence de l'essai d'injection ;
- 1 ouvrage d'injection de type Tube A Manchettes (TAM) à 6 m de profondeur.

Tableau 7 : Descriptif technique des investigations

Désignation	Descriptif technique
Réalisation de 2 piézomètres 	<p>La prestation a été sous-traitée à la société REMEA.</p> <p>Les piézomètres Pz6 et Pz7 ont été forés à la tarière mécanique jusqu'à 6 m de profondeur et équipés de tubes piézométriques en 52/60 mm crépinés de -1 m à -6 m.</p> <p>La lithologie rencontrée a été du haut en bas (en tenant compte également des résultats d'analyses granulométriques antérieures) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 à -0,10 m : dalle bétonnée ; • -0,10 à -1,0 m : limon fin et gris ; • -2,0 à -6,0 m : limon fin plus ou moins sableux, et gris (parfois brun). <p>Les ouvrages ont été protégés sous une bouche à clef scellée au ras-du-sol.</p> <p>Les déblais de forage ont été évacués par REMEA.</p>
Réalisation d'un tube à manchettes 	<p>La prestation a été sous-traitée à la société REMEA.</p> <p>Le TAM a été foré à la tarière mécanique jusqu'à 6 m de profondeur et équipé de tubes en 50 mm et avec des manchettes entre -2,5 et -5 m (8 manchettes espacées de 33 cm).</p> <p>La lithologie rencontrée a été du haut en bas :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 à -0,10 m : dalle bétonnée ; • -0,10 à -1,0 m : limon fin et gris ; • -2,0 à -6,0 m : limon fin plus ou moins sableux, et gris (parfois brun). <p>Les déblais de forage ont été évacués par REMEA.</p>

Le dispositif d'essai est donc constitué de :

- tube à manchettes TAM destiné à injecter la solution oxydante ;
- piézomètre Pz2 (3,5 m de prof.) situé à 1 m du TAM en direction du Nord ;
- piézomètre Pz6 situé à 1 m du TAM en direction de l'Ouest ;
- piézomètre Pz7 situé à 1,5 m du TAM en direction du Sud.

De plus, le piézair A1 de 1,5 m de profondeur (crépiné entre 0,5 et 1,5 m par rapport au dallage) est implanté à 1 m à l'Est du TAM.

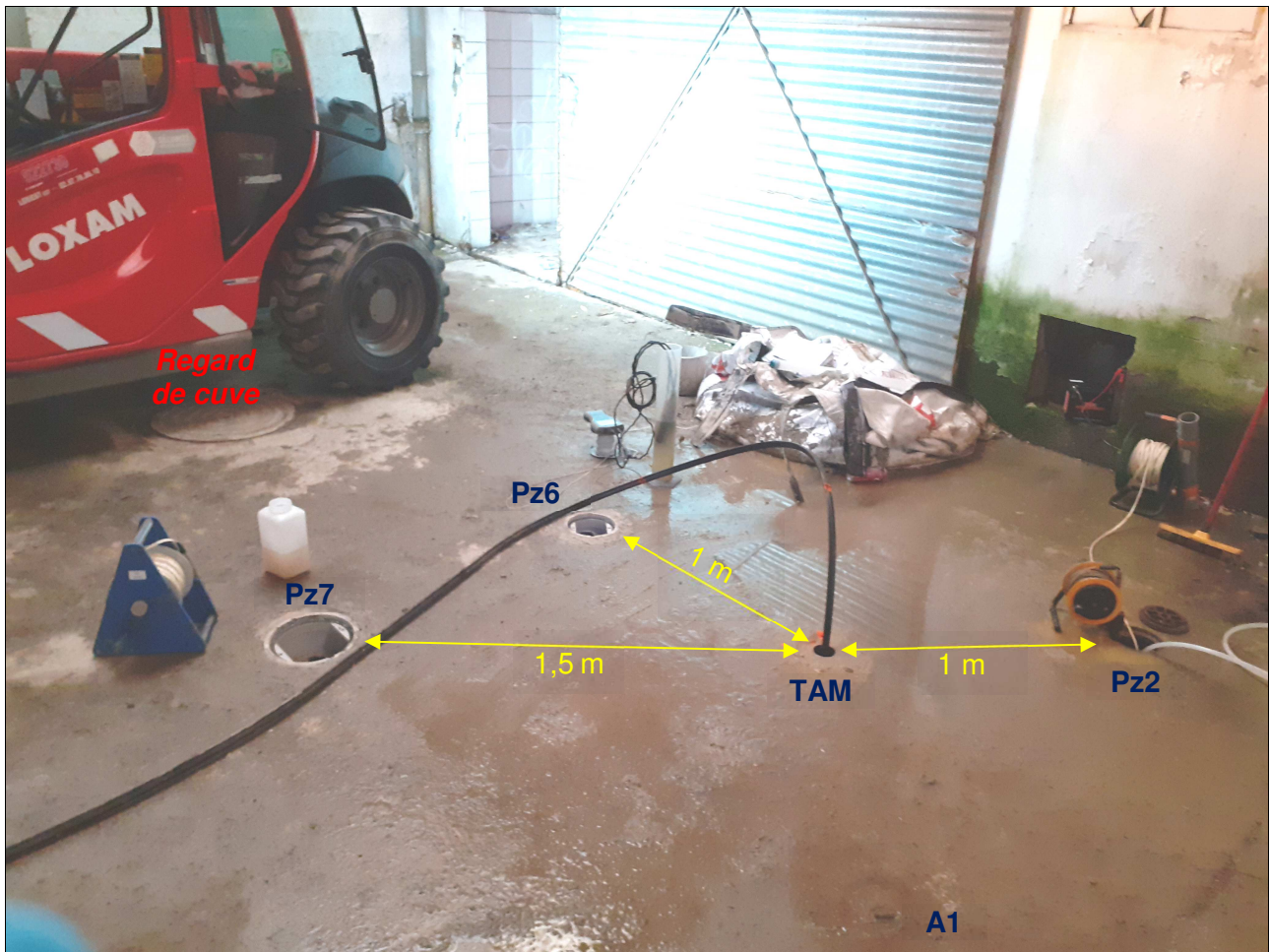


Figure 5 : Photographie du Dispositif d'essai

3.5.3 Réalisation de l'essai

L'essai a été réalisé par la société REMEA, sous la supervision de GINGER BURGEAP. Le réactif oxydant a été fourni par la société REMEA.

3.5.3.1 Matériel

Le matériel utilisé pour l'essai a été le suivant :

- une presse d'injection hydraulique TEC SYSTEM comprenant un groupe de préparation (cuve de mélange en PeHD et avec malaxeur) et un groupe d'injection (pompe péristaltique) ;
- un groupe électrogène 20 kVA ;
- un manomètre (espacement des graduations de 0,2 bar) et un compteur volumétrique ;
- une canne d'injection avec obturateur double ;
- un dispositif de gonflage des obturateurs.

Le produit utilisé pour l'injection a été une solution de persulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ou PS) constituée par dilution dans l'eau, de persulfate de sodium en poudre.

3.5.3.2 Chronologie

La chronologie des essais est la suivante :

- 09/12/2024 : Amenée sur site du matériel et du personnel, mise en place des équipements, « test à blanc » de la presse d'injection (avec de l'eau), mesures et analyses de l'état initial des eaux souterraines (3 piézomètres) ;
- 10/12/2024 : Réalisation de 5 passes/essais d'injection sur 4 manchettes différentes (Manchette 1 (ou TAM1), Manchette 3 (TAM3), Manchette 4 (TAM4) et Manchette 5 (TAM5)).

Le 5^{ème} essai d'injection concerne une injection renouvelée sur la Manchette 4 (= TAM4 Bis) ayant « claqué » lors de la 3^{ème} passe/essai (TAM4).

Soulignons que **des essais d'injection n'ont pu être réalisés sur 3 manchettes du TAM avec une installation impossible des obturateurs (TAM2 à 5 m de prof.) ou une surpression au démarrage des injections (absence de « claquage » des manchettes TAM6 et TAM7, à 3 et 2,5 m de prof.)** ;

- 11/12/2024 : Repli du matériel ;
- 12/12/2024 : mesures et analyses de l'état final des eaux souterraines (3 piézomètres).

3.5.3.3 Protocole

Le protocole d'injection mis en œuvre est décrit ci-après.

Phase	Illustration
<p>Préparation de la solution d'injection</p> <p>La préparation sur site de la solution diluée est effectuée sur site. La concentration en $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ dans la solution est de 100 g/L.</p> <p>Chaque passe d'injection visant à injecter 100 L de solution, ce sont 10 kg de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ qui sont dilués dans 100 L d'eau pour chaque passe d'injection.</p> <p>Le dosage est réalisé au moyen d'une balance, et le mélange est assuré par un malaxeur adossé à la presse d'injection.</p>	 <p>Sac de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ en poudre et cuve de mélange avec malaxeur</p>
<p>Injection</p> <p>Pour chaque passe d'injection, la canne d'injection est descendue à la profondeur voulue, en face de la manchette devant être injectée.</p> <p>Les deux obturateurs sont gonflés à l'air pour éviter tout transfert de solution verticalement dans le TAM.</p> <p>La solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ est ensuite injectée au moyen de presse hydraulique, jusqu'à atteinte du volume d'environ 100 L.</p> <p>Les paramètres de l'injection réalisée sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> Nombre de puits d'injection : 1 (TAM) Profondeur à traiter : -1 à -6 m (épaisseur estimée de 5 m) Ordre : de bas en haut (1^{ère} tranche = 5,50 à 5,80 m) Nombre de passes injectées : 5 passes sur 4 manchettes différentes (injection renouvelée sur la Manchette 4 (TAM4)) Produit utilisé : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ dosé à 100 g/L Masse de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ mise en œuvre : 50 kg (10 kg par passe) Volume moyen de solution par passe : 100 litres Volume total de solution injectée : 667 litres 	 <p>Pompe péristaltique Pompe à obturateur et skid d'injection</p>  <p>Canne d'injection avec double obturateur</p>



Phase	Illustration
<p>Métrologie de l'injection</p> <p>Les paramètres de pression d'injection, de débit et volume injectés, sont suivis en continu et lus à partir d'un manomètre et d'un débitmètre.</p> <p>La pression a été maintenue à 1-2 bars pour les injections.</p> <p>Le débit d'injection était de l'ordre de 7 à 11 L/min pour les différentes passes (13 L/min pour l'injection renouvelée sur la Manchette 4 (TAM4 Bis)).</p> <p>Le temps total d'injection pour chaque passe a varié de 10-15 minutes (sur les 4 premières passes), à 31 min. sur l'injection renouvelée de Manchette 4 (= TAM4 Bis).</p> <p>Les graphiques de suivi des paramètres d'injection sont présentés en pages suivantes.</p>	 <p><i>Manomètre et débitmètre à la sortie de la pompe péristaltique</i></p>
<p>Pilotage des eaux souterraines</p> <p>Les eaux souterraines sont contrôlées tout au long de l'essai d'injection, par mesures dans les ouvrages Pz2, Pz6 et Pz7, et à intervalles réguliers :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niveau piézométrique ; • Paramètres physico-chimiques sur site (pH, conductivité potentiel redox, oxygène dissous) ; • COV au PID ; • Couleur de l'eau. <p>Les résultats du suivi sont présentés dans le tableau en page suivante.</p> <p>Les graphiques de suivi des paramètres du pilotage des eaux souterraines sont présentés sur une figure en page suivante.</p> <p>Des prélèvements d'eau sont réalisés après les injections, le 12/12/2024. Les résultats sont présentés dans un tableau en page suivante.</p>	 <p><i>Appareils de mesure (sonde piézométrique, sondes multiparamètres)</i></p>

Tableau 8 : Résultats du pilotage sur les eaux souterraines

Heure	Manchette injectée	Prof. injection (m)	Volume injecté	Pz2 (mesure à 2 m de prof.)						Pz6 (mesure à 4 m de prof.)						Pz7 (mesure à 4 m de prof.)						Observations
				ND m/surf.	Cond. µS/cm	Redox mV	pH	O2 mg/l	PID ppmV	ND m/surf.	Cond. µS/cm	Redox mV	pH	O2 mg/l	PID ppmV	ND m/surf.	Cond. µS/cm	Redox mV	pH	O2 mg/l	PID ppmV	
8:30	-	-	0	0.72	556	15.3	6.5	0.5	13	0.61	537.0	78	6.8	4.3	12.5	0.64	339	90	6.6	0.8	12.5	
8:56	1	5.5	60 L	0.70	550	111.2	6.5	2.3	13		370	76.7	6.9	4.6	12.1		332	89.1	6.8	6	12.5	Débit d'injection de 400 L/h.
9:06	1	5.5		0.69	503	60.2	6.5	1.8	13	0.5	298	50.3	7.0	3.8	12.6	0.61	323	59.2	6.8	3.4	12.8	
9:16	1	5.5	110 L	0.69	490	16.5	6.4	1.7	13.1	0.49	577	44.3	7.1	3.6	12.6	0.61	358	40.4	6.9	4.5	12.8	Fin d'injection de la Manchette n°1
9:36	2	-	0	0.76	991	70.9	6.2	0.2	13.1	0.54	4 624	93.6	6.6	2.5	12.5	0.62	378	102.9	6.9	3.3	12.6	Problème sur double obturateur au niveau de manchette n°2 à 5 m de prof.
9:44	3	4.5	25.5 L	1.08	525	31.3	6.4	0.6	13.5	0.51	8 589	126.7	6.5	2.4	12.9	0.62	395	152.5	6.6	3.6	12.8	Début d'injection de la Manchette n°3
9:54	3	4.5	97 L	0.95	540	35.3	6.4	0.6	13.5	0.46	9 837	149.9	6.5	2.8	12.9	0.6	441	167.9	6.7	3.4	12.8	Débit d'injection de 400 L/h.
10:11	3	4.5	107.5 L	0.79	599	104.1	6.3	0.3	13.2	0.58	10 335	192	6.5	5.1	12.6	0.63	423	196	6.6	3	12.8	Fin d'injection de la Manchette n°3
10:23	4	4	10 L	0.96	600	111	6.4	1.1	13.4	0.59	13 833	224	6.3	5.3	12.7	0.66	448	228.1	6.6	3.4	12.9	Débit d'injection de 400 L/h.
10:33	4	4	79 L	0.78	697	165.3	6.2	0.3	13.5	0.52	14 223	239	6.2	4.7	12.9	0.63	502	251	6.5	4.7	12.8	
10:49	5	3.5	6 L	1.08	1 086	290.1	6.2	0.5	13.5	0.5	15 440	306	6.3	4.8	12.8	0.61	514	290	6.5	3.7	12.9	Débit d'injection de 600 L/h.
10:59	5	3.5	105.5 L	0.95	1 610	254.4	6.0	0.5	13.6	0.51	17 810	279	6.1	5.5	12.8	0.62	538	270.1	6.5	4.4	12.8	
11:41	6 & 7	-	0	0.76	1 979	202.6	6.0	1.0	13.1	0.56	21 050	272.3	6.2	5.1	12.2	0.6	567	275.6	6.4	3.1	12.8	Débit d'injection de 400 L/h. Mais, problème d'injection (surpression) sur manchettes n°6 et 7 à 3 et 2,5 m de prof.
13:51	4 bis	4	0 L	0.72	2 356	213.2	6.0	1.8	13	0.55	21 590	281.3	6.2	6.0	12	0.6	521	280	6.8	6.5	12.2	
14:04	4 bis	4	53 L	0.73	3 400	261	5.5	0.4	13.4	0.47	19 730	299.5	5.8	6.4	12.5	0.57	519	280	6.4	3.5	12.7	Débit d'injection de 400 L/h.
14:14	4 bis	4	129 L	0.68	5 000	285	5.0	1.6	13.6	0.52	20 120	302.4	5.7	6.2	12.6	0.52	568	297	6.3	3.5	12.8	
14:26	4 bis	4	222 L	0.66	6 750	357	4.1	1.9	13.5	0.5	22 390	342.8	5.0	5.9	12.9	0.48	721	310	6	3.7	13	
14:38	4 bis	4	229 L	0.66	5 950	335	4.3	1.1	13.5	0.51	22 250	350.8	4.5	5.2	13	0.58	685	322	5.9	3.3	13	Fin d'injection de la Manchette n°4 Bis
14:48	arrêt	-	0	1.01	6 300	357	4.3	0.6	13.7	0.71	22 600	354.3	4.4	5.5	13	0.64	594	320	5.9	3.6	13	
15:05	arrêt	-	0	0.95	6 840	348	4.1	0.9	13.5	0.69	22 530	390.4	3.7	5.3	13	0.67	620	324	5.8	3.2	12.8	
15:19	arrêt	-	0	1.00	5 710	337	4.3	1.5	13.6	0.76	24 670	419.1	3.6	5.2	13	0.73	638	333	5.8	2.7	12.8	
le 12/12	-	-	-	0.82	8133	564	2.5	0.4	13	0.71	8100	305	5.5	1.7	13	0.72	669	208	6	1.4	13	

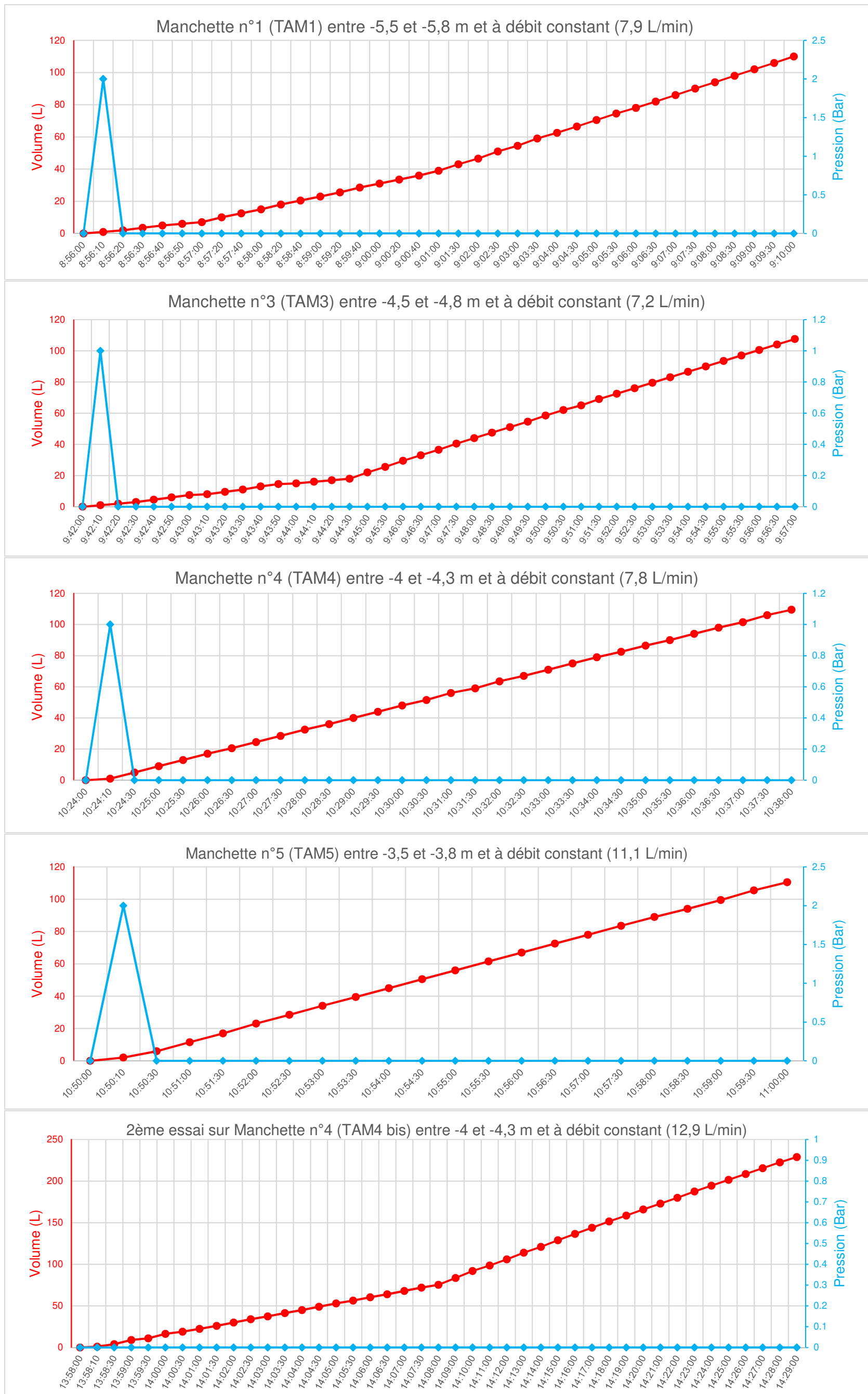




Figure 7 : Suivi du pilotage des eaux souterraines

3.5.3.4 Résultats des paramètres d'injection

La pression a atteint seulement 1 ou 2 bars, excepté pour la 2^{ème} injection sur la Manchette 4 (= TAM4 bis) avec une pression nulle probablement due à une manchette « *claquée* » lors de la 1^{ère} injection.

Le débit d'injection a été de l'ordre de 7-8 L/min à l'exception de l'injection sur la Manchettes n°5 (TAM5) avec un débit légèrement supérieur de 11 L/min.

Compte tenu du « *claquage* » de la Manchette 4 lors de la 1^{ère} injection (TAM4), le débit a été enregistré à près de 13 L/min pour l'essai TAM4 Bis.

La durée totale d'injection pour chaque passe a varié de 10 min (Manchette n°5) à 14-15 minutes (Manchettes n°1, 3 et 4), ainsi que 31 min. sur l'injection renouvelée de Manchette 4 (= TAM4 Bis).

Les enregistrements montrent donc des paramètres d'injection relativement homogènes sur l'ensemble du profil de TAM, hormis la Manchette n°5 (entre 3,5 et 3,8 m de prof.) qui semble plus perméable avec un débit d'injection légèrement plus élevé lors de l'essai, et sans que des différences lithologiques aient été identifiées à la foration.

Les terrains sont considérés injectables en imprégnation au niveau des hauteurs saturées testées.

Soulignons toutefois que des essais d'injection n'ont pu être réalisés sur 3 manchettes du TAM avec une installation impossible des obturateurs à 5 m de profondeur (TAM2) ou une surpression au démarrage des injections à 3 et 2,5 m de profondeur (absence de « *claquage* » des manchettes TAM6 et TAM7).

3.5.3.5 Résultats du pilotage des eaux souterraines

► Niveaux piézométriques

Les niveaux piézométriques dans les ouvrages Pz2, Pz6 et Pz7 ont subi des variations durant les phases d'injection/arrêt (voir graphique « *chronologie des injections et niveaux de nappe* » en page précédente).

Les niveaux piézométriques étaient mesurés entre 0,61 et 0,72 m/sol dans les trois ouvrages avant le démarrage des injections.

Une fois les injections lancées à partir de 8h56 le 10/12/2024, le niveau piézométrique dans l'ouvrage Pz6 (localisé à 1 m du TAM) est remonté de 10 cm au cours de la 1^{ère} passe d'injection TAM1 (seulement de quelques centimètres sur Pz2 et Pz7).

Lors des essais d'injection suivants (TAM3, TAM4 et TAM5), les niveaux piézométriques sont relevés réactifs sur le piézomètre Pz2 (localisé à 1 m du TAM) avec des remontées de 10 à 30 cm (remontée de quelques centimètres sur le Pz2).

Aussi, les évolutions du niveau piézométrique dans Pz7 (localisé à 1,5 m du TAM) sont peu discernables lors de la série d'essais d'injection.

Durant la série d'essais d'injection, les niveaux piézométriques sont remontés jusqu'à 0,46 m par rapport à la surface du dallage. Notons qu'aucune variation de niveau d'eau n'a été constaté en fond de piézair A1 de 1,5 m de profondeur (et localisé à 1 m du TAM).

Notons que l'essai d'injection « *TAM4 Bis* » (= injection renouvelée sur la Manchette 4) met en évidence une réactivité des niveaux d'eaux sur les 3 piézomètres Pz2, Pz6 et Pz7 (remontées observées de 10 cm).

Par conséquent, il semble y avoir une relation plus sensible entre le TAM et les niveaux d'eaux des piézomètres Pz2 et Pz6 (localisés à 1 m du TAM), qu'entre le TAM et le piézomètre Pz7 éloigné à 1,5 m.

► Paramètres physicochimiques

Afin d'observer l'influence des injections sur les conditions physico-chimiques de la nappe (notamment les conductivité et potentiel d'oxydo-réduction), un suivi a été réalisé lors des injections à différentes profondeurs dans les 3 piézomètres proches Pz2, Pz6 et Pz7.

Des variations sensibles de la conductivité sont relevées sur les eaux des piézomètres Pz2 et Pz6 implantés à 1 m du TAM. Les variations de la conductivité sont considérées moins significatives à 1,5 m du TAM (Pz7).

Les valeurs de conductivité maximales sont mesurées dans les eaux du piézomètre Pz2 (supérieures à 10 mS/cm) à partir de la 2^{ème} passe d'injection (TAM3), 1 heure après la 1^{ère} injection. Notons que des conductivités supérieures à 20 mS/cm sont mesurées à l'issue de la 4^{ème} passe (TAM5) pour atteindre un maximum à 24,67 mS/cm, 40 minutes après la fin des essais (à 15:19 sur le piézomètre Pz2).

Dans les eaux du piézomètre Pz2 (implanté à 1 m du TAM), la conductivité évolue également à la hausse, de manière moins significative et à partir de la 4^{ème} passe (valeurs supérieures à 1 mS/cm à partir de TAM5). Soulignons que des conductivités supérieures à 3 mS/cm sont mesurées au cours de la 5^{ème} passe correspondant à la réinjection sur la Manchette 4 (TAM4 Bis).

Aussi, les conductivités mesurées sur le piézomètre Pz6 sont plus de 3-4 fois supérieures à celles obtenues sur le piézomètre Pz2, traduisant la diffusion privilégiée vers Pz6 plutôt que Pz2.

Concernant le potentiel d'oxydo-réduction (potentiel redox), des variations sont également mesurées sur les piézomètres Pz2 et Pz6, ainsi que Pz7 éloigné à 1,5 m du TAM, avec des valeurs supérieures d'un ordre de grandeur à partir de 2^{ème} passe d'injection (TAM3).

De la même manière que pour la conductivité, le potentiel redox maximum est obtenu sur le piézomètre Pz6 (419 mV), 40 minutes après la fin des essais (à 15:19). Les valeurs maximales de 337 et 333 mV sont mesurées sur les piézomètres Pz2 et Pz7.

Dans le cadre de l'échantillonnage des eaux souterraines, 48h après les essais d'injection (le 12/12/2024), des conductivité et potentiel redox significatifs sont à nouveau mesurés dans les eaux de Pz2 et Pz6 (conductivité de 8,1 mS/cm sur les 2 ouvrages ; potentiels redox de 305 et 564 mV (208 mV sur Pz7)).

Comme attendu, les pH et teneur en oxygène dissous ne subissent pas de variations significatives durant les essais d'injection.

3.5.3.6 Résultats de qualité des eaux souterraines

Les résultats de qualité des eaux souterraines (état initial et 48h après les essais d'injection) sont présentés dans le tableau en page suivante (voir les bordereaux du laboratoire en **Annexe 3**), et mettent en évidence :

- comme attendu, des augmentations significatives des teneurs en sodium, chlorures et sulfates à la suite des injections, et avec des teneurs supérieures de 2 ordres de grandeurs sur les piézomètres Pz2 et Pz6 (de 1 ordre de grandeur sur Pz7) ;
- sur les piézomètres Pz2 et Pz6 (implantés à 1 m du TAM) : des teneurs en hydrocarbures C5-C10 (notamment en BTEX et naphtalène) inférieures de 1 à 3 ordres de grandeur entre avant et après les essais d'injection. Notons que 48h après ces essais, les teneurs en BTEX sont relevées inférieures aux seuils établis pour l'eau potable par l'OMS (2017).

Cet abattement des teneurs en HC C5-C10 est également constaté sur les eaux de Pz7 (implanté à 1,5 m du TAM) ;

- des teneurs en indice C₁₀-C₄₀ et autres HAP comparables entre l'état initial et 48h après les essais d'injection ;
- des teneurs en COHV inférieures aux limites de quantification du laboratoire, lors des 2 campagnes.

Tableau 9 : Résultats du pilotage sur les eaux souterraines

		Valeurs de référence dans l'eau				Campagne	Le 09/12/2024 (avant essais d'injection)			Le 12/12/2024 (après essais d'injection)		
		Eau potable - Anx1 de l'arrêté du 11/01/07 modifié (1) (valeur limite, sauf italique : référence)	Eau potable (OMS, 2017) en italique : provisoire	Critères d'évaluation - Arrêté 23/06/2016	Eaux brutes - Anx2 de l'Arrêté du 11/01/07 modifié (1)		Pz2	Pz6	Pz7	Pz2	Pz6	Pz7
Paramètres généraux												
Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm						502	468	392	12 700	8 600	675
Potentiel d'oxydo-réduction	mV						235	222	236	15	14	9.9
Chlorures	mg/l				200		14	13	11	4 400	1 200	210
Sulfates	mg/l				250		2.2	4.3	10	860	711	537
Sodium (Na)	µg/l		50 000		200 000		13 000	12 000	9 800	2 200 000	3 100 000	30 000
Hydrocarbures volatils												
C5-C6 Aliphatiques	mg/L	-	-	-	-		3.2	1.9	1.5	0.74	0.18	1.1
>C6-C8 Aliphatiques	mg/L	-	-	-	-		3	2.5	1.8	0.72	0.21	1.1
>C8-C10 Aliphatiques	mg/L	-	-	-	-		<0.2	0.42	0.08	0.063	0.039	0.073
C6-C8 Aromatiques	mg/L	-	-	-	-		5.7	4.1	1.8	0.026	<0.004	0.31
>C8-C10 Aromatiques	mg/L	-	-	-	-		3.4	2.2	2.1	<0.02	<0.004	0.42
C5-C10 Total	mg/L	-	-	-	1		15	11	7.3	1.6	0.43	3
Hydrocarbures totaux												
Fraction C10-C12	mg/L	-	-	-	-		1.74	1.25	1.09	0.21	0.732	0.875
Fraction C12-C16	mg/L	-	-	-	-		0.06	0.053	0.036	0.28	0.041	0.035
Fraction C16-C20	mg/L	-	-	-	-		<0.005	0.0053	<0.005	0.027	0.03	0.024
Fraction C20-C24	mg/L	-	-	-	-		0.0084	0.0091	0.079	0.083	0.14	0.19
Fraction C24-C28	mg/L	-	-	-	-		0.023	0.027	0.31	0.22	0.47	0.64
Fraction C28-C32	mg/L	-	-	-	-		0.023	0.026	0.28	0.18	0.39	0.49
Fraction C32-C36	mg/L	-	-	-	-		0.0076	0.009	0.096	0.065	0.14	0.18
Fraction C36-C40	mg/L	-	-	-	-		<0.005	<0.005	0.014	0.016	0.027	0.039
Indice HC C10-C40	mg/L	-	-	-	1		1.87	1.38	1.91	0.829	1.97	2.47
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)												
Naphtalène	µg/L	-	-	-	-		330	260	140	73	67	130
Acénaphthylène	µg/L	-	-	-	-		<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.050	<0.050
Acénaphthène	µg/L	-	-	-	-		<0.10	0.14	0.18	<0.10	<0.03	0.087
Fluorène	µg/L	-	-	-	-		0.12	0.17	0.35	0.12	0.14	0.27
Phénanthrène	µg/L	-	-	-	-		<0.10	0.14	0.35	<0.10	0.2	0.34
Anthracène	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	0.12	<0.10	0.015	0.075
Fluoranthène (4)	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.051	0.075
Pyrène	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.057	0.11
Benzo(a)anthracène	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.031	0.045
Chrysène	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.03	0.033
Benzo(b)fluoranthène (3) (4)	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.025	0.024
Benzo(k)fluoranthène (3) (4)	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyrène (4)	µg/L	0.01	0.7	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.028	0.040
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.010	<0.010
Benzo(g,h,i)pérylène (3) (4)	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.039	0.048
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (3) (4)	µg/L	-	-	-	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.02	0.029
Somme des 4 HAP (3)	µg/L	0.1	-	-	-		<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	0.084	0.101
Somme des 6 HAP (4)	µg/L	-	-	-	1		<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	0.163	0.216
Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques (HAM)												
Benzène	µg/L	1	10	-	-		130	130	37	5	<0.4	7
Toluène	µg/L	-	700	-	-		460	270	57	<5.0	<1.0	11
Ethylbenzène	µg/L	-	300	-	-		1 100	770	300	9	<1.0	63
o-Xylène	µg/L	-	-	-	-		380	490	160	<5.0	<1.0	34
Xylène (méta-, para-)	µg/L	-	-	-	-		3 600	2 400	1 200	7.1	<0.4	190
Somme xylènes	µg/L	-	500	-	-		4 000	2 900	1 400	7.1	<1.0	220
Somme des BTEX	µg/L	-	-	-	-		9 670	6 960	3 154	28.2	<1.0	524.7
Composés Organo Halogénés Volatils (COHV)												
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	-	40	10	-		<10	<10	<1.0	<1.0	<0.2	<1.0
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	-	20	10	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0
Trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0
1,1-Dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-		<10	<10	<1.0	<1.0	<0.2	<1.0
Chlorure de vinyle	µg/L	0.5	0.3	-	-		<20	<20	<2.0	<2.0	<0.4	<2.0
1,1,1-Trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0
1,1,2-Trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0
1,1-Dichloroéthane	µg/L	-	-	-	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0
1,2-Dichloroéthane	µg/L	3	30	-	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/L	-	4	-	-		<10	<10	<1.0	<1.0	<0.2	<1.0
Dichlorométhane	µg/L	-	20	-	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0
Trichlorométhane (chloroforme) (5)	µg/L	-	300	-	-		<50	<50	<5.0	<5.0	<1.0	<5.0

(1) Arrêté modifié par l'arrêté du 30/12/2022

(2) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : valeur limite pour l'ensemble des hydrocarbures

(3) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3-c-d)pyrène

(4) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3-c-d)pyrène, fluoranthène, benzo(a)pyrène

concentration supérieure à un des seuils "eau potable"

concentration supérieure aux seuils de l'arrêté du 17/12/08

concentration supérieure au seuil "eaux brutes"

LQ : limite de quantification du laboratoire

3.5.4 Bilan technique de l'essai d'oxydation *in situ*

Les essais d'injection d'oxydant dans la zone saturée mettent en évidence :

- une bonne adéquation du matériel mis en œuvre pour ces essais ;
- des terrains considérés injectables en imprégnation au niveau des hauteurs saturées testées, entre -3,5 et -5,8 m de profondeur. A partir d'essais d'injection réalisés sur 4 hauteurs de sols, les débits injectables sont mesurés de l'ordre de 7-10 L/min avec une pression inférieure à 2 bars.

Rappelons néanmoins que des essais d'injection n'ont pu être réalisés à -2,5 et -3 m de profondeur (absence de « *claquage* » des manchettes ; surpression au démarrage d'injection), ainsi qu'à -5,0 m de profondeur (installation impossible des obturateurs) ;

- l'existence de circulations préférentielles de produit injecté, rendant délicate l'estimation d'un rayon d'influence.

Sur la base des essais d'injection et des mesures effectuées sur les piézomètres proches, le rayon d'influence est estimé à environ 1,5 m (influence évidente relevée sur les piézomètres Pz2 et Pz6, ainsi que sur Pz7 quelques heures après l'injection) ;

- aux abords du point d'injection (piézomètres Pz2 et Pz6), une amélioration apparente de la qualité des eaux souterraines en hydrocarbures avec des teneurs en hydrocarbures C5-C10 (notamment en BTEX et naphthalène) inférieures de 1 à 3 ordres de grandeur, entre avant et après les essais d'injection.

Notons que 48h après ces essais d'injection d'oxydant, les teneurs en BTEX sont relevées inférieures aux seuils établis pour l'eau potable par l'OMS (2017).

Ces résultats d'analyses sur les eaux souterraines sont cohérents avec ceux obtenus lors des essais d'oxydation chimique menés en laboratoire (voir chapitre 3.4.2 précédent) avec une technique devant permettre d'atteindre un objectif de dégradation de 70% à 90% massique pour les hydrocarbures légers de type aromatique (BTEX notamment).

A l'issue des essais d'injection, il ressort une faisabilité technique des injections en TAM (Tube A Manchettes) dans les terrains devant être traités, avec une attention particulière à porter aux circulations préférentielles, ainsi qu'à la solubilisation des métaux.

Les paramètres à retenir sont :

- Rayon d'action de l'injection : 1-1,5 mètre
- Pression d'injection : 1-2 bars
- Vitesse d'injection : 0,5 jour / ouvrage

3.6 Bilan des essais d'oxydation en laboratoire et *in situ*

Le bilan des essais réalisés permet de définir les conditions d'injection du persulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ou PS) pour le traitement par oxydation.

Tableau 10 : Synthèse des données de dimensionnement du traitement suite aux essais

Donnée de dimensionnement	Valeur retenue	Raison du choix
Volume de zone source à traiter (tonnage estimé)	915 m ³ (1 647 tonnes)	Selon les estimations du Plan de Gestion (zones des anciennes cuves enterrées + volucompteurs) (Densité de 1,8 ; 1 à 4 m d'épaisseur en ZS)
Rayon d'action de l'injection	1,5 m	Rayon sécuritaire
Nombre de points d'injections pour couvrir la zone source	40	Pour rayon d'action 1,5 m avec recouvrements
Ratio massique de NaOH pour alcalisation	0,8%	8 kg NaOH/tonne de sol (0,2 mmole NaOH/g de sol)
Masse totale de NaOH- à apporter	13,5 tonnes	Environ 8 kg/tonne de sols à traiter
Ratio massique de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ à mettre en œuvre	5%	A valider en fonction des concentrations à traiter
Masse totale de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ à injecter	83 tonnes soit environ 2 tonnes/point d'injection	-
Volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ à 100 g/L à injecter par ouvrage et par campagne	1 670 L par passe de 33 cm / 20 000 L par ouvrage pour 12 passes	(ROI = 1,5 m ; Porosité efficace = 10%)
Nombre de campagnes d'injections	5 unités	Selon concentration injectée ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ à 100 g/L) et masse à injecter
Cinétique de traitement / délai de traitement	1 semaine / campagne Temps de latence avant 2 ^{ème} injection = 1 mois Délai de traitement = 4-5 mois, hors fonctionnement complémentaire comme BPR	Evaluation de l'effet rebond après la première injection et prise en compte des délais analytiques

4. Avant-Projet – Dimensionnement du traitement pleine échelle

4.1 Traitement de la zone polluée au centre du site

Le traitement par oxydation *in situ* est retenu pour la zone au centre du site étudié (parcelles AX490 et 491) et correspondant à la pollution en hydrocarbures aux abords des cuves enterrées et anciens volucompteurs.

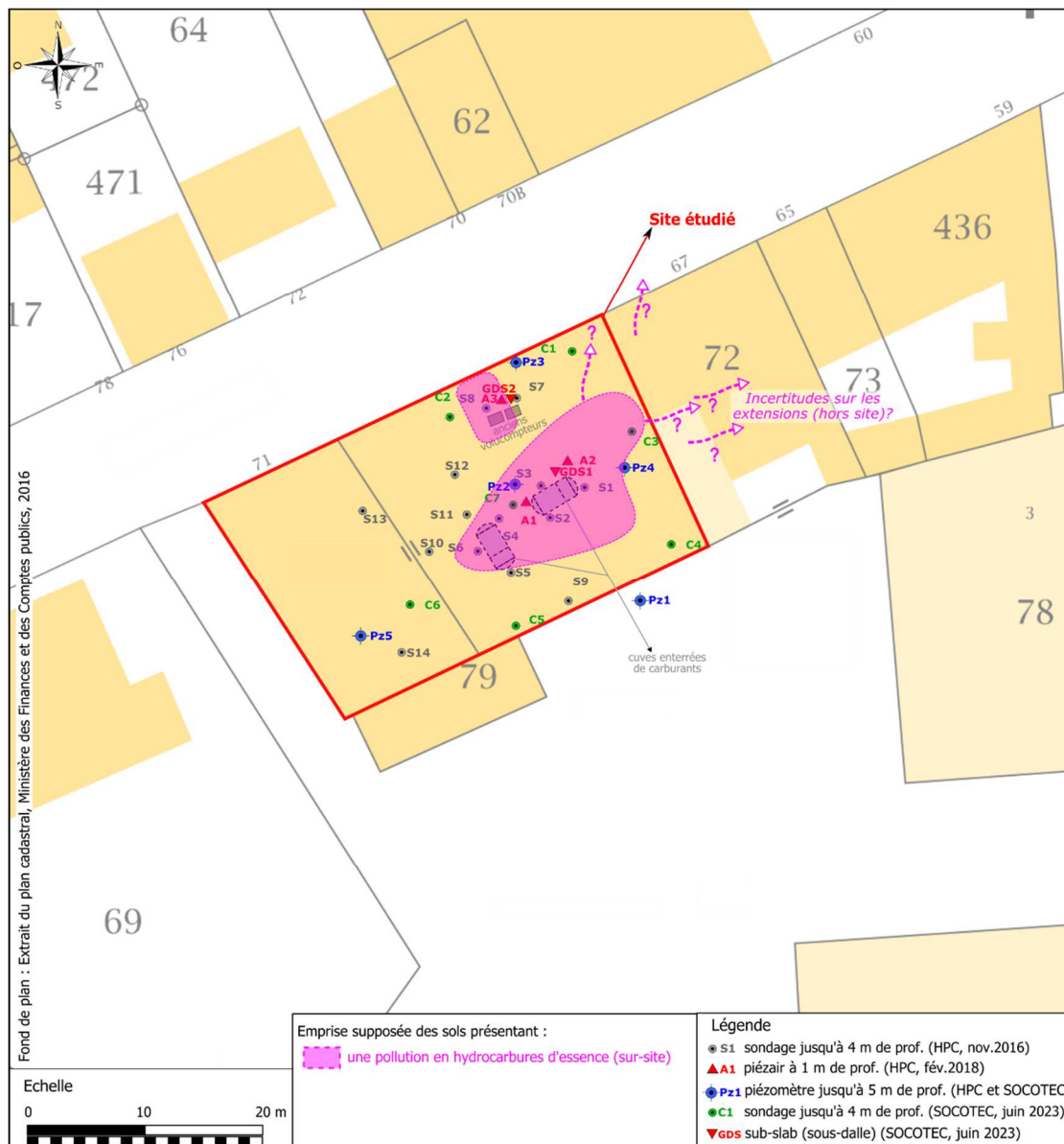
4.1.1 Rappel de l'extension de la zone à traiter

La délimitation de la surface de traitement est présentée sur la figure suivante.

Selon le Plan de Gestion, l'extension de la zone est estimée à 915 m².

La profondeur de la source à traiter est estimée à 5 m (2 m au droit des anciens volucompteurs (sondage S8)). Au-delà, le milieu est fracturé et un traitement in-situ n'offre pas de garanties suffisantes de résultat.

Figure 8 : Délimitation de la Zone à traiter



4.1.2 Principe du traitement

4.1.2.1 Oxydation chimique *in situ* (ISCO)

Le traitement par oxydation *in situ* consiste à placer le milieu dans des conditions oxydantes ou à injecter un oxydant puissant pour dégrader les polluants en composés moins ou non toxiques. Elle concerne la zone saturée et la zone de battement de nappe.

L'essai pilote laboratoire a permis de montrer un abattement des teneurs en hydrocarbures (de 70% à 90% massique pour la fraction C5-C10, notamment les BTEX) avec un dosage de 5% massique en $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

L'essai d'oxydation *in situ* a montré que les terrains sont injectables en imprégnation, au niveau de la hauteur saturée et de la zone de battement de la nappe, entre -3,5 et -5,8 m de profondeur. Les débits injectables sont compris entre 7 et 11 L/min avec une pression inférieure à 2 bars.

Rappelons néanmoins que des essais d'injection n'ont pu être réalisés à -2,5 et -3 m de prof. (absence de « *claquage* » des manchettes avec une surpression au démarrage d'injection), ainsi qu'à -5,0 m de profondeur (installation impossible des obturateurs). Aussi, l'oxydant utilisé ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) a permis un traitement à plus de 90% des C5-C10 dissous dans la nappe.

4.1.2.2 Implantation des ouvrages de traitement

Les points d'injection seront implantés jusqu'à une profondeur de 5 m sous la surface. Le rayon d'action des injections est d'environ 1,5 m, c'est-à-dire que les points d'injection seront espacés d'environ 2,5 m à 3 m.

Un projet d'implantation est proposé ci-après ; il comprend 40 points d'injection espacés de 2,50 m pour couvrir les 195 m² de la zone à traiter. Ce nombre et cette implantation sont indicatifs et dépendront des moyens mis en œuvre par l'Entreprise en charge des travaux.

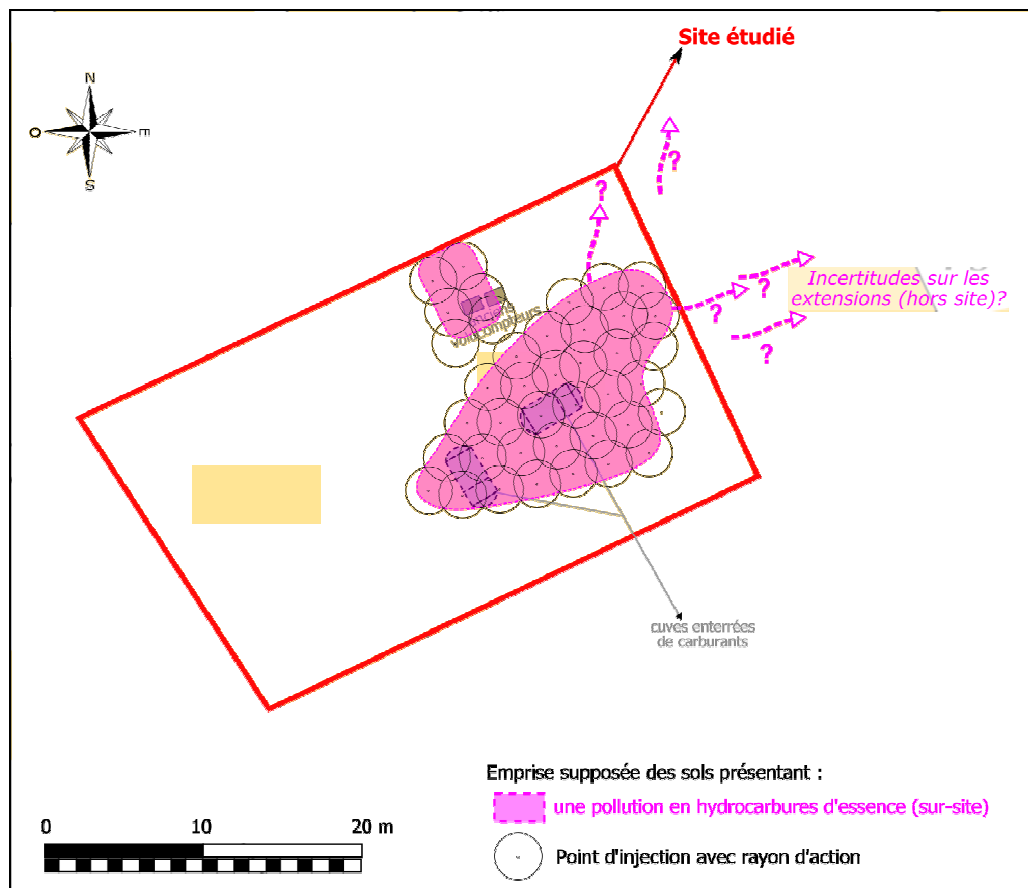


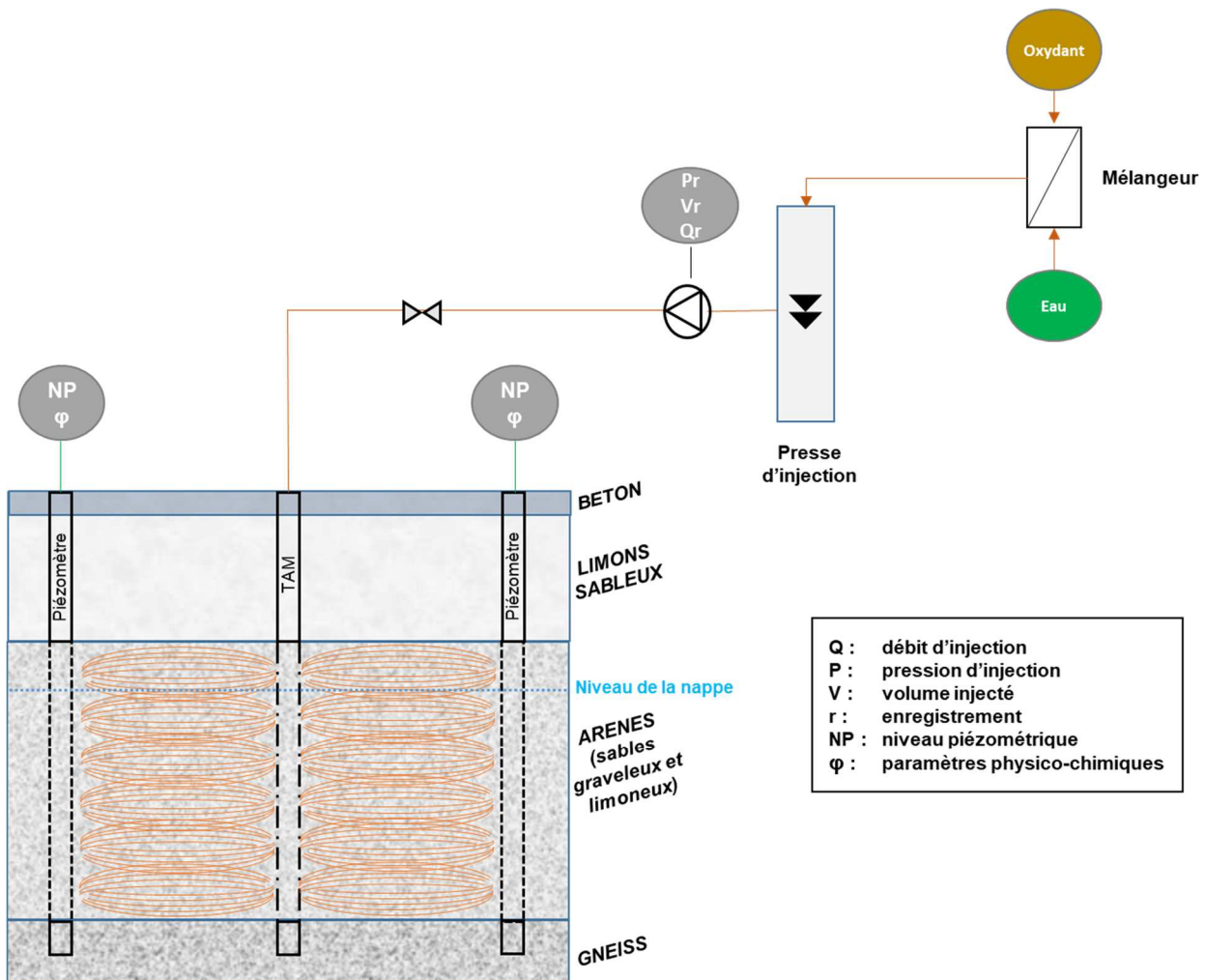
Figure 9 : Projet d'implantation des ouvrages de traitement

4.1.2.3 Réseau d'injection

Nous basons notre avant-projet sur la réalisation d'injections en tubes à manchettes, afin de pouvoir réaliser plusieurs campagnes d'injection reproductibles.

Les ouvrages d'injection seront en PVC en 40 ou 50 mm munis de manchettes espacées de 33 cm, entre -1 et -5 m de profondeur.

Figure 10 : Schéma fonctionnel du traitement de la zone à traiter



4.1.3 Objectifs de traitement

Conformément au Plan de Gestion (février 2025), les objectifs sont fixés en termes de teneurs dans les sols, comme suit :

- 500 mg/kg MS pour les hydrocarbures C₁₀-C₄₀ ;
- 6 mg/kg MS pour la somme des (B)TEX ;

En parallèle, le traitement ne doit pas générer de dégradation de la qualité des eaux souterraines et des gaz du sol :

- absence de relargage de métaux dissous dans les eaux souterraines ;
- concentrations dans les eaux souterraines et dans les gaz du sol qui doivent rester inférieures pendant 1 an aux concentrations initiales définies au démarrage du chantier.

4.1.4 Arrêt du traitement

Le démarrage de la phase de réception est décidé en concertation avec le MOA et le MOE à partir d'un constat d'abattements durables des concentrations dans les eaux souterraines et d'atteinte de concentrations en composés de dégradation (sodium, sulfates, CO₂...) en rapport avec la masse de polluants à traiter.

4.1.5 Modalités de réception

4.1.5.1 Réception du traitement *In situ* sur les sols

Contrôles de réception par sondages dans les sols :

- Sondages carottés sous gaine ;
- Nombre : 4 sondages en zone à traiter ;
- Profondeur ≥ 6m (adaptée à la hauteur de sols traités) ;
- Minimum 1 échantillon par mètre de sondage.

4.1.5.2 Réception du traitement *In situ* sur les eaux souterraines

Le programme de réception des eaux souterraines prévu à titre indicatif comprend :

- 4 campagnes trimestrielles de prélèvements et analyses en laboratoire agréé sur 3 piézomètres au minimum, dont 2 ouvrages implantés en aval de la zone traitée ;
- Programme analytique :
 - paramètres physico-chimiques in-situ (pH, conductivité, Redox, O₂ dissous) et suivi dynamique de la nappe ;
 - HCT C₅-C₄₀ ;
 - BTEX ;
 - HAP ;
 - chlorures, sulfates, sodium ;
 - arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, manganèse, nickel, plomb, zinc.

4.1.6 Surveillance pendant les travaux et respect des seuils de rejet

4.1.6.1 Surveillance de la qualité des eaux souterraines

La surveillance des eaux souterraines a pour objet de vérifier l'efficacité du traitement et l'absence d'augmentation des concentrations dans les panaches de dissous en aval de la zone traitée.

Le programme du monitoring des eaux souterraines prévu à titre indicatif comprend :

- une campagne de prélèvements et analyses en laboratoire agréé initiale et ensuite mensuelle sur 3 piézomètres, y compris interprétation des résultats ;
- Programme analytique minimal :
 - paramètres physico-chimiques in-situ (pH, conductivité, Redox, O₂ dissous, CO₂ dissous) et suivi dynamique de la nappe (« en continu » pendant les phases d'injection et sur 7 jours après injection) ;
 - HCT C₅-C₄₀ ;, BTEX, HAP ;
 - chlorures, sulfates, sodium ;
 - arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, manganèse, nickel, plomb, zinc.

4.1.6.2 Surveillance de l'air

► Gaz du sol

Cette surveillance a pour objectif de vérifier que le traitement in-situ de la zone, n'engendre pas de dégradation de la qualité des gaz du sol.

Le programme de suivi des gaz du sol prévu à titre indicatif comprend :

- Une campagne de prélèvements et analyses en laboratoire agréé initiale et ensuite mensuelle sur au moins 2 piézaires, y compris interprétation des résultats ;
- Programme analytique minimal :
 - paramètres physico-chimiques in-situ (O₂, CO₂) ;
 - TPH C₅-C₁₆ ;
 - BTEX-N ;
 - COHV (13 composés).

► Air ambiant sur site

Cette surveillance a pour objectif de vérifier que le traitement in-situ de la zone, n'engendre pas de dégradation de la qualité de l'air ambiant en extérieur.

Le programme de suivi de l'air ambiant prévu à titre indicatif comprend :

- Une campagne de prélèvements et analyses en laboratoire agréé initiale et ensuite mensuelle sur au moins 1 points d'échantillonnage, y compris interprétation des résultats ;
- Programme analytique minimal :
 - TPH C₅-C₁₆ ;
 - BTEX-Naphtalène.

4.1.7 Gestion des contraintes

4.1.7.1 Géotechniques

Les injections de permanganate, persulfate ou percarbonate ne sont pas susceptibles de générer de désordres géotechniques dès lors que les injections sont réalisées en imprégnation et pas en claquage.

Il conviendra de bien maîtriser les paramètres d'injection pour éviter tout claquage des sols.

4.1.7.2 Co-activité

Le site (parcelles AX490 et 491) est inoccupé et clôturé.

Les travaux sont prévus sur le dallage bétonné d'un ancien bâtiment déconstruit en début d'année 2025 (travaux menés sous Maîtrise d'ouvrage EPF BRETAGNE).

4.1.7.3 Place disponible

Les travaux sont prévus au centre du site qui ne présente actuellement aucune occupation.

Le matériel d'injection pourra être placé au droit du site (parcelles AX490 et 491) et aux abords immédiats de la zone à injecter.

Afin de permettre la circulation de foreuses et autres engins poids-lourds, des accès adaptés et stabilisés (suffisamment portant) devront être aménagés et entretenus par l'Entreprise de travaux.

4.1.7.4 Réseaux

La zone des travaux est probablement traversée par des réseaux d'eau pluviale. D'autres réseaux enterrés sont susceptibles d'être présents.

Par ailleurs, des réseaux enterrés électriques, de gaz de Ville, d'eau potable et d'eaux usées/pluviales, sont localisés sous la voirie de la rue de Pont-Aven longeant le site.

Lors de travaux d'excavation, une attention particulière devra être portée à l'intégrité de ces réseaux enterrés sous voirie.

L'ensemble des démarches administratives, des diagnostics/repérages et des travaux nécessaires à la préservation de ces réseaux enterrés sous voirie (rue de Pont-Aven), est à la charge de l'Entreprise en charge des travaux.

En complément, l'ensemble des démarches auprès des concessionnaires des réseaux, pour le repérage, ainsi que d'éventuelles déconnexions des réseaux (aériens et enterrés), devront être réalisées durant la préparation, par l'Entreprise chargée des travaux.

4.1.7.5 Infrastructures enterrées

Deux anciennes cuves enterrées à carburants/huiles sont localisées au droit des parcelles AX490/491 (sous le dallage bétonné). D'autres installations enterrées sont susceptibles d'être présentes au droit du site à réhabiliter.

L'ensemble de ces infrastructures enterrées devra faire l'objet d'un dégazage et d'une extraction dans les règles de l'art.

4.1.7.6 Utilités

Pour l'alimentation en eau, le raccordement au réseau public d'eau potable est nécessaire. Notons la présence d'un réseau d'eau pour la lutte contre l'incendie, le long de la rue de Pont-Aven, présageant d'une capacité importante d'alimentation.

Concernant l'alimentation électrique, la rue de Pont-Aven présente un transformateur électrique. Notons que la puissance nécessaire pour le fonctionnement des équipements (centrale de préparation de réactif, pompe d'injection, etc.) est de l'ordre de 30 kVA.

Les démarches administratives et les raccordements en eau et/ou électriques (notamment la pose de compteurs), devront être étudiés localement et réalisés par l'Entreprise en charge des travaux.

Dans le cas où le point de raccordement serait trop éloigné de l'installation à alimenter, l'approvisionnement par un groupe électrogène de puissance adaptée, devra être réalisé par l'Entreprise en charge des travaux. L'installation devra faire l'objet d'un contrôle de conformité.

4.1.7.7 Réglementaires (DLE / ICPE)

Le traitement des pollutions in situ n'est pas soumis à la réglementation ICPE.

En termes de loi sur l'eau :

- les ouvrages d'injection ne sont pas soumis à la loi sur l'eau.
- les piézomètres de contrôle doivent être déclarés.

4.1.8 Emissions de toute nature – gestion des déchets

4.1.8.1 Rejets

Le traitement du site étudié n'est pas de nature à entraîner de rejets aqueux ou gazeux.

4.1.8.2 Déchets

Les déchets seront gérés conformément à la réglementation en la matière.

Les cuttings de forage devront être conditionnés en big-bag puis caractérisés avant évacuation en filières adaptées.

4.1.9 Gestion des nuisances

4.1.9.1 Bruit / vibrations

Les matériels et engins utilisés sur le chantier seront conformes à l'Arrêté du 22 mai 2006 relatif aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments, ainsi qu'à la réglementation municipale spécifique le cas échéant. Des contrôles sur chantier pourront être réalisés pour s'assurer de l'homologation acoustique des matériels utilisés, mais aussi de leur bon entretien.

Toutes les dispositions utiles devront être prises (organisation du chantier, démarche de sensibilisation des personnels) pour réduire le bruit au niveau le plus bas possible compte tenu des techniques disponibles, ne pas exposer les travailleurs à des niveaux incompatibles avec leur santé et respecter les exigences des codes du travail et de la santé publique (articles R1334-30 à R1334-37).

Les principales nuisances du chantier seront présentes lors des phases d'injection de produit et de terrassement. Aussi, afin de limiter les nuisances pour le voisinage, aucun terrassement ne devrait être réalisé avant 8h et après 19h.

L'Entreprise devra porter une attention particulière afin de limiter au maximum les nuisances sonores liées à l'unité de traitement (insonorisation).

4.1.9.2 Odeurs

Les nuisances olfactives du chantier seront présentes essentiellement lors de travaux de terrassement de sols pollués en hydrocarbures. Le suivi des excavations (emploi de PID) et les mesures de qualité d'air ambiant (voir chapitre 4.1.6 précédent) doivent permettre de surveiller et quantifier une partie de ces nuisances.

Par conséquent, l'Entreprise de travaux devra fournir à ses travailleurs l'ensemble des équipements individuels adaptés à cette nuisance, ainsi que mettre en œuvre des équipements de protection collective pour réduire autant que possible l'émanation des odeurs de polluant (hydrocarbures).

Aussi, il est recommandé de prévoir une communication « *grand-public* » et explicative des travaux de réhabilitation et de suivi de la qualité de l'air ambiant (panneaux explicatifs, réunion de quartier, etc.), ainsi que des dispositifs permettant de diminuer l'émanation d'odeurs inconfortables (notamment, l'aspersion de fines gouttelettes d'eau).

4.1.9.3 Impact visuel

Les équipements de protection des travailleurs utilisés lors des terrassements/travaux de sols pollués, lors de la manipulation de réactifs chimiques ou de la maintenance d'unités de traitement (notamment le port de masque filtrant), peuvent occasionner des interrogations et/ou une situation anxiogène pour les riverains et les personnes de passage.

Par conséquent, il est recommandé de prévoir à la fois, une communication « *grand-public* » et explicative des travaux de réhabilitation (panneaux explicatifs, articles de journaux, réunion de quartier, etc.) et des dispositifs permettant de diminuer la visibilité du chantier (barrière de clôture pleine ou brise-vue).

4.1.9.4 Poussières

L'émission de poussières lors des phases devra être limitée.

L'Entreprise en charge des travaux devra porter une attention particulière à la limitation des nuisances liées à l'envol de poussières, notamment lors des travaux de foration, de terrassement et de circulation des engins de chantier. Afin d'éviter l'envol de poussière, la brumisation pourra être mise en place lors de terrassement de sols.

De plus, l'Entreprise chargée des travaux devra assurer le nettoyage des roues des véhicules sortant de chantier et le nettoyage régulier (quotidien si nécessaire) des salissures sur les voiries.

4.1.9.5 Circulation

L'Entreprise en charge des travaux devra étudier les conditions de circulation sur la rue de Pont-Aven et la commune, et ainsi définir les mesures nécessaires pour maintenir une circulation fluide aux abords du futur chantier (notamment avec l'établissement d'un plan détaillé et évolutif de circulation).

En journée, nous alertons sur l'importante fréquentation de la rue de Pont-Aven par des VL et PL, ainsi que des piétons.

Par conséquent, le partage de la voie correspondant à la rue de Pont-Aven correspond à un enjeu majeur et devra être étudiée par l'Entreprise chargée des travaux.

Afin de limiter le risque d'encombrement de la voirie par les poids lourds, une signalétique particulière, avec si besoin l'ajout de feux de signalisation, devra être mise en place lors des rotations de camion (pour l'apport et/ou l'évacuation de matériel/matériaux).

En définitif, les mesures visant à assurer l'intégrité des voiries de circulation (aménagement temporaire, circulation alternée, circulation en horaire décalé, *etc.*) devront être validées par la Mairie de Quimperlé (éventuel Arrêté municipal).

4.1.9.6 Emission de COVs

La zone à traiter est impactée par des COVs. Un contrôle mensuel de la qualité des gaz du sol et de l'air intérieur est prévu (Cf. chapitre 4.1.6 précédent). Un suivi avec PID lors de la phase de foration est à mettre en œuvre.

4.1.9.7 Risque ATEX

Lors des phases de diagnostic il n'a pas été mis en évidence de risque ATEX pour le site étudié.

Le traitement n'est pas susceptible de créer une zone ATEX.

4.1.10 Remise en état

Suite à la réception de la Zone de travaux traitée et à l'atteinte des objectifs, l'ensemble des installations / process de traitement devra être démantelée et les déchets évacués en filières adaptées.

Afin de vérifier l'absence de contamination, les sols en-deçà les installations/process de traitement ou en-deçà les aires de tri/stockage de terres excavées polluées, devront bénéficier d'une caractérisation environnementale (méthodologie et programme analytique similaire à celui de la réception des travaux de réhabilitation).

4.2 Enchaînement des tâches - Gestion globale du projet

4.2.1 Etudes préliminaires

Il n'est pas envisagé d'études préliminaires autres que les études d'exécution.

4.2.2 Consultation des Entreprises de travaux

La consultation se fera sur la base d'un cahier des clauses techniques et d'un bordereau des prix (DQE).

Aucune variante ne sera acceptée pour la solution d'oxydation chimique des sols au niveau de la zone saturée.

4.2.3 Essais par l'Entreprise de travaux

L'Entreprise de travaux devra la réalisation d'essais en laboratoire et éventuellement sur site pour démontrer :

1. l'efficacité de l'oxydant chimique qu'elle aura sélectionné ;
2. l'adéquation des équipements d'injection qu'elle a retenu, en regard des contraintes du terrain pour vérifier la bonne distribution de l'oxydant dans les sols du site ;
3. les études géotechniques et de structure (notamment vis-à-vis des avoisinants et du mur mitoyen de soutènement).

Ces essais seront menés en première phase de travaux et constitueront un jalon pour valider un ordre de service pour la réalisation des travaux.

4.2.4 Planning de traitement

Le planning prévisionnel de traitement est présenté ci-dessous.

Tableau 11 : Planning de traitement prévisionnel

Mois	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Commande										
Phase de préparation										
Mise en place des ouvrages de traitement et de contrôle										
1ère campagne d'injection										
2ème campagne d'injection										
3ème campagne d'injection										
4ème campagne d'injection										
5ème campagne d'injection										
Contrôle des milieux										
Réception analytique										
Repli des installations										
Contrôle de la stabilité des concentrations post traitement										

Soit un délai prévisionnel de 8-9 mois de Préparation - Travaux - Réception.

4.2.5 Maîtrise d'œuvre et coordination sécurité

Les travaux seront encadrés par un Maître d'œuvre spécialisé.

L'ensemble du chantier sera réalisé sous plan de prévention.

4.2.6 Budget prévisionnel de traitement

L'estimation des travaux d'oxydation sur la zone impactée est donnée au tableau suivant.

Les prix sont établis en référence :

- aux prix du marché 2025 pour les forages et fourniture de réactifs
- aux prix du marché 2025 pour les injections

Tableau 12 : Estimatif des coûts de traitement de la zone

Oxydation chimique				
Poste	Unité	Qté	PU €HT	Total estimatif en €HT
Préparation administratives et matérielle	forfait	1	8 000	8 000
Tests complémentaires éventuels / Etudes de structure	forfait	1	10 000	10 000
Installation du chantier	forfait	1	10 000	10 000
Mise en place de piézomètres / piézairs pour contrôle	unité	3	2 000	6 000
Mise en place du réseau de traitement (Tubes à manchettes)	unité	40	1 600	64 000
Mise en œuvre du traitement (hypothèse 5 campagnes d'injection en TAM)	unité	5	15 000	75 000
Produits d'injection (oxydant y compris catalyseur)	tonne	83	2 210	183 430
Monitoring traitement et suivi des milieux	mois	5	6 000	30 000
<i>Travaux complémentaires : excavations et démantèlement de la dalle bétonnée</i>	<i>forfait</i>	<i>1</i>	<i>35 000</i>	<i>35 000</i>
<i>Inertage et élimination d'une cuve de 10 m3</i>	<i>forfait</i>	<i>2</i>	<i>5 000</i>	<i>10 000</i>
<i>Evacuation en ISD-Non dangereux</i>	<i>tonne</i>	<i>234</i>	<i>120</i>	<i>28 080</i>
Sondages de réception et analyses	forfait	1	10 000	10 000
DOE, repli chantier	forfait	1	5 000	5 000
TOTAL oxydation chimique				474 510

4.2.7 Incertitudes

4.2.7.1 Atteinte des objectifs et délais

Concernant l'objectif sur les hydrocarbures, les essais laboratoire et terrain ont permis de confirmer la faisabilité de l'atteinte des objectifs.

La principale incertitude concerne l'adaptation du traitement au sols « Limon sableux à limoneux ». Rappelons également que les essais d'infiltration montrent la présence d'un rayon d'influence (considéré à 1,5 m) avec un débit d'injection de 7-10 L/min.

Par conséquent, les traitements pourront être prolongés de quelques mois ou une nouvelle campagne de d'apport d'oxydant pourra être réalisée, afin de diminuer davantage les concentrations résiduelles. En cas de non atteinte des objectifs, les monitorings de suivi de traitement devront permettre de justifier les limites techniques du traitement (asymptote de traitement).

4.2.7.2 Budget de travaux

Des incertitudes portent sur le budget global des travaux de réhabilitation/dépollution, en raison de :

- des incertitudes sur les volumes des Zones de pollution concentrée et la masse de polluants à traiter ;
- de l'augmentation non prévisible des coûts des matières 1^{ères} et notamment des réactifs d'oxydation ;
- des variations des prix de l'énergie (notamment des carburants).

4.2.7.3 Délais des travaux

Même si des incertitudes techniques (citées ci-avant) existent, le délai des travaux semble réaliste compte tenu de la rapidité d'action des oxydants.

5. Synthèse - Conclusion

Dans le cadre du projet d'aménagement de l'ancien atelier mécanique localisé au 69, rue de Pont-Aven (Kervidanou) à Quimperlé (29), l'EPF BRETAGNE a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation d'un Plan de Conception des Travaux de réhabilitation du terrain, conformément aux recommandations du Plan de Gestion des pollutions (version actualisée le 13/02/2025).

Ce Plan de Conception des Travaux a compris les essais d'orientation et de performance (codifiés B111 et B112 selon la norme NFX 31-620-3), afin d'étudier la faisabilité des traitements par biodégradation aérobie et d'oxydation chimique des sources concentrées, ainsi que d'injection in situ (étude d'avant-projet, codification AFNOR B120).

Le PCT est une étude de prédimensionnement des travaux avant la consultation des Entreprises.

Conformément aux prescriptions du guide de la Direction générale de la prévention des risques (décembre 2021) pour les Plans de conception, des essais de traitement ont été menés. Les essais retenus sont les suivants :

Catégorie d'essai	Essais et recherches préconisés
Essais de caractérisation « E1 »	Analyses d'eau complémentaires
Essai d'orientation « E2 »	Détermination de la Demande du Sol en Oxydant (DSO) Essai d'oxydation au persulfate de sodium (PS)
Essais de performance « E3 »	Essai de traitement sur site au persulfate de sodium (PS)

L'ensemble des essais a été réalisé par GINGER BURGEAP. Les essais en laboratoire ont été réalisés dans le laboratoire d'Aix en Provence (13). L'essai de traitement sur site a été réalisé avec la sous-traitance de la société REMEA.

Les essais laboratoire et l'essai d'oxydation sur le terrain, ainsi que les résultats de la campagne de réception, démontrent la faisabilité du traitement par oxydation des sols et des eaux reconnus pollués en hydrocarbures, notamment ceux de la fraction volatile C5-C10 (incluant les BTEX).

► Traitement de la zone à traiter

Les objectifs sont fixés en termes de teneurs dans les sols, comme suit :

- 500 mg/kg MS pour les HCT C10-C40 ;
- 6 mg/kg MS pour les (B)TEX.

En parallèle, le traitement doit respecter les exigences suivantes :

- absence de relargage de métaux dissous dans les eaux souterraines ;
- concentrations dans les eaux souterraines et dans les gaz du sol qui doivent rester inférieures pendant 1 an aux concentrations initiales définies au démarrage du chantier.

Le délai prévisionnel de traitement par injection est de 8 mois pour un budget prévisionnel de 400 k€ HT (en sus, travaux de démantèlement de la dalle bétonnée).

► Enchaînement des tâches- gestion globale du projet

Les travaux doivent être commencés au mois d'oct. 2025. Pour ce faire le timing suivant est souhaité :

- Consultation d'Entreprises-passation du marché : juillet-août-sept 2025
- Période préparatoire : oct. 2025
- Travaux de mise en place du réseau de traitement : nov. 2025
- Injections : nov. à mars 2026
- Réception : mars 2026
- DOE : avril 2026

6. Limites d'utilisation d'une étude de pollution

- 1- Une étude de la pollution du milieu souterrain a pour seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de GINGER BURGEAP.
- 2- Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution. Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.
- 3- Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines, traitement des terres pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques, ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.
- 4- La responsabilité de GINGER BURGEAP ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.
- 5- Un rapport d'étude de pollution et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de GINGER BURGEAP. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'Ouvrage ou pour un autre projet que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de GINGER BURGEAP.
- 6- La responsabilité de GINGER BURGEAP ne pourra être engagée en dehors du cadre de la mission objet du présent mémoire si les préconisations ne sont pas mises en œuvre.

ANNEXES



Annexe 1.

Essais de faisabilité de traitement – Oxydation chimique et biodégradation (GINGER, 2024)

Cette annexe contient 94 pages.

Annexe 2.

Essai d'injection en TAM (REMEA, 2025)

Cette annexe contient 14 pages.

GINGER BURGEAP AGENCE LOIRE BRETAGNE

Etablissement Public Foncier de Bretagne
Quimperlé (29)

Essais de faisabilité de traitement – Oxydation chimique et Biodégradation aérobie

Rapport

Réf : LB2300005 / R1075695-01

CLAL / JV. / AE.

21/06/2024





GINGER BURGEAP AGENCE LOIRE BRETAGNE

Etablissement Public Foncier de Bretagne Quimperlé (29)

Essais de faisabilité de traitement – Oxydation chimique et Biodégradation aérobie

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	21/06/2024	01	C. LALLEMAND 	J. VILLEMAGNE	A.GAUTHIER 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : LB2300005 / R1075695-01
Numéro d'affaire :	CV_LB0001428
Domaine technique :	23

GINGER T-LAB

1030, rue JRGG de la Lauzière-Les Milles - 13290 Aix-en-Provence

Tél : 04.42.77.05.15 • burgeap.marseille@groupeginger.com

SOMMAIRE

1.	Introduction – contexte de l'étude.....	5
2.	Caractérisation chimique des matériaux avant essai.....	6
2.1	Réception des échantillons.....	6
2.2	Résultats des caractérisations chimiques	7
3.	Présentation de l'oxydation chimique in situ	9
3.1	Présentation générale.....	9
3.2	Oxydants utilisés.....	10
3.2.1	Le permanganate de potassium.....	10
3.2.2	Le persulfate	10
3.2.3	Application au site de QUIMPERLE	10
3.3	Essais préliminaires : évaluation de la capacité tampon du sol vis-à-vis de l'alcalinisation.....	11
3.3.1	Principe de l'essai	11
3.3.2	Dosage.....	11
3.3.3	Résultats de l'essai	11
3.4	Réalisation des essais d'oxydation chimique.....	12
3.4.1	Norme et protocoles suivis.....	12
3.4.2	Mesure de la Demande du Sol en Oxydant (DSO)	12
3.4.3	Mesure de la Demande Totale en Oxydant (DTO).....	13
4.	Essai de biodégradation aérobie en batch de la zone saturée	18
4.1	Principe de l'essai	18
4.2	Conditions d'essai	19
4.3	Résultats des essais de biodégradation aérobie en batch	20
4.3.1	Suivi des mesures en gaz et en oxygène dissous.....	20
4.3.2	Suivi de l'oxygène dissous	21
4.3.3	Suivi des paramètres physico-chimiques dans l'eau	22
4.3.4	Suivi des concentrations en polluants dans les sols et les eaux	23
5.	Conclusion	28

TABLEAUX

Tableau 1 : Détails de la réception des échantillons	6
Tableau 2 : Résultats d'analyse dans les sols.	8
Tableau 3 : Résultats d'analyse dans les eaux.	8
Tableau 4 : Principaux polluants pouvant être traités par oxydation chimique in situ (d'après US EPA, 2006 : Engineering Issue – In Situ Chemical Oxydation, EPA/600/R-06/072)	9
Tableau 5 : Caractéristiques des principaux oxydants.....	10
Tableau 6 : Résultats de DSO 48h et 7 jours pour le permanganate de potassium.....	13
Tableau 7 : Résultats d'analyses en COT à 48h et 7 jours.....	13
Tableau 8 : Résultats des essais de DTO par le permanganate à 7 jours et 14 jours.....	14
Tableau 9 : Calcul des abattements obtenus lors de l'essai d'oxydation avec permanganate à 20g/L et 30 g/L à 7 et 14 jours.....	15
Tableau 10 : Résultats des essais de DTO par le PS 100 et 200g/L à 7 jours et 14 jours.....	15
Tableau 11 : Calcul des abattements obtenus lors de l'essai d'oxydation avec le PS en 7 et 14 jours.....	16
Tableau 12 : Concentrations et abattements en polluants dans les sols au cours de l'essai.....	24
Tableau 13 : Concentrations et abattements en polluants dans les eaux au cours de l'essai.....	25

Tableau 14 : Concentrations et abattements en polluants dans le système sol + eau au cours de l'essai.....	27
--	----

FIGURES

Figure 1 : Illustration de la localisation des pollutions.	5
Figure 2 : Principe schématisé de l'oxydation in situ	9
Figure 3 : Détermination de la capacité de neutralisation alcaline du sol sain.....	11
Figure 4 : principe de la biodégradation aérobie	18
Figure 5 : Schéma de principe du SPARGING (source : SelecDEPOL – BRGM, ADEME) et BIOSPARGING (source : adapté de Bioclear Earth).	19
Figure 6 : Illustration des conditions testées et des dispositifs utilisés.	19
Figure 7 : Moyenne des mesures de biogaz en fonction de la condition de l'essai. Les injection d'H ₂ O ₂ sont indiquées sur les graphes par des flèches orange.....	21
Figure 8 : Evolution de la concentration en polluant dans l'air (moyenne des répliqués) mesuré par le PID dans l'espace de tête des flacons.....	21
Figure 9 : Evolution de la concentration en O ₂ dissous (moyenne des répliqués) dans l'eau.	22
Figure 10 : Evolution de la conductivité (moyenne des répliqués) dans l'eau.....	22
Figure 11 : Evolution du potentiel d'oxydo-réduction (moyenne des répliqués) dans l'eau.	23
Figure 12 : Evolution des concentrations dans les sols	23
Figure 13 : Evolution des concentrations dans les eaux.	23

ANNEXES

Annexe 1 : Bordereaux d'analyses des sols bruts.
Annexe 2 : Bordereaux d'analyses des eaux brutes.
Annexe 3 : Bordereaux d'analyses DSO des sols (48h et 7 jours).
Annexe 4 : Bordereaux d'analyses DTO persulfate et permanganate des sols (7 et 14 jours).
Annexe 5 : Bordereaux d'analyses des essais de biodégradation aérobie (sols).
Annexe 6 : Bordereaux d'analyses des essais de biodégradation aérobie (eaux).

1. Introduction – contexte de l'étude

La société GINGER BURGEAP AGENCE LOIRE BRETAGNE a consulté le laboratoire d'essai : GINGER T-LAB afin de réaliser des essais de faisabilité de traitement pour un site localisé à Quimperlé (29) géré par l'Etablissement Public Foncier de Bretagne. Il s'agit d'un ancien atelier mécanique situé au 69 rue du Pont-Aven sur les parcelles n°490 et 491 de section AX.

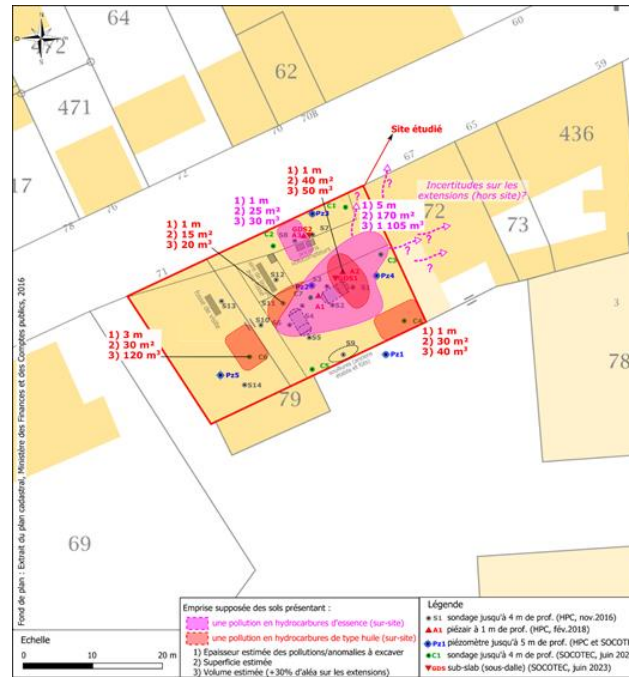


Figure 1 : Illustration de la localisation des pollutions.

Les pollutions sont de type « carburants » sur une première zone et « huiles » sur une autre zone.

Les objectifs de réhabilitation retenus sont :

- Indice HC C₁₀-C₄₀ < 820 mg/kg,
- (B)TEX < 6 mg/kg,
- Benzène < Limite de Quantification du laboratoire.

Dans le plan de gestion, les techniques retenues en première approche pour le traitement des pollutions concentrées sont :

- Techniques de gestion in-situ : le pompage et traitement in situ (stripping, filtration), voire l'extraction multiphasique de la pollution (au niveau de la zone non saturée et/ou la zone saturée) ; l'oxydation chimique de la pollution (au niveau de la zone non saturée et/ou la zone saturée) ; la biodégradation dynamisée de la pollution (au niveau de la zone saturée) ; le confinement par couverture et l'étanchéification superficielle ;
- Technique de gestion hors site : l'excavation des sols pollués et leur évacuation en filières adaptées (pour les pollutions en zone non saturée et/ou en zone saturée).

Un essai de traitement en laboratoire pour un éventuel traitement sur site en biotitre a été réalisé pour le compte du bureau d'études SOCOTEC par le laboratoire d'essai ESTRALAB et conclut à la faisabilité d'un tel traitement sans toutefois de validation par rapport aux objectifs de traitement retenus.

La demande d'essai supplémentaire concerne donc deux techniques qui pourraient permettre d'atteindre les objectifs de traitement, à des coûts et des conditions de gestion environnementales optimisées par rapport à un traitement sur site ou hors site :

- Oxydation chimique,
- Biodégradation dynamisée in situ (code AFNOR C315 a) ou biosparging (code AFNOR C315 c).

2. Caractérisation chimique des matériaux avant essai

2.1 Réception des échantillons

Les sols ont été échantillonnés puis conditionnés dans des seaux en plastique reçus le 22/12/2023 à GINGER T-LAB. Les eaux ont été échantillonnées dans des vessies en plastique et reçues le 08/01/2024. Le descriptif des échantillons reçus est présenté dans Le Tableau 1.

Tableau 1 : Détails de la réception des échantillons

N°échantillon	Nature de l'échantillon (sols, eau)	Nature du conditionnement	Quantité (kg)	Description visuelle	Photographies	Mesures PID à l'ouverture (ppm)	Stockage
Quimperlé pollué 1	sol	Seau	5.2	Argile sableuse marron grise à reflets huileux, inclusions noires, beiges et ocre et petits cailloux		140	frigo 3
Quimperlé pollué 2	sol	Seau	4.7	Argile sableuse marron grise à reflets huileux, inclusions jaunes, noires et vertes et petits cailloux		50	frigo 3
Quimperlé pollué 3	sol	Seau	4.7	Argile grise et verte avec inclusions ocre marrons et bleu/gris, et petits cailloux		256	frigo 3
Quimperlé pollué 4	sol	Seau	6.6	Argile sableuse grise foncée et verte à tâches beiges avec inclusions noires, marrons avec des petits cailloux		159	frigo 3
Quimperlé DSO	sol	Seau	5.1	Argile grise sableuse avec inclusions marrons et noires et petits cailloux		0	frigo 3
Quimperlé 1	eau	Vessie	7.9	Eau trouble marron/grise avec matière en suspension		9.7	frigo 3
Quimperlé 2	eau	Vessie	10.2	Eau trouble marron/grise avec matière en suspension		7.4	frigo 3
Quimperlé 3	eau	Vessie	10.2	Eau trouble marron/grise avec matière en suspension		52.2	frigo 3
Quimperlé 4	eau	Vessie	9.8	Eau trouble marron/grise avec matière en suspension		33.8	frigo 3
Quimperlé 5	eau	Vessie	10.6	Eau trouble marron/grise avec matière en suspension		42.6	frigo 3

2.2 Résultats des caractérisations chimiques

Les échantillons de sols et d'eaux ont été envoyés le 29/12/2023 pour analyse de polluants (HCT C₅-C₄₀, HAP, BTEX) et de nutriments (ammonium, pH, nitrates, potassium, azote kjeldahl, COT, phosphore total). Les résultats d'analyses sont présentés dans le [Tableau 2](#). Les bordereaux d'analyses sont fournis en Annexe 1 et Annexe 2.

Les analyses en polluants sur les sols montrent :

- Aucun impact sur le sol sain avec des teneurs inférieures à la limite de quantification pour les HCT C₅-C₄₀, BTEX ou négligeables pour les HAP (<1,3 mg/kg MS),
- Un impact modéré en HCT lourds (C₁₀-C₄₀) dans les sols pollués 1, 2 et 4 avec 150 à 330 mg/kg MS, mais pas d'impact dans le sol 3,
- Un impact élevé en HCT légers (C₅-C₁₀) pour les sols pollués 1, 2 et 4 avec 150 à 410 mg/kg MS, beaucoup plus marqué pour le sol pollué 3 avec 1200 mg/kg MS,
- Un impact en BTEX pour les sols pollués 1, 2 et 4 (5,2 à 16,4 mg/kg MS) plus marqué pour le sol 3 (84,5 mg/kg MS).

Les sols pollués présentent une teneur en carbone organique total forte (5 500 à 14 000 mg/kg MS), ce qui est également le cas du sol sain (10 000 mg/kg MS). Les concentrations en carbone, azote et phosphore sont optimales pour le développement bactérien (ratio minimal C/N/P=100/10/1).

Par ailleurs, tous les sols reçus présentent des impacts en HCT C₁₀-C₄₀ et benzène déjà inférieurs aux objectifs de réhabilitation proposés dans le plan de gestion.

Les analyses de l'eau (vessie 3) révèlent :

- un fort impact en hydrocarbures légers (1500 µg/L) et BTEX (811 µg/L dont 490 µg/L de xylène),
- un impact en hydrocarbures lourds de 345 µg/L,
- un fort impact en HAP (Naphtalène) (19 µg/L).

Tableau 2 : Résultats d'analyse dans les sols.

		29.12.2023	29.12.2023	29.12.2023	29.12.2023	29.12.2023
		sol sain	Sol pollué 1	Sol pollué 2	sol pollué 3	Sol pollué 4
ANALYSES SUR SOL BRUT						
Matière sèche	%	78.3	75	73.1	78.3	68.9
COT						
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	10 000	7100	16000	5500	14000
pH-H2O			6.7	6.3	6.6	6.4
Ammonium (NH4)	mg/kg Ms		11	41	34	48
Azote Kjeldahl (NTK)	g/kg Ms		0.61	0.51	0.82	1.5
Nitrates (N)	mg/kg Ms		19	12	8.6	9
Phosphore total (P) / Orthophosphates	mg/kg Ms		840	130	540	1000
Potassium (K)	mg/kg Ms		1300	760	1100	1800
Hydrocarbures volatils C5-C10						
Fraction C5-C6	mg/kg Ms	<0.40	55	23	180	26
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	<0.40	210	79	620	87
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	<0.40	140	52	370	74
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg Ms	<0.20	190	74	540	70
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg Ms	<0.20	69	19	150	20
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg Ms	<0.20	17	5.3	84	17
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg Ms	<0.20	71	33	220	54
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg Ms	<1.0	410	150	1200	190
Indice hydrocarbure C10-C40						
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	<4.0	130	83.7	10.7	74.7
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	<4.0	10.3	<4.0	<4.0	<4.0
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	<2.0	3.1	4	<2.0	<2.0
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	<2.0	12.8	30.8	<2.0	8.6
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	<2.0	40	93.2	2.9	25
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	<2.0	33	74	3.1	22
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	<2.0	12.4	26.9	<2.0	9.7
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	<2.0	3.5	6.7	<2.0	3.5
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	<20.0	250	330	<20.0	150
HAP						
Naphtalène	mg/kg Ms	<0.050	2.5	2.5	1.2	4.2
Acénaphthylène	mg/kg Ms	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Acénaphène	mg/kg Ms	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Fluorène	mg/kg Ms	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Phénanthrène	mg/kg Ms	<0.050	0.17	<0.050	<0.050	<0.050
Anthracène	mg/kg Ms	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Fluoranthène	mg/kg Ms	0.14	0.23	<0.050	<0.050	<0.050
Pyrène	mg/kg Ms	0.14	0.17	<0.050	<0.050	0.11
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	0.12	0.084	<0.050	<0.050	<0.050
Chrysène	mg/kg Ms	0.13	0.096	<0.050	<0.050	<0.050
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	0.22	0.13	<0.050	<0.050	<0.050
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	0.088	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	0.14	0.12	<0.050	<0.050	<0.050
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Benzo(g,h,i)pyrène	mg/kg Ms	0.14	0.11	<0.050	<0.050	<0.050
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	0.14	0.17	<0.050	<0.050	<0.050
Somme des HAP	mg/kg Ms	1.26	3.78	2.5	1.2	4.31
BTEX						
Benzène	mg/kg Ms	<0.05	<0.05	<0.05	<0.50	<0.05
Toluène	mg/kg Ms	<0.05	0.31	<0.05	1.7	0.25
Ethylbenzène	mg/kg Ms	<0.05	2.5	0.93	17	2.9
m,p-Xylène	mg/kg Ms	<0.10	10	3.8	63	12
o-Xylène	mg/kg Ms	<0.050	3.2	0.42	2.8	1.2
Sommes des TEX	mg/kg Ms	0.0	16.0	5.2	84.5	16.4
Somme des BTEX	mg/kg Ms	0.0	16.0	5.2	84.5	16.4

Tableau 3 : Résultats d'analyse dans les eaux.

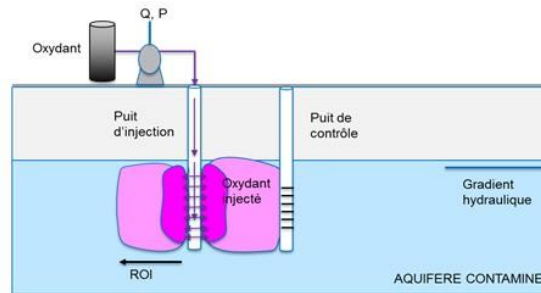
		09.01.2024
		Vessie 3
COT		
Ammonium-N	mg/l	2
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/l	3.7
Nitrates - N	mg/l	0.1
Nitrites - N	mg/l	0.01
Phosphore total (P)	mg/l	0.84
Carb. Org. Dissous (COD)	mg/l	16
COT	mg/l	18
N-global	mg/l	3.8
Hydrocarbures volatils C5-C10		
Fraction aliphatique C5-C6	µg/L	190
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/L	210
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/L	<20
Fraction aromatique >C6-C8	µg/L	810
Fraction aromatique >C8-C10	µg/L	320
Somme des hydrocarbures C5-C10	µg/L	1500
Indice hydrocarbure C10-C40		
Fraction C10-C12	µg/L	185
Fraction C12-C16	µg/L	<10
Fraction C16-C20	µg/L	<5.0
Fraction C20-C24	µg/L	17
Fraction C24-C28	µg/L	56
Fraction C28-C32	µg/L	53
Fraction C32-C36	µg/L	20
Fraction C36-C40	µg/L	5.4
Somme des hydrocarbures C10-C40	µg/L	345
HAP		
Naphtalène	µg/L	19
Acénaphthylène	µg/L	<0.050
Acénaphène	µg/L	0.02
Fluorène	µg/L	0.014
Phénanthrène	µg/L	0.014
Anthracène	µg/L	<0.010
Fluoranthène	µg/L	<0.010
Pyrène	µg/L	0.015
Benzo(a)anthracène	µg/L	<0.010
Chrysène	µg/L	<0.010
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0.010
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0.01
Benzo(a)pyrène	µg/L	<0.010
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	<0.010
Benzo(g,h,i)pyrène	µg/L	0.02
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0.010
Somme HAP	µg/L	0.02
Somme HAP (VROM)	µg/L	19
BTEX		
Benzène	µg/L	53
Toluène	µg/L	110
Ethylbenzène	µg/L	160
m,p-Xylène	µg/L	440
o-Xylène	µg/L	48
Somme xylènes	µg/L	490
Somme BTEX	µg/L	811

3. Présentation de l'oxydation chimique in situ

3.1 Présentation générale

L'oxydation chimique (codes AFNOR C313 b : Oxydation chimique in situ de la norme NF X 31-620-4) est un procédé de traitement in situ par injection d'un réactif chimique oxydant dans le milieu souterrain pour transformer les composés organiques à traiter dans les sols et les eaux souterraines en composés non toxiques (CO₂). Les oxydants les plus communs sont le permanganate (de potassium ou de sodium), le persulfate (de sodium) et le peroxyde d'hydrogène ainsi que l'ozone. C'est un traitement de zone de pollution concentrée (zone saturée ou zone de battement de nappe) ou de panaches de composés dissous (zone saturée).

Figure 2 : Principe schématique de l'oxydation in situ



Q, P : enregistrement de la pression et du débit d'injection

ROI : rayon d'influence de l'injection

Le tableau suivant présente une synthèse des polluants traitables ou non par type d'oxydant.

Tableau 4 : Principaux polluants pouvant être traités par oxydation chimique in situ (d'après US EPA, 2006 : Engineering Issue – In Situ Chemical Oxidation, EPA/600/R-06/072)

Polluant	Oxydant									
	Permanganate					Réactif de Fenton				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
Hydrocarbures légers (essence, fuel domestique, kérosène)				+/+					+/+	
Hydrocarbures lourds (fuel lourd)				+/+					+/+	
Colorants (liquides de frein, résines, colorants...)				+/+					+/+	
Hydrocarbures pétroliers	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
BTEX	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Benzène	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Phénols	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
NAP	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
MTBE	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Tert-butyl alcool	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chloroéthènes	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Tetrachlorure de carbone	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chloroforme	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Dichlorométhane	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chloroéthanes	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Trichloroéthènes	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Dichloroéthanes	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chlorobenzène	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Pentachlorophénol	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Trichlorophénols	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
D. Chlorophénols	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
D. Trichlorobenzènes	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Hexachlorobenzène	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
PCB	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chlorure, furanes	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Composé énergétiques (RDX, nitro)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Esters	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
FAO, ENI	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
D. Trinitrochlorobenzène	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Mono Dinitrochlorobenzène	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Pesticides	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
LD-dioxane	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Legende	++ = Maximum, ++ = Bon, ++ = excellent ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = susceptible d'être oxydé ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = réactif, ++ = réactif ++ = difficile à traiter, ++ = préjudiciable ++ = non recommandable, ++ = mauvais, ++ = moyen, ++ = bon, ++ = excellent									
Sources	a. Sperry, K.L., and J. Cookson, Jr., 2002. In Situ Chemical Oxidation: Design & Implementation. ITRC Presentation to New Jersey Department of Environmental Protection, October 30, 2002. b. ITRC, 2005. Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater, Second Edition. Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work Group, In Situ Chemical Oxidation Work Team. c. Brown, R.A., 2003. In Situ Chemical Oxidation: Performance, Practice and Pitfalls. AFCEE Technology Transfer Workshop, February 24-27, 2003, San Antonio, TX. d. Sepehr, R.L., M.A. Urynowicz, D.R. West, M.L. Clem and K.S. Lowe, 2001. Principles and Practices of In Situ Chemical Oxidation Using Permanganate. 367 pp. Battelle Press, Columbus, OH. e. Sepehr, R.L., M.A. Urynowicz and T.J. Semple, 2003. In Situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation. Springer Media, LLC, New York City, 2003. f. Rating based on the second-order reaction rate constants between contaminants and OH ⁻ reported in Burton et al. (1988) and Fong and Yoo (1992) → > 100 L/mol.s; + > 100 L/mol.s; ++ > 100 L/mol.s; +++ > 100 L/mol.s; ++++ > 100 L/mol.s; +++++ > 100 L/mol.s									

3.2 Oxydants utilisés

Le tableau suivant présente les caractéristiques des principaux oxydants.

Tableau 5 : Caractéristiques des principaux oxydants

Oxydant	Produit brut	Activateur	Rémanence	Potentiel électronique	Aspect sécurité
Permanganate de potassium ou de sodium	poudre / liquide	sans	>3 mois	1,7V	Risque lié à la manipulation et à la respiration des poussières
Persulfate de sodium	poudre / liquide	Chaleur, pH alcalin	semaines à mois	2,1V-2,6V	Risque lié à la manipulation et à la respiration des poussières – risque lié à l'utilisation de soude
Peroxyde d'Hydrogène	liquide	Fe2 ou Fe3 (réactif de Fenton)	minutes à heures	1,7V-2,8V	Risque thermique et de combustion
Ozone	gaz	sans	minutes à heures	2,1V	Risque lié à la réactivité puissante de l'ozone

Le permanganate et le persulfate sont plus faciles à manipuler et apportent moins de dangers. Leur rémanence dans le milieu est nettement plus longue. Tout naturellement ce sont les oxydants les plus utilisés. Ils sont de manipulation plus aisée et moins dangereuse.

3.2.1 Le permanganate de potassium

Le **permanganate de potassium** (noté KMnO_4) est une poudre et sa solubilité dans l'eau est limitée à 6%. La solution obtenue a une couleur violet/rose. Cet oxydant ne nécessite pas de conditions alcalines (comme pour le persulfate). Le permanganate, contrairement aux autres oxydants, ne forme pas de radicaux libres et donc ne se décompose pas spontanément dans les eaux souterraines.

3.2.2 Le persulfate

Le persulfate de sodium est un oxydant plus récent que le permanganate. Sa réaction avec les composés organiques produit du CO_2 et des sulfates.

Deux produits peuvent être utilisés dans le cadre des essais :

- Le **persulfate de sodium** ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$, noté PS) : une poudre blanche cristallisée et sa solubilité approche 40%. Une fois dissous dans l'eau, la solution est incolore. Il a besoin d'être activé pour produire les radicaux libres qui lui confèrent son fort potentiel oxydant. Les modes d'activation sont par la chaleur (60°C) ou par un pH alcalin ($\text{pH} > 11,5$). Ce dernier mode d'activation est le plus couramment utilisé ;
- Le **persulfate de sodium activé** (noté K1) : un produit composé à 99% de persulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) déjà activé grâce à la présence de 1% de permanganate de potassium. C'est une poudre de couleur violette (due à la présence de permanganate) et de $\text{pH}=5$. Etant déjà activé, il ne nécessite pas de condition alcaline.

3.2.3 Application au site de QUIMPERLE

La problématique du site de QUIMPERLE concerne essentiellement des HCT $\text{C}_5\text{-C}_{10}$ et $\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$ et des BTEX. Le permanganate de potassium a été retenu pour réaliser les essais de DSO. Les essais de DTO ont été réalisés avec deux oxydants afin de comparer leur efficacité : le permanganate de potassium et le persulfate de sodium.

Par ailleurs, les sols de ce site présentent une forte teneur en carbone total organique ; cela pourra être limitant dans l'efficacité de cette technique avec une tendance d'oxydation de la matière organique oxydable plutôt que l'oxydation du polluant.

3.3 Essais préliminaires : évaluation de la capacité tampon du sol vis-à-vis de l'alcalinisation

Cet essai est réalisé en vue de l'essai d'oxydation au persulfate de sodium, uniquement pour déterminer le besoin en soude nécessaire pour atteindre le pH d'activation du persulfate ($\text{pH} \geq 11,5$). Il est réalisé sur le sol sain.

3.3.1 Principe de l'essai

La capacité de neutralisation acido-basique d'un sol caractérise la stabilité physico-chimique du matériau et sa résistance aux agressions acido-basiques. Le résultat se concrétise sous la forme de la courbe de neutralisation acido-basique représentant le pH stationnaire obtenu à 24 h en fonction des ajouts d'acide ou de base exprimés en mmole H^+ /g ou en mmole OH^- /g. Ces courbes peuvent faire apparaître plusieurs caractéristiques du matériau et particulier la(les) zone(s) de pH dans la(les)quelle(s) le matériau exerce un pouvoir tampon ou à l'inverse une forte sensibilité vis-à-vis de l'ajout d'acides ou de bases. Dans le cas présent, nous n'avons testé que la partie basique.

3.3.2 Dosage

5 conditions d'essai ont été testées pour une prise d'essai de 50g de sol < 2mm, sol humide :

- Témoin,
- Ajout de 0,1 mmole OH^- / g de sol,
- Ajout de 0,2 mmole OH^- / g de sol,
- Ajout de 0,3 mmole OH^- / g de sol,
- Ajout de 0,4 mmole OH^- / g de sol.

3.3.3 Résultats de l'essai

Le pH est mesuré après l'ajout de soude et stabilisation. L'alcalinisation du sol est très rapide. Pour une activation de persulfate à la soude dans un traitement par oxydation, un ajout de 0,20 mmole de soude par g de sol est nécessaire pour atteindre un $\text{pH} > 11,5$, soit 8 kg NaOH /tonne de sol à traiter.

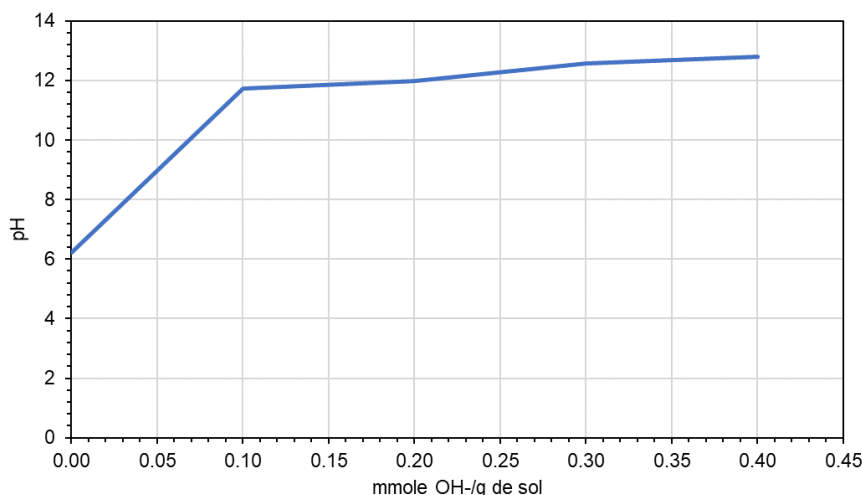


Figure 3 : Détermination de la capacité de neutralisation alcaline du sol sain

3.4 Réalisation des essais d'oxydation chimique

3.4.1 Norme et protocoles suivis

Dans ce protocole, nous utilisons comme oxydant le persulfate de sodium et le permanganate de potassium. Le mode opératoire est inspiré de l'ASTM D 7262 Janvier 2010 : Standard Test Method for Estimating the Permanganate Natural Oxidant Demand of Soil and Aquifer Solid, plus précisément du TEST METHOD A – 48 HOUR PERMANGANATE NATURAL OXIDANT DEMAND. Nous la croisons avec la méthode B pour la cinétique de traitement ; en effet il est important de connaître l'action de l'oxydant sur une durée supérieure à 48 h. La méthode A est préconisée dans le guide ESTRAPOL.

3.4.2 Mesure de la Demande du Sol en Oxydant (DSO)

3.4.2.1 Présentation

Cette première séquence a pour objet de calculer la consommation d'oxydant par la matière organique et les autres composants naturellement présents dans le sol. C'est pourquoi une lithologie « saine » a été utilisée.

L'essai est réalisé pour 3 concentrations de permanganate, en triplicat pour à la fois disposer de suffisamment de masse de sol pour l'analyse et refaire des dosages en cas de doutes sur le résultat. Plusieurs temps de contact sont habituellement retenus : 48h et 7jours (selon ASTM) pour visualiser la cinétique de l'oxydation.

Si la DSO s'avère trop élevée et compromettante pour la faisabilité économique du traitement, il est recommandé d'arrêter l'essai à ce stade.

Nous considérons les bornes de validité technico-économique de la valeur de DSO comme suit :

- DSO négligeable (<0,1%massique) : le sol est un milieu favorable à l'oxydation chimique,
- DSO entre 0,1% et 1% massique : la consommation de l'oxydant par le sol est a priori acceptable d'un point de vue économique,
- DSO entre 1% et 5% massique : la consommation de l'oxydant par le sol est acceptable mais représente un point d'attention pour la validité économique de la solution d'oxydation chimique in situ,
- DSO >5% : la consommation de l'oxydant par le sol est probablement rédhitoire pour la traitabilité par oxydation.

3.4.2.2 Protocole de mesure de la demande naturelle des sols (DSO)

Pour réaliser les essais de DSO, l'oxydant choisi est le permanganate de potassium (KMnO_4) : 3 solutions d'essais de permanganate ont été préparées aux concentrations suivantes : 10 g/L, 20 g/L et 30 g/L.

Pour chaque concentration et chaque temps de contact, un dosage est réalisé pour mesurer la quantité d'oxydant résiduel, soit le permanganate n'ayant pas réagi.

Ces essais ont été réalisés sur un mélange de 2 sols pollués en raison des concentrations mesurées sans les sols à réception : le sol 2 étant riche en hydrocarbures lourds et le sol 3 étant riche en hydrocarbures légers.

3.4.2.3 Résultats des mesures de la demande naturelle des sols DSO (Demande du Sol en Oxydant) avec le permanganate de potassium

► Calcul de la DSO à 48 heures et 7 jours

Le Tableau 6 présente les résultats de l'essai réalisé pour la mesure de DSO à 48 heures et 7 jours. Certains dosages n'ont pas présenté de virage coloré au bout de 60 mL : les DSO correspondantes sont notées supérieures à la valeur maximale obtenue pour un dosage de 60mL de la solution de KMnO_4 résiduel.

Tableau 6 : Résultats de DSO 48h et 7 jours pour le permanganate de potassium.

Oxydation KMnO ₄	ORP (mV) à 48h	pH à 48h	Conductivité (µS/cm) à 48h	DSO KMnO ₄ à 48h (%)	ORP (mV) à 7 jours	pH à 7 jours	Conductivité (µS/cm) à 7 jours	DSO KMnO ₄ à 7 jours (%)
Témoin 20 g/l	523	8.7	13190		587	8.0	13720	
KMnO ₄ 10g/l	582	7.8	2858	>1.9	586	8.0	3180	>1.9
KMnO ₄ 20g/l	592	7.7	3210	3.1	333	7.9	6160	>3.9
KMnO ₄ 30g/l	585	8.1	9710	4.5	585	8.2	9050	5.6

La DSO mesurée atteint :

- Plus de 1,9% pour une concentration de 10 g/L dès 48h,
- 3,1% en 48h puis plus de 3,9% en 7 jours pour 20 g/L,
- 4,5% en 48h puis 5,6% en 7 jours pour 30 g/L.

Les valeurs obtenues avec KMnO₄ sont élevées et difficiles à estimer en raison de dosages incomplets (forte consommation par le milieu de l'oxydant aux concentrations les plus basses).

Les DSO rentrent dans la gamme de valeur pour laquelle la consommation de l'oxydant par le sol présente un risque d'un point de vue économique (1%<DSO<5%).

► Mesure du COT (Carbone Organique Total) après essais

Les bordereaux d'analyses à 48h et 7 jours sont fournis en Annexe 3. Le Tableau 7 synthétise ces résultats. Le sol initial contient de la matière potentiellement oxydable à hauteur de 10 000 mg/kg MS. A 48h, le COT est consommé avec des pourcentages d'abattement de 0% pour 10g/L, 21% pour 20g/L et 25% pour 30 g/L. Les teneurs obtenues à 7 jours sont supérieures aux conditions initiales pour 10g/L (18000 mg/kg MS) et 20g/L (13000 mg/kg MS) (cela peut être dû à l'hétérogénéité du sol). Pour la concentration à 30g/L, l'abattement du COT initial est de 40%.

Tableau 7 : Résultats d'analyses en COT à 48h et 7 jours.

		29.12.2023		19.01.2024	19.01.2024	19.01.2024		24.01.2024	24.01.2024	24.01.2024
		sol sain		DSO KMnO ₄ 10g/l 48h	DSO KMnO ₄ 20g/l 48h	DSO KMnO ₄ 30g/l 48h		DSO KMnO ₄ 10g/l 7 jours	DSO KMnO ₄ 20g/l 7 jours	DSO KMnO ₄ 30g/l 7 jours
ANALYSES SUR SOL BRUT										
Matière sèche	%	78.3		62.6	69.4	68.6		68.1	57.9	61
COT										
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	10 000		10000	7900	7500		18000	13000	6100

3.4.2.4 Conclusion sur la mesure de DSO pour les sols testés

Les résultats de la DSO pour le sol ont mis en évidence :

- une DSO comprise entre 1.9 % et 5.6 % pour une concentration en KMnO₄ de 10 et 30 g/L respectivement, qui implique un risque important de faisabilité technico-économique pour l'oxydation, mais n'est pas rédhibitoire ;
- une consommation du carbone organique total avec des abattements jusqu'à 25% en 48h.

3.4.3 Mesure de la Demande Totale en Oxydant (DTO)

La mesure de la DTO estime la consommation de l'oxydant par le sol et les polluants.

Afin de réaliser une comparaison d'efficacité sur les propriétés oxydantes du permanganate de potassium, un autre oxydant a été testé pour la DTO : le persulfate de sodium (PS).

Pour l'essai sur sol pollué – DTO – les oxydants ont été choisis à des concentrations tenant compte des résultats de DSO :

- 20 g/L et 30g/L pour le permanganate
- 100 g/L et 200 g/L pour le persulfate

La mise en contact a été de 7 et 14 jours. Pour chaque condition essai, 200 g de sol pollué ont été mis en contact avec des volumes d'oxydant adaptés à la condition d'essai.

Le sol pollué utilisé est un composite des sols 2 et 3.

Pour chaque oxydant et chaque concentration, une condition témoin a également été préparée avec un volume défini de solution oxydante sans mise en contact avec des sols afin d'évaluer l'évolution des paramètres physico-chimiques lorsqu'il n'y a pas d'oxydation de sol.

3.4.3.1 Calcul de la DTO par dosage du permanganate n'ayant pas réagi

Les dosages de permanganate résiduel et les résultats de DTO (demande totale du sol pollué en oxydant) sont consignés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Résultats des essais de DTO par le permanganate à 7 jours et 14 jours.

Oxydation KMnO4	ORP (mV) à 7 jours	pH à 7 jours	Conductivité (mS/cm) à 7 jours	DTO KMnO4 à 7 jours (%)	ORP (mV) à 14 jours	pH à 14 jours	Conductivité (mS/cm) à 14 jours	DTO KMnO4 à 14 jours (%)
Témoin 20 g/l	512	9.4	14.00		554	8.8	13.75	
Témoin 30 g/l	517	9.7	20.28		586	8.4	20.99	
KMnO4 20g/l	601	7.9	7.81	4.4	567	8.3	6.57	5.8
KMnO4 30g/l	578	8.3	9.07	5.7	563	8.4	9.07	5.7

Les résultats de la DTO ont mis en évidence :

- une consommation d'oxydant relativement proche à 7 jours pour 20g/L et 30g/L avec 4,4% et 5,8% respectivement,
- une consommation d'oxydant équivalente 14 jours pour 20g/L et 30g/L de 5,7%,

Les valeurs de DTO augmentent légèrement avec le temps pour 20g/L tandis qu'elles sont stables pour 30 g/L.

Les valeurs de DTO obtenues à 7 jours et 14 jours sont proches et comprises entre 4,4 % et 5,8 %, ce qui signifie que la consommation d'oxydant par le sol est dans l'intervalle du risque de faisabilité technico-économique pour l'oxydation. Les valeurs obtenues augmentent avec le temps.

Les valeurs de potentiel d'oxydo-réduction sont similaires pour les deux concentrations à pas de temps équivalent. En revanche, la conductivité augmente avec la concentration en oxydant (en raison de la libération d'ion plus importante dans le milieu).

3.4.3.2 Résultats d'analyses de sols après essais d'oxydation par le permanganate

Les sols testés ont fait l'objet d'analyse de la teneur en hydrocarbures (C₅-C₁₀ et C₁₀-C₄₀, HAP, BTEX). Les bordereaux d'analyses sont fournis en Annexe 4. Les abattements affichés dans le Tableau 9 sont calculés en considérant les échantillons 2 et 3 mélangés bruts et les échantillons après oxydation. Pour les composés dont la teneur est faible ou inférieure à la limite de quantification, les abattements n'ont pas été calculés (HAP, benzène, toluène).

Les résultats montrent :

- Des abattements pour les C₅-C₁₀ :
 - de 72 % en 7 jours puis 78% en 14 jours pour 20 g/L
 - de 67% en 7 jours et 32% en 14 jours pour 30 g/L,
 - plus élevés lorsque les composés sont aromatiques,
- Des abattements pour les C₁₀-C₄₀ :
 - de 47 % pour 20 g/L en 7 jours
 - 14% pour 30 g/L en 7 jours,
- Pas d'abattements pour les C₁₀-C₄₀ pour 20 g/L et 30 g/L à 14 jours,
- Des abattements pour les BTEX de 91 % puis 95% pour 20 g/L et 88% pour 30 g/L dès 7 jours.

Lorsque la concentration en oxydant augmente, les polluants ne sont pas forcément plus dégradés mais le COT est tout de même consommé : le permanganate semble attaquer la matière organique du sol qui diminue au cours de l'essai mais reste relativement élevé (environ 30% d'abattement en moyenne et une concentration supérieure à 4800 mg/kg MS en fin d'essai). Pour la consommation d'oxydant à 30 g/l, la matière organique est largement oxydée mais entre 7j et 14j les concentrations en polluants ré-augmentent, probablement parce que l'oxydation de matière organique libère des polluants adsorbés.

Les hydrocarbures aromatiques C₆-C₁₀ sont mieux dégradés que les aliphatiques : les C₆ aromatiques sont probablement plus spécifiquement des BTEX (également fortement dégradés).

La lecture des résultats indique qu'une concentration de 20 g/L est suffisante pour obtenir des abattements satisfaisants de l'ordre de 70% à 90% pour les hydrocarbures légers de type aromatiques/BTEX (principaux polluants du site). Les BTEX peuvent être abattus de plus de 90%. Le permanganate à une concentration de 30 g/l notamment, engendre une oxydation de la matière organique ce qui libère des polluants adsorbés et explique l'augmentation des concentrations en polluants à 14 jours.

L'action du permanganate de potassium sur les polluants est donc avérée ; cependant il devra être utilisé à des concentrations de l'ordre de grandeur de 5% massique pour obtenir des taux d'abattement suffisants, ce qui impose un coût élevé.

Tableau 9 : Calcul des abattements obtenus lors de l'essai d'oxydation avec permanganate à 20g/L et 30 g/L à 7 et 14 jours.

		29.12.2023 Sol initial pollué 2 + 3 Concentration	07.02.2024				14.02.2024			
			07.02.2024 DTO KMnO4 20g/l 7 jours		07.02.2024 DTO KMnO4 30g/l 7 jours		14.02.2024 DTO KMnO4 20g/l 14 jours		14.02.2024 DTO KMnO4 30g/l 14 jours	
			Concentration	Abattement	Concentration	Abattement	Concentration	Abattement	Concentration	Abattement
COT										
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	10750	6900	35.8%	7800	27.4%	9000	16.3%	4800	55.3%
Hydrocarbures volatils C5-C10										
Fraction C5-C6	mg/kg Ms	101.5	33	67.5%	30	70.4%	29	71.4%	85	16.3%
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	349.5	100	71.4%	120	65.7%	73	79.1%	260	25.6%
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	211	60	71.6%	68	67.8%	43	79.6%	110	47.9%
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg Ms	307	100	67.4%	110	64.2%	71	76.9%	250	18.6%
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg Ms	84.5	31	63.3%	35	58.6%	29	65.7%	71	16.0%
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg Ms	44.65	4.1	90.8%	5.6	87.5%	2	95.5%	5.2	88.4%
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg Ms	126.5	29	77.1%	33	73.9%	14	88.8%	41	67.6%
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg Ms	675	190	71.9%	220	67.4%	150	77.8%	460	31.9%
Indices hydrocarbure C10-C40										
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	47.2	37.7	20.1%	61.9		73.4		58.0	
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	4.0	4.0		4.0		9.2		7.3	
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	3.0	2.0	33.3%	2.0	33.3%	3.6		3.6	
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	17.0	5.6	67.1%	10.6	37.6%	20.2		18.9	
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	48.1	19.0	60.5%	37.9	21.1%	57.5		63.5	
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	38.6	18.0	53.3%	29.0	24.8%	46.0		53.0	
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	15.0	7.0	53.3%	10.2	32.0%	17.5		19.9	
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	5.0	2.0	60.0%	2.0	60.0%	3.4	32.0%	5.1	
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	175.0	93.4	46.6%	150.0	14.3%	240.0		230.0	
BTEX										
Benzène	mg/kg Ms	<0.05	<0.05		<0.50		<0.05		<0.05	
Toluène	mg/kg Ms	<0.88	<0.05		<0.50		<0.05		<0.05	
Ethylbenzène	mg/kg Ms	8.965	0.56	93.8%	0.86	90.4%	0.22	97.5%	0.56	93.8%
m.p-Xylène	mg/kg Ms	33.4	3.1	90.7%	4.1	87.7%	1.7	94.9%	4.4	86.8%
o-Xylène	mg/kg Ms	1.61	0.39	75.8%	0.5	68.9%	0.11	93.2%	0.27	83.2%
Somme des BTEX	mg/kg Ms	44.0	4.1	90.8%	5.5	87.6%	2.0	95.4%	5.2	88.1%

Les valeurs indiquées en rouge correspondent aux limites de quantification.

3.4.3.3 Calcul de la DTO par dosage du persulfate (PS) n'ayant pas réagi

Les dosages de PS résiduel et les résultats de DTO (demande totale du sol pollué en oxydant) pour 7 et 14 jours sont consignés dans le Tableau 10.

Le sol testé est un composite des sols 2 et 3.

Tableau 10 : Résultats des essais de DTO par le PS 100 et 200g/L à 7 jours et 14 jours.

Oxydation PS	ORP (mV) à 7 jours	pH à 7 jours	Conductivité (mS/cm) à 7 jours	DTO PS à 7 jours (%)	ORP (mV) à 14 jours	pH à 14 jours	Conductivité (mS/cm) à 14 jours	DTO PS à 14 jours (%)
Témoin 100 g/l	194	13.8	76.7		331	13.6	71.2	
Témoin 200 g/l	272	13.7	108.4		414	13.6	101.5	
PS 100g/l	216	11.6	44.1	4.3%	367	7.5	45.3	4.4%
PS 200g/l	244	9.8	58.2	5.4%	397	7.2	62.3	5.2%

Les résultats de la DTO à 14 jours mettent en évidence :

- une consommation d'oxydant proche à 7 jours pour 100g/L et 200g/L avec 4,3% et 5,4% respectivement,
- une consommation d'oxydant proche à 14 jours pour 100g/L et 200g/L avec 4,4% et 5,2% respectivement
- très peu d'évolution de valeurs de DTO entre 7 et 14 jours.

La cinétique d'oxydation est rapide et évolue peu car les valeurs obtenues à 7 jours sont équivalentes à celles obtenues à 14 jours.

Pour une DTO comprise entre 1% et 5 % (essais à 100g/L), la consommation d'oxydant par le sol reste dans l'intervalle du risque de faisabilité technico-économique pour l'oxydation.

Pour une DTO comprise supérieur à 5 % (essais à 200g/L), la consommation d'oxydant par le sol présente un risque important de faisabilité technico-économique pour l'oxydation.

3.4.3.4 Résultats d'analyses de sols après essais d'oxydation par le persulfate (PS)

Les sols testés ont fait l'objet d'analyse de la teneur en hydrocarbures (C₅-C₁₀ et C₁₀-C₄₀, HAP, BTEX). Les bordereaux d'analyses sont fournis en Annexe 4. Les abattements affichés dans le Tableau 11 sont calculés en considérant les échantillons 2 et 3 mélangés bruts et les échantillons après oxydation. Pour les composés dont la teneur est faible ou inférieure à la limite de quantification, les abattements n'ont pas été calculés (HAP, benzène, toluène).

Les résultats montrent :

- Des abattements pour les C₅-C₁₀ :
 - de 45 % en 7 jours puis 76% en 14 jours pour 100 g/L,
 - de 54% en 7 jours puis 44% en 14 jours pour 200 g/L,
- Une diminution des concentrations au cours du temps des C₁₀-C₄₀ pour 100 g/L et 200 g/L, mais l'absence d'abattement global.
- Des abattements pour les BTEX de plus de 93% à 7 jours et 98% à 14 jours pour les deux concentrations testées,

Lorsque la concentration en oxydant augmente, les polluants ne sont pas systématiquement plus dégradés tandis que le COT est plus consommé : le persulfate attaque la matière organique du sol à la concentration de 30 g/l, soit un phénomène déjà observé avec le permanganate. Les hydrocarbures aromatiques C₆-C₁₀ (dont BTEX) sont mieux dégradés par le PS que les hydrocarbures aliphatiques.

Tableau 11 : Calcul des abattements obtenus lors de l'essai d'oxydation avec le PS en 7 et 14 jours.

		29.12.2023	07.02.2024		07.02.2024		07.02.2024		14.02.2024		14.02.2024		14.02.2024	
		Sol initial pollué	07.02.2024		07.02.2024		07.02.2024		14.02.2024		14.02.2024		14.02.2024	
		2 + 3	DTO PS 100g/l 7 jours		DTO PS 200g/l 7 jours		DTO PS 100g/l 14 jours		DTO PS 200g/l 14 jours		DTO PS 100g/l 14 jours		DTO PS 200g/l 14 jours	
		Concentration	Concentration	Abattement	Concentration	Abattement	Concentration	Abattement	Concentration	Abattement	Concentration	Abattement	Concentration	Abattement
COT			13000		13000				12000		7900			
Carbone Organique Total (*)		mg/kg Ms												
hydrocarbures volatils C5-C10														
Fraction C5-C6		mg/kg Ms	54	46.8%	47	53.7%	25	75.4%	77	24.1%				
Fraction C6-C8		mg/kg Ms	210	39.9%	180	48.5%	91	74.0%	210	39.9%				
Fraction C8-C10		mg/kg Ms	110	47.9%	78	63.0%	40	81.0%	93	55.9%				
Fraction aliphatique >C6-C8		mg/kg Ms	210	31.6%	180	41.4%	91	70.4%	210	31.6%				
Fraction aliphatique >C8-C10		mg/kg Ms	67	20.7%	56	33.7%	35	58.6%	70	17.2%				
Fraction aromatique >C6-C8		mg/kg Ms	2	95.5%	2	95.5%	0.2	99.6%	0.69	98.5%				
Fraction aromatique >C8-C10		mg/kg Ms	43	66.0%	22	82.6%	5.1	96.0%	23	81.8%				
Somme des hydrocarbures C5-C10		mg/kg Ms	370	45.2%	310	54.1%	160	76.3%	380	43.7%				
indice hydrocarbure C10-C40														
Fraction C10-C12		mg/kg Ms	140.0		210.0		76.7		81.8					
Fraction C12-C16		mg/kg Ms	10.5		14.0		11.3		13.5					
Fraction C16-C20		mg/kg Ms	6.3		4.9		4.6		4.9					
Fraction C20-C24		mg/kg Ms	52.5		65.4		20.8		23.2					
Fraction C24-C28		mg/kg Ms	170.0		220.0		68.7		81.5					
Fraction C28-C32		mg/kg Ms	140.0		180.0		59.0		62.0					
Fraction C32-C36		mg/kg Ms	51.8		63.2		24.0		24.1					
Fraction C36-C40		mg/kg Ms	3.6	28.0%	15.3		8.5		5.7					
Somme des hydrocarbures C10-C40		mg/kg Ms	590.0		770.0		270.0		300.0					
BTEX														
Benzène		mg/kg Ms	<0.50		<0.50		<0.05		<0.05					
Toluène		mg/kg Ms	<0.50		<0.50		<0.05		<0.05					
Ethylbenzène		mg/kg Ms	0.5	94.4%	0.5	94.4%	0.05	99.4%	0.11	89.5%				
m,p-Xylène		mg/kg Ms	1.9	94.3%	1	97.0%	0.1	99.7%	0.52	97.4%				
o-Xylène		mg/kg Ms	0.5	68.9%	0.5	68.9%	0.05	96.9%	0.05	48.3%				
Somme des BTEX		mg/kg Ms	2.9	93.4%	2.0	95.5%	0.2	99.5%	0.7	98.0%				

Les valeurs indiquées en rouge correspondent aux limites de quantification.

La lecture des résultats indique qu'une concentration de 100 g/L est suffisante pour obtenir des abattements satisfaisants de l'ordre de 70% à 90% pour les hydrocarbures légers de type aromatiques/BTEX (principaux polluants du site). Les BTEX peuvent être abattus de plus de 95%. Le persulfate à une concentration de 200 g/l notamment, engendre une oxydation de la matière organique ce qui peut expliquer des performances moindres à 14 jours.

L'action du persulfate sur les polluants est donc avérée pour les C₅-C₁₀ et les BTEX, mais aucun abattement n'est mis en évidence pour les C₁₀-C₄₀ ; il devra être utilisé à des concentrations de l'ordre de grandeur de 5% massique pour obtenir des taux d'abattement suffisants, ce qui impose un coût élevé.

4. Essai de biodégradation aérobie en batch de la zone saturée

4.1 Principe de l'essai

Les microorganismes naturellement présents dans les sols peuvent éliminer les polluants et les transformer en composés non toxiques avec rejet d'eau et de gaz comme le dioxyde de carbone.

Une température (15 - 30°C), un pH neutre (6 - 9) ainsi que la présence d'azote et de phosphore sont indispensables pour le développement et la multiplication des espèces microbiennes. Ces dernières sont nécessaires pour le bon fonctionnement de la biodégradation. Les terres polluées peuvent être chauffées, agitées ou mélangées avec l'apport d'amendement pour améliorer les conditions.

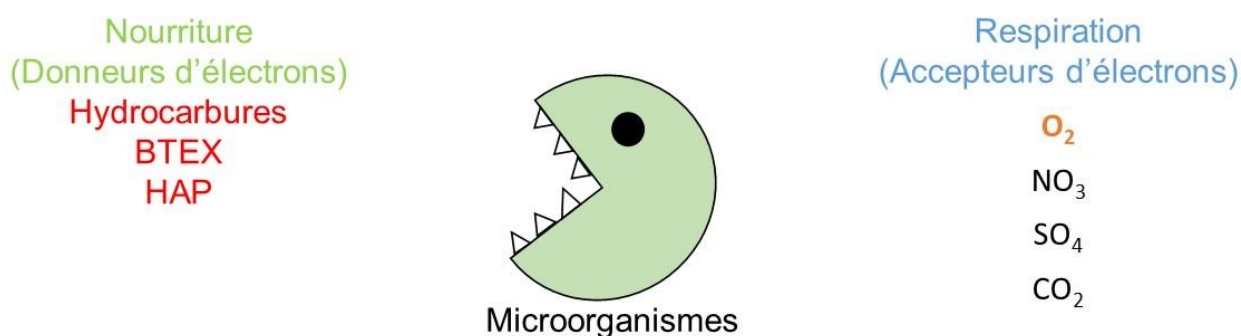


Figure 4 : principe de la biodégradation aérobie

L'essai de biodégradation aérobie en zone saturée a pour objectif de démontrer la capacité des micro-organismes déjà présents dans le sol, à dégrader des polluants, avec ou sans présence d'un apport contrôlé de dioxygène. Cet ajout est réalisé soit par voie gazeuse (bullage d'air) soit par voie liquide (injection de H₂O₂ dilué). L'apport en oxygène par voie gazeuse imite un apport d'air sous pression similaire à l'utilisation de la méthode du sparging in situ.

- Si le polluant visé est « strippable », il est transféré de la phase aqueuse vers la phase gazeuse (volatilisation) puis il est évacué vers la zone non saturée et récupéré par pompage de gaz dans le sol : on parle de traitement par SPARGING (Figure 5).
- Si le polluant est biodégradable par les micro-organismes présents naturellement dans le sol en présence d'oxygène, il est dégradé grâce à l'ajout d'O₂ dans l'air injecté : on parle de traitement par BIOSPARGING (Figure 5).

En laboratoire, les essais de dégradation biologique aérobie sont réalisés dans des contenants scellés en verre contenant :

- Du sol pollué à traiter,
- Un amendement (facultatif), ici le DAP : phosphate de diammonium,
- De l'eau polluée,
- Une source d'oxygène (par bullage ou injection d'eau oxygénée).

Le suivi de la dégradation est réalisé par mesure des COV par un PID, des gaz biologiques (O₂, CO₂, CO) par un analyseur de biogaz, de l'O₂ dissous par une sonde électronique et du potentiel d'oxydo-réduction.

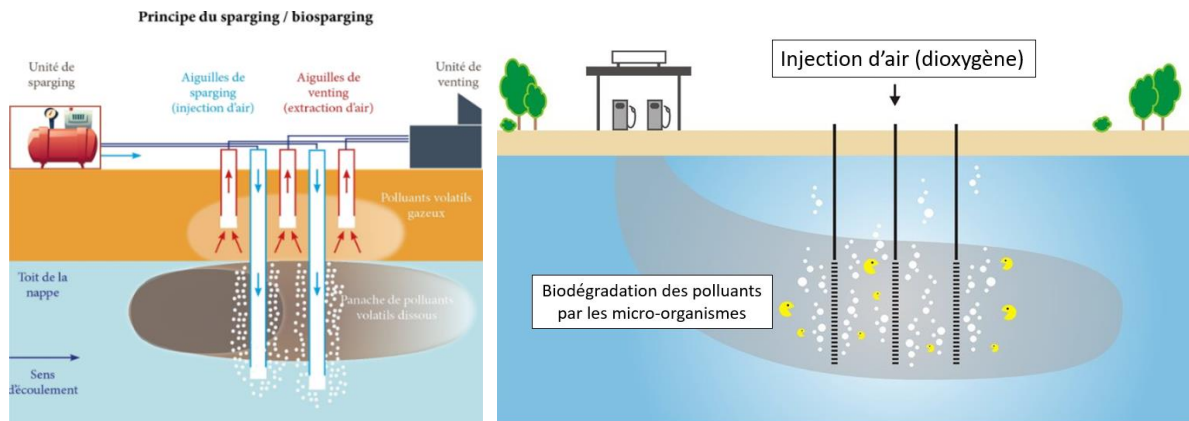


Figure 5 : Schéma de principe du SPARGING (source : SelecDEPOL – BRGM, ADEME) et BIOSPARGING (source : adapté de Bioclear Earth).

4.2 Conditions d'essai

Les essais ont été réalisés sur les sols et eaux les plus pollués (« Sol 3 » et « Vessie 3 ») pour mettre en évidence le rôle de l'apport de nutriments et de O_2 dissous sur l'efficacité de la biodégradation.

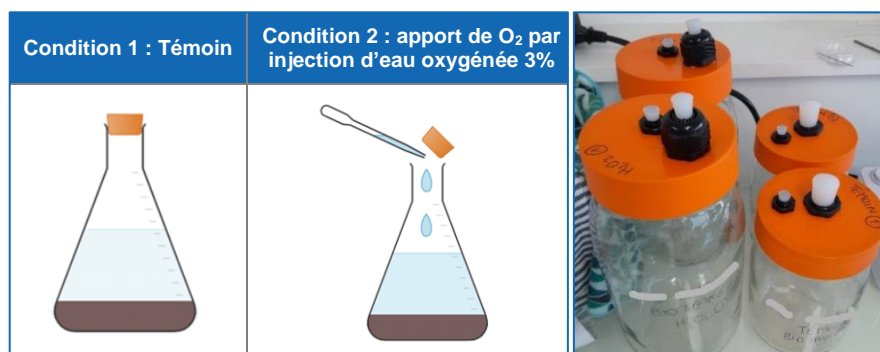
Ainsi, 2 conditions ont été testées pour cet essai (Figure 6) :

- Condition 1 : témoin (aucun apport)
- Condition 2 : témoin avec apport d' O_2 dissous par ajout d'une solution H_2O_2 3%

Ces essais ont été réalisés dans des flacons d'un litre avec 250g de sol pollué et 750ml d'eau polluée. La quantité de nutriments est calculée en fonction des concentrations initiales en C, N, et P afin d'obtenir un ratio C/N/P d'environ de 100/10/1. Aucun nutriment n'a été apporté dans la condition 2 car le ratio C/N/P du système sol+eau est déjà optimal.

Pour la condition avec oxygénation, des injections d'eau oxygénée (3% H_2O_2) sont réalisées régulièrement lorsque la teneur en O_2 dissous devient inférieure à 5 mg/L (objectif entre 15 et 20 mg/L après injection).

Figure 6 : Illustration des conditions testées et des dispositifs utilisés.



La durée des essais est de trois mois avec sacrifice d'un réplicat à chaque pas de temps pour analyse des polluants du sol et de l'eau (1 mois, 2 mois, 3 mois).

Le suivi des mesures lors des essais est présenté ci-dessous :

Suivi	O ₂ dissous	Composition du ciel gazeux ¹	Paramètres physico-chimique ²	Teneur en polluant dans le sol et l'eau ³
Fréquence	<u>1^{er} mois</u> : tous les jours <u>2^e mois</u> : 2 fois par semaine <u>3^e mois</u> : 1 fois par semaine	<u>1^{er} mois</u> : tous les jours <u>2^e mois</u> : 2 fois par semaine <u>3^e mois</u> : 1 fois par semaine	<u>1^{er} mois</u> : tous les jours <u>2^e mois</u> : 2 fois par semaine <u>3^e mois</u> : 1 fois par semaine	1 fois par mois
Sacrifice d'un réplicat	NON	NON	NON	OUI

4.3 Résultats des essais de biodégradation aérobie en batch

4.3.1 Suivi des mesures en gaz et en oxygène dissous

Les mesures dans le ciel gazeux regroupent les composés suivants :

- O₂ (%), CO₂ (%), H₂S (ppm), CH₄ (%), CO (ppm) à l'aide d'un analyseur de biogaz,
- COV (ppm) à l'aide d'un PID

Les biogaz présentent une légère évolution au cours du temps selon le composé mesuré quel que soit la condition (Figure 7), avec des valeurs allant de :

- 0,03 à 0,10 % en CO₂ dont une production en fin d'essai pour la condition optimisée,
- 20,2 à 21 % en O₂,
- 0 à 1 ppm en H₂S dont des valeurs ponctuelles élevées pour la condition optimisée,
- 0 à 0,06 % en CH₄,
- 0 à 2,7 ppm en CO dont des valeurs ponctuelles élevées pour la condition optimisée en début d'essai.

Des concentrations élevées et inhabituelles sont mesurées pour le CO₂ avec des teneurs supérieures à 0,04% (concentration normale dans l'atmosphère). Des mesures ponctuelles élevée en CH₄, CO et H₂S sont également mesurées. Cet ensemble d'observations est indicateur d'une activité bactérienne.

¹ PID (COV), GEM BIO (gaz biologiques)

² Potentiel d'oxydo-réduction, conductivité et oxygène dissous

³ BTEX, HAP, COHV, métaux

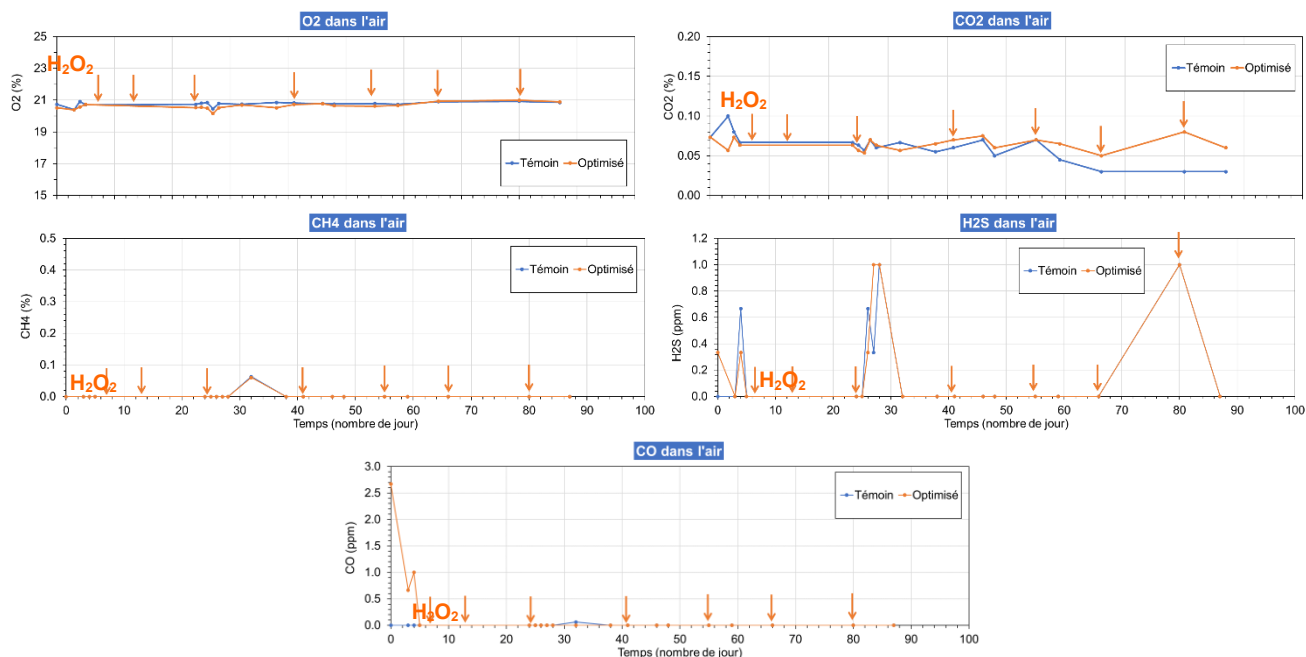


Figure 7 : Moyenne des mesures de biogaz en fonction de la condition de l'essai. Les injections d'H2O2 sont indiquées sur les graphes par des flèches orange.

Les données mesurées en COV à l'aide du PID, au cours du temps, sont reportées dans la Figure 8. La présence de composés volatils dans l'air est mesurée durant le premier mois d'essai pour les deux conditions avec une tendance à la baisse. Un dégazage supplémentaire pour l'essai témoin est noté au 38^e jour d'essai. A l'issue du premier mois, les valeurs mesurées sont très proches de 0. On observe donc une diminution globale de la pollution volatile lors du lancement des essais quelle que soit la condition. Les données mesurées au cours du temps sont reportées dans la figure ci-dessous.

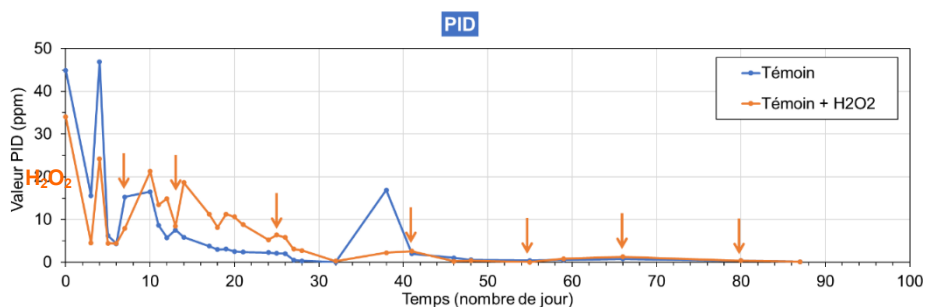


Figure 8 : Evolution de la concentration en polluant dans l'air (moyenne des réplicats) mesuré par le PID dans l'espace de tête des flacons.

La diminution globale de la teneur en polluants mesurés dans l'air, est plus lente pour la condition avec H2O2 ce qui est associé à de probables émissions gazeuses supplémentaires, mais qui restent néanmoins limitées.

4.3.2 Suivi de l'oxygène dissous

Les mesures en O2 dissous au cours du temps sont reportées dans la Figure 9. Les injections d'eau oxygénée pour la condition optimisée sont réalisées lorsque le milieu atteint une concentration jugée insuffisante (<5mg/L) de manière à ce que la teneur soit systématiquement supérieure au témoin. Au total, 7 injections ont été réalisées durant

l'essai.

En moyenne, les solutions ont des teneurs moyenne en oxygène dissous de :

- 3,4mg/L pour la condition témoin,
- 9,5 mg/L pour la condition optimisée

Sans ajout d'oxygène, la teneur en O₂ dissous n'excède pas 5,2 mg/l. L'ajout d'eau oxygénée permet d'augmenter cette concentration avec des teneurs allant jusqu'à 24 mg/l. Une tendance à la consommation rapide de cet oxygène dissous a lieu avec des chutes brutales des concentrations après ajout en quelques jours : c'est un indicateur d'une activité bactérienne consommatrice d'oxygène (réactions aérobies).

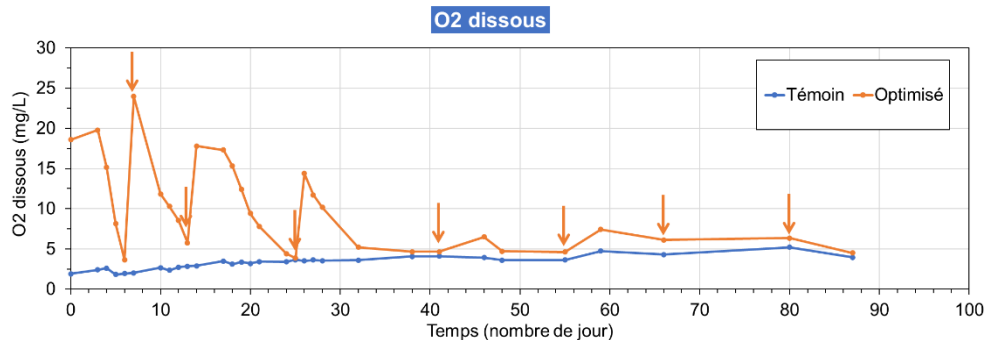


Figure 9 : Evolution de la concentration en O₂ dissous (moyenne des réplicats) dans l'eau.

4.3.3 Suivi des paramètres physico-chimiques dans l'eau

L'évolution des mesures de la conductivité est présentée dans la Figure 10. Sur toute la durée de l'essai, elle est plus élevée pour la condition optimisée que pour le témoin.

Pour l'essai témoin : la conductivité est stable pendant les deux premiers mois (environ 600 µS/cm) puis diminue progressivement pendant le 3^e mois jusqu'à atteindre 430 µS/cm.

Pour l'essai optimisé, la conductivité augmente pendant la 1^{ère} semaine jusqu'à atteindre un palier à environ 700 µS/cm. Elle augmente de nouveau après le 1^{er} mois et diminue jusqu'à la fin de l'essai à partir du 55^e jour. On observe néanmoins des valeurs plus élevées que pour le témoin tout au long de l'essai.

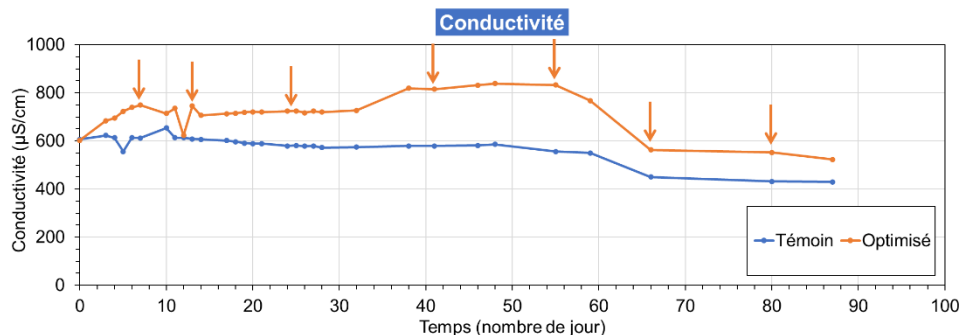


Figure 10 : Evolution de la conductivité (moyenne des réplicats) dans l'eau.

Les mesures de potentiel d'oxydo-réduction (Figure 11) indiquent que le milieu est légèrement réducteur pour les deux conditions (50mV < POR < 100mV). Les valeurs pour les deux conditions sont proches et présentent les mêmes évolutions au cours du temps. Le potentiel diminue en début d'essai jusqu'à 25 jours, se stabilise jusqu'au 45^e jour puis augmente légèrement jusqu'à la fin de l'essai.

Malgré les ajouts d'eau oxygénée aux propriétés oxydantes, le potentiel n'indique pas de changement de conditions oxydo-réductrice majeur (variation faible du POR après chaque ajout) ce qui signifie que H₂O₂ ne joue pas de rôle oxydant et que l'O₂ dissous n'oxyde pas le milieu (car probablement consommé par les micro-organismes).

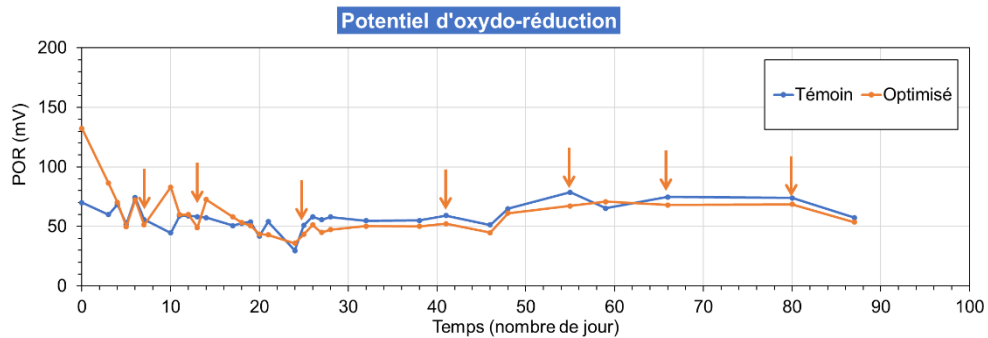


Figure 11 : Evolution du potentiel d'oxydo-réduction (moyenne des réplicats) dans l'eau.

4.3.4 Suivi des concentrations en polluants dans les sols et les eaux

L'évolution de la concentration des polluants dans les sols et dans les eaux est présentée dans les Figure 12 et Figure 13. Les concentrations et les abattements associés dans les sols et les eaux sont présentés dans les Tableau 12 et

Tableau 13. Les bordereaux d'analyses sont présentés dans les Annexe 5 (sols) et Annexe 6 (eaux). Dans les tableaux de valeurs, les valeurs en rouges sont inférieures aux limites de quantification indiquées.

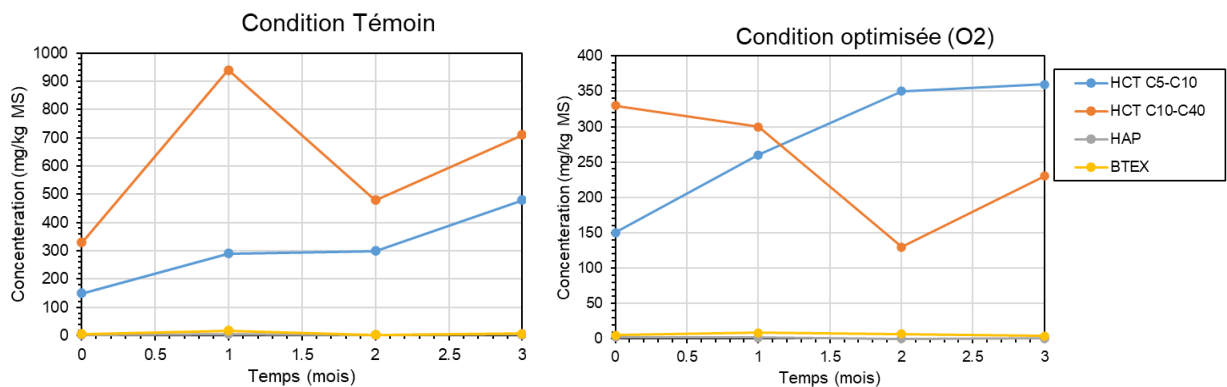


Figure 12 : Evolution des concentrations dans les sols

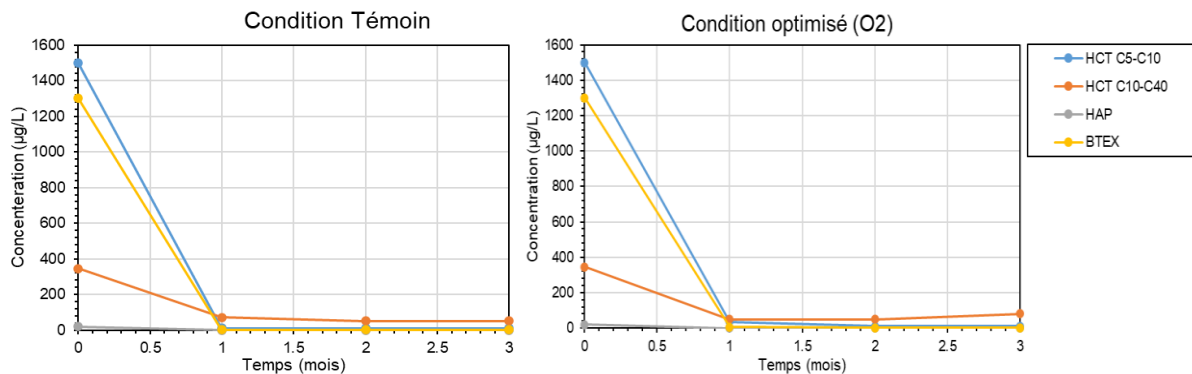


Figure 13 : Evolution des concentrations dans les eaux.

Tableau 12 : Concentrations et abattements en polluants dans les sols au cours de l'essai.

	29.12.2023	Biosparging 1 mois		Biosparging 2 mois		Biosparging 3 mois		Témoin			Témoin + H2O2		
	Sol pollué 2	Témoin	Témoin + H2O2	Témoin	Témoin + H2O2	Témoin	Témoin + H2O2	1 mois	2 mois	3 mois	1 mois	2 mois	3 mois
		Concentration	Concentration	Concentration	Concentration	Concentration	Concentration	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)
COT													
Carbone Organique Total (*)	16000	10000	9000	29000	13000	11000	9600	38%		31%	44%	19%	40%
Hydrocarbures volatils C5-C10													
Fraction C5-C6	23	21	24	51	61	62	56	9%					
Fraction C6-C8	79	140	140	160	180	260	180						
Fraction C8-C10	52	130	100	87	110	160	120						
Fraction aliphatique >C6-C8	74	120	130	160	170	250	180						
Fraction aliphatique >C8-C10	19	50	54	55	59	83	67						
Fraction aromatique >C6-C8	5.3	17	9.3	2.6	7.1	7.9	4.3						19%
Fraction aromatique >C8-C10	33	77	48	32	54	77	50		3%				
Somme des hydrocarbures C5-C10	150	290	260	300	350	480	360						
Indice hydrocarbure C10-C40													
Fraction C10-C12	83.7	330	190	230	90.6	320	81.2						
Fraction C12-C16	4	28.9	24.3	19.3	8.9	25.2	9.3						
Fraction C16-C20	4	9.1	2	6.7	2	8.2	4.7						
Fraction C20-C24	30.8	65.5	10.4	27.4	3.2	49.8	14.9						
Fraction C24-C28	93.2	240	37.6	91.8	9.3	150	50.3		11%				
Fraction C28-C32	74	200	27	72	9.9	110	41		2%				
Fraction C32-C36	26.9	70	9.6	26.4	3.4	38	16.1		3%				
Fraction C36-C40	6.7	18.2	2	6.1	2	6.3	3.8		2%				
Somme des hydrocarbures C10-C40	330	940	300	480	130	710	230		9%	6%			
HAP													
Naphtalène	2.5	6.1	1.9	3.2	0.39	3.7	0.55						
Somme des HAP	2.5	6.19	1.9	3.33	0.39	3.7	0.55						
BTEX													
Benzène	<0.05	<0.05	<0.50	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05						
Toluène	<0.05	<0.05	<0.50	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05						
Ethylbenzène	0.93	4.7	1.3	0.73	1.3	2.5	0.96						
m,p-Xylène	3.8	11	6	1.9	5.2	5.1	3		22%				
o-Xylène	0.42	1.5	1.5	0.098	0.53	0.1	0.26		50%				21%
Sommes des TEX	5.2	17.2	8.8	2.7	7.0	7.7	4.2		77%	76%			38%
Somme des BTEX	5.2	17.2	8.8	2.7	7.0	7.7	4.2		47%				18%

Les valeurs indiquées en rouge correspondent aux limites de quantification.

Tableau 13 : Concentrations et abattements en polluants dans les eaux au cours de l'essai.

		09.01.2024	Biosparging 1 mois		Biosparging 2 mois		Biosparging 3 mois		Témoin			Témoin + H2O2		
		Vessie 3	Témoin	Témoin + H2O2	Témoin	Témoin + H2O2	Témoin	Témoin + H2O2	1 mois	2 mois	3 mois	1 mois	2 mois	3 mois
		Concentration	Concentration	Concentration	Concentration	Concentration	Concentration	Concentration	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)
COT														
Carb. Org. Dissous (COD)	mg/l	16	17	37	13	31	19	25						
COT	mg/l	18	18	39	27	30	22	28						
Hydrocarbures volatils C5-C10														
Fraction aliphatique C5-C6	µg/L	190	2	2	2	2	2	2	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/L	210	4.2	6.2	3	2	2	2	98%	98%	99%	96%	99%	99%
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/L	20	2	2	2	2	2	2	90%	87%	87%	87%	87%	87%
Fraction aromatique >C6-C8	µg/L	810	2	3.3	2	2	2	2	100%	100%	100%	99%	100%	100%
Fraction aromatique >C8-C10	µg/L	320	2	26	2	2.4	2	2	99%	99%	99%	89%	99%	99%
Somme des hydrocarbures C5-C10	µg/L	1500	10	36	10	10	10	10	99%	99%	99%	97%	99%	99%
Indice hydrocarbure C10-C40														
Fraction C10-C12	µg/L	185	10	14	10	10	10	10	95%	93%	93%	90%	93%	93%
Fraction C12-C16	µg/L	10	10	10	10	10	10	10						
Fraction C16-C20	µg/L	5	5	5	5	5	5	5						
Fraction C20-C24	µg/L	17	6.4	5	5	5	6	9.7	62%	62%	54%	62%	62%	26%
Fraction C24-C28	µg/L	56	20	5	7.2	5	13	24	64%	83%	70%	88%	88%	44%
Fraction C28-C32	µg/L	53	22	5	6.8	5	12	22	58%	83%	71%	88%	88%	46%
Fraction C32-C36	µg/L	20	9	5	5	5	5	8.2	55%	68%	68%	68%	68%	47%
Fraction C36-C40	µg/L	5.4	5	5	5	5	5	5	7%	-20%	-20%	-20%	-20%	-20%
Somme des hydrocarbures C10-C40	µg/L	345	71	50	50	50	50	80	79%	81%	81%	81%	81%	70%
HAP														
Naphtalène	µg/L	19	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Somme HAP (VROM)	µg/L	19	<LQ	0.038	<LQ	<LQ	0.013	0.087	<LQ	<LQ	100%	<LQ	<LQ	<LQ
BTEX														
Benzène	µg/L	53	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Toluène	µg/L	110	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	100%	99%	99%	99%	99%	99%
Ethylbenzène	µg/L	160	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	100%	100%	100%	100%	100%	100%
m.p-Xylène	µg/L	440	0.2	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	100%	100%	100%	100%	100%	100%
o-Xylène	µg/L	48	0.5	2.5	0.5	0.5	0.5	0.5	99%	99%	99%	93%	99%	99%
Somme xylènes	µg/L	490	<LQ	2.9	<LQ	0.3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	99%	100%	<LQ
Somme des BTEX	µg/L	1301	1.9	7	1.9	2.3	1.9	1.9	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Les valeurs indiquées en rouge correspondent aux limites de quantification.

La lecture des résultats sur les sols montre :

- Un abattement de 19 à 44% du carbone organique total, indépendamment de la condition, qui indique une consommation de la matière organique et/ou des polluants du sol,
- Une augmentation de la concentration en hydrocarbures C₅-C₁₀ au cours du temps : ce phénomène peut être attribué à un relargage de la pollution piégée dans la matière organique. Par conséquent, aucun abattement des hydrocarbures C₅-C₁₀ n'est observé pour les deux conditions,
- Pas d'abattement des hydrocarbures C₁₀-C₄₀ pour la condition témoin mais des abattements allant jusqu'à 60% pour la condition oxygénée,
- Le naphthalène est dégradé uniquement dans la condition oxygénée avec de forts abattements de l'ordre de 80% dès 2 mois d'essai,
- Des concentrations faibles et stables en BTEX (principalement m-p-xylène) entre les conditions initiales et finales des essais.

La lecture des résultats sur les eaux montre :

- De très forts abattements des hydrocarbure C₅-C₁₀ supérieurs à 87% quelle que soit la condition,
- De forts abattements des hydrocarbures C₁₀-C₄₀ supérieurs de l'ordre de 70% pour les deux conditions, dont un abattement de plus de 90% pour la fraction majoritaire C₁₀-C₁₂,
- Un abattement de plus de 99% pour les HAP (naphthalène) pour les deux conditions,
- De très forts abattements des BTEX (majoritairement xylènes) avec des pourcentages supérieurs à 99% quelle que soit la condition.

En se basant sur un système sol+eau, les résultats obtenus sont sensiblement identiques aux abattements dans les sols (Tableau 14), les concentrations dans les eaux étant plus faibles que dans les sols. On observe :

- Un abattement de 19 à 44% du carbone organique total, indépendamment de la condition, qui indique une consommation de la matière organique et/ou des polluants du sol,
- Une augmentation de la concentration en hydrocarbures C₅-C₁₀ au cours du temps,
- Pas d'abattement des hydrocarbures C₁₀-C₄₀ pour la condition témoin mais des abattements allant jusqu'à 61% pour la condition oxygénée,
- Le naphthalène est dégradé uniquement dans la condition oxygénée avec de forts abattements de l'ordre de 80% dès 2 mois d'essai,
- Des concentrations relativement faibles et stables en BTEX (principalement m-p-xylène) entre les conditions initiales et finales des essais.

► Essais de faisabilité de traitement – Oxydation chimique et Biodégradation aérobie
4. Essai de biodégradation aérobie en batch de la zone saturée

Tableau 14 : Concentrations et abatements en polluants dans le système sol + eau au cours de l'essai.

		29.12.2023	1 mois		2 mois		3 mois		Témoin			Témoin + H2O2		
		T=0	Témoin		Témoin + H2O2		Témoin		1 mois			2 mois		
		Concentration	Concentration		Concentration		Concentration		Abattement (%)			Abattement (%)		
		sol+eau	sol+eau		sol+eau		sol+eau		sol+eau			sol+eau		
COT														
Carbone Organique Total (*)	mg/kg MS	16018	10018	9039	29027	13030	11022	9628	37%		31%	44%	19%	40%
Hydrocarbures volatils C5-C10									9%					
Fraction C5-C6	mg/kg MS	23	21	24	51	61	62	56						
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg MS	74	120	130	160	170	250	180						
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg MS	19	50	54	55	59	83	67						
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg MS	6	17	9	3	7	8	4						
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg MS	33	77	48	32	54	77	50		57%				30%
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg MS	152	290	260	300	350	480	360		4%				
Indice hydrocarbure C10-C40														
Fraction C10-C12	mg/kg MS	84	330	190	230	91	320	81						3%
Fraction C12-C16	mg/kg MS	4	29	24	19	9	25	9						
Fraction C16-C20	mg/kg MS	4	9	2	7	2	8	5						
Fraction C20-C24	mg/kg MS	31	66	10	27	3	50	15						
Fraction C24-C28	mg/kg MS	93	240	38	92	9	150	50		11%				
Fraction C28-C32	mg/kg MS	74	200	27	72	10	110	41		2%				
Fraction C32-C36	mg/kg MS	27	70	10	26	3	38	16		3%				
Fraction C36-C40	mg/kg MS	7	18	2	6	2	6	4		2%				
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg MS	330	940	300	480	130	710	230		9%	6%			
HAP														
Naphtalène	mg/kg MS	2.52	6.10	1.90	3.20	0.39	3.70	0.55						
Somme des HAP	mg/kg MS	2.52	6.19	1.90	3.33	0.39	3.70	0.55						
BTEX														
Benzène	mg/kg MS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	51%	51%	51%	51%	51%	51%
Toluène	mg/kg MS	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	68%	68%	68%	68%	68%	68%
Ethylbenzène	mg/kg MS	1.1	4.7	1.3	0.7	1.3	2.5	1.0		33%				12%
m,p-Xylène	mg/kg MS	4.2	11.0	6.0	1.9	5.2	5.1	3.0		55%				29%
o-Xylène	mg/kg MS	0.5	1.5	1.5	0.1	0.5	0.1	0.3		79%	79%			44%
Somme des BTEX	mg/kg MS	6.5	17.2	8.8	2.7	7.0	7.7	4.2		58%				35%

5. Conclusion

Les essais d'oxydation dans les sols ont montré :

- Un abattement équivalent des hydrocarbures C₅-C₁₀ entre le permanganate et le persulfate avec des taux allant de 32% à 78% selon la concentration en oxydant,
- Des abattements très satisfaisants et supérieurs à 88% dès 7 jours pour les BTEX avec les deux oxydants, légèrement plus élevés avec le persulfate,
- Des abattements variables et difficiles à estimer pour les C₁₀-C₄₀ pour le permanganate et pas d'abattement pour le persulfate.

Les concentrations optimales qui permettent d'obtenir à la fois une efficacité satisfaisante et un risque économique acceptable sont de 20 g/l pour le permanganate et de 100 g/L pour le persulfate. Les oxydants consomment une partie de la matière organique du sol, notamment en présence de plus fortes concentrations en oxydant, ce qui contribue à désorber des polluants des sols et augmenter ainsi la concentration en polluants à l'analyse.

L'oxydation in situ est donc une méthode qui présente des avantages et des inconvénients pour les sols du site de Quimperlé. Le choix ne se portera sur cette technique que pour des compositions de polluants bien précises par rapport aux objectifs souhaités, et en particulier plutôt pour des ratios élevés en hydrocarbures aromatiques.

Avantages

- Efficacité à très forte efficacité pour les BTEX.
- Bonne efficacité pour les C₅-C₁₀ qui peuvent être abattus de 70% à 80%
- Efficacité moyenne pour les hydrocarbures C₁₀-C₄₀

Inconvénients

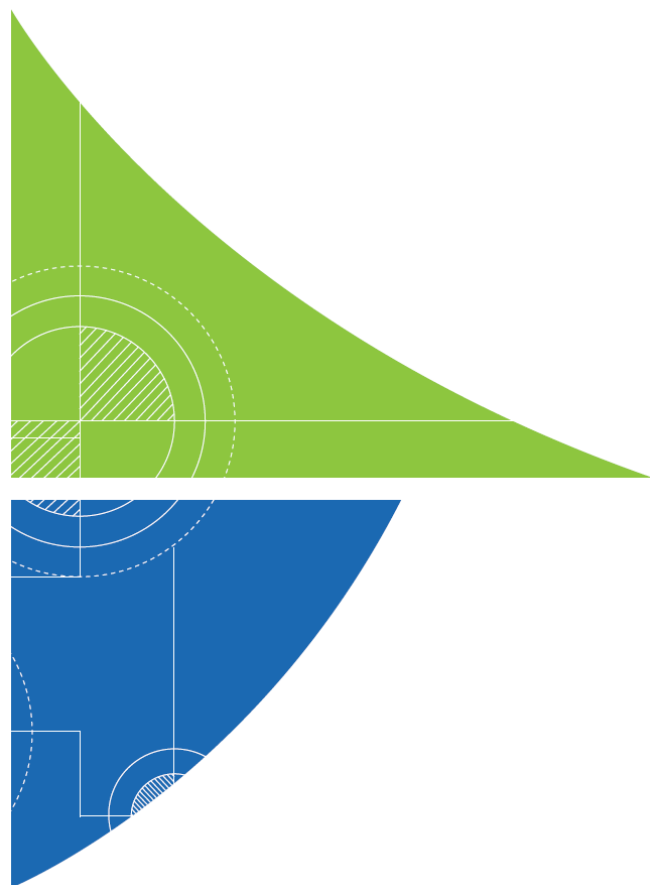
- Une forte consommation par le milieu qui imposera que soit choisi un ratio massique d'ordre de grandeur de 5%.

Les essais biodégradation aérobie en batch ont mis en évidence :

- Une activité bactérienne aérobie quelle que soit la condition, par la mesure d'une production de CO₂ notamment en fin d'essai avec oxygénation de l'eau,
- Une très bonne biodégradation du naphthalène dans les sols et les eaux avec des abattements supérieurs à 80% dès 2 mois d'essai,
- Une biodégradation limitée des hydrocarbures (C₅-C₁₀ et C₁₀-C₄₀) et des BTEX (xylènes) dans les sols en raison de :
 - La nature argileuse du sol qui limite la diffusion de l'oxygène et réduit l'activité bactérienne
 - Le relargage de polluants par consommation de la matière organique

Au vu de ces résultats la biodégradation aérobie n'est donc pas une technique recommandée pour le site de Quimperlé ; le sol trop argileux passant insuffisamment en condition aérobie.

ANNEXES



Annexe 1 : Bordereaux d'analyses des sols bruts.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070
Date: 08.01.2024

RAPPORT D'ANALYSE 1357909 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11699 - sols à réception **Date: 08.01.2024**

Commande	1357909 Solide / Eluat
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	29.12.2023
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1357909 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 605797, 605798, 605799, 605800, 605801.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 1 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1357909 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11699 - sols à réception

Date: 08.01.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
605797	sans objet	sol sain
605798	sans objet	Sol pollué 1
605799	sans objet	Sol pollué 2
605800	sans objet	sol pollué 3
605801	sans objet	Sol pollué 4

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	605797	605798	605799	605800	605801
Prétraitement de l'échantillon		++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾
Matière sèche	%	78,3	75,0	73,1	78,3	68,9

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	605797	605798	605799	605800	605801
pH-H ₂ O		-- ²⁾	6,7	6,3	6,6	6,4
Ammonium (NH ₄)	mg/kg MS	-- ²⁾	11	41	34	48
Azote Kjeldahl (NTK) ^{*)}	g/kg MS	-- ²⁾	0,61	0,51	0,82	1,5
Nitrates (N)	mg/kg MS	-- ²⁾	19	12	8,6	9,0
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	-- ²⁾	7100	16000	5500	14000

Prétraitement pour analyses des métaux

Paramètres	Unité	605797	605798	605799	605800	605801
Minéralisation à l'eau régale		-- ²⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾

Métaux

Paramètres	Unité	605797	605798	605799	605800	605801
Phosphore total (P)	mg/kg MS	-- ²⁾	840	130	540	1000
Potassium (K) ^{*)}	mg/kg MS	-- ²⁾	1300	760	1100	1800

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (ISO)

Paramètres	Unité	605797	605798	605799	605800	605801
Naphtalène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	2,5	2,5	1,2	4,2
Acénaphthylène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Acénaphthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Fluorène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Phénanthrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	0,17	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Fluoranthène	mg/kg MS	0,14	0,23	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Pyrène	mg/kg MS	0,14	0,17	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	0,11
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0,12	0,084	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Chrysène	mg/kg MS	0,13	0,096	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,22	0,13	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0,088	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0,14	0,12	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg MS	0,14	0,11	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	0,14	0,17	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg MS	0,868	0,760³⁾	n.d.	n.d.	n.d.
Somme HAP (VROM)	mg/kg MS	0,898³⁾	3,48³⁾	2,50³⁾	1,20³⁾	4,20³⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1357909 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11699 - sols à réception

Date: 08.01.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
605797	sans objet	sol sain
605798	sans objet	Sol pollué 1
605799	sans objet	Sol pollué 2
605800	sans objet	sol pollué 3
605801	sans objet	Sol pollué 4

Paramètres	Unité	605797	605798	605799	605800	605801
HAP (EPA) - somme	mg/kg MS	1,26 ³⁾	3,78 ³⁾	2,50 ³⁾	1,20 ³⁾	4,31 ³⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	605797	605798	605799	605800	605801
Benzène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	<0,50 ^{4),5)}	<0,05 ⁴⁾
Toluène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	0,31	<0,05 ⁴⁾	1,7	0,25
Ethylbenzène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	2,5	0,93	17	2,9
m,p-Xylène	mg/kg MS	<0,10 ⁴⁾	10	3,8	63	12
o-Xylène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	3,2	0,42	2,8	1,2
Somme Xylènes	mg/kg MS	n.d.	13	4,2	66	13

Hydrocarbures totaux (ISO)

Paramètres	Unité	605797	605798	605799	605800	605801
Fraction aliphatique C5-C6	mg/kg MS	<0,40 ⁴⁾	55	23	180	26
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg MS	<0,20 ⁴⁾	190	74	540	70
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg MS	<0,20 ⁴⁾	69	19	150	20
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg MS	<0,20 ⁴⁾	17	5,3	84	17
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg MS	<0,20 ⁴⁾	71	33	220	54
Fraction >C6-C8	mg/kg MS	<0,40 ^{3),4)}	210	79	620	87
Fraction C8-C10	mg/kg MS	<0,40 ^{3),4)}	140	52	370	74
Fraction C5-C10	mg/kg MS	<1,0 ^{3),4)}	410	150	1200	190
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	<20,0 ⁴⁾	250	330	<20,0 ⁴⁾	150
Fraction C10-C12 [*]	mg/kg MS	<4,0 ⁴⁾	130	83,7	10,7	74,7
Fraction C12-C16 [*]	mg/kg MS	<4,0 ⁴⁾	10,3	<4,0 ⁴⁾	<4,0 ⁴⁾	<4,0 ⁴⁾
Fraction C16-C20 [*]	mg/kg MS	<2,0 ⁴⁾	3,1	4,0	<2,0 ⁴⁾	<2,0 ⁴⁾
Fraction C20-C24 [*]	mg/kg MS	<2,0 ⁴⁾	12,8	30,8	<2,0 ⁴⁾	8,6
Fraction C24-C28 [*]	mg/kg MS	<2,0 ⁴⁾	40,0	93,2	2,9	25,0
Fraction C28-C32 [*]	mg/kg MS	<2,0 ⁴⁾	33	74	3,1	22
Fraction C32-C36 [*]	mg/kg MS	<2,0 ⁴⁾	12,4	26,9	<2,0 ⁴⁾	9,7
Fraction C36-C40 [*]	mg/kg MS	<2,0 ⁴⁾	3,5	6,7	<2,0 ⁴⁾	3,5

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

1) "++" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

2) "--" Signifie "non demandé".

3) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

4) Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

5) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n'autorisant pas de mesures sans dilution.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1357909 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11699 - sols à réception

Date: 08.01.2024

Début de l'analyse : 29.12.2023

Fin de l'analyse : 08.01.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conf. à NEN 6950 (digestion cf à NEN 6961/NEN-EN-ISO 54321, mesure cf à NEN 6966/NEN-EN-ISO 11885)
Conforme a NF ISO 10390 (sol et sédiment) conforme ISO 10694 (2008)
Conforme à NEN-EN 16179
conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

EN-ISO 11885*)

ISO 16703

ISO 16703*)

ISO 22155

méthode interne*)

Méthode interne (mesurage conforme ISO 15923-1)

NEN-EN 15934

NF-EN 16174; NF EN 13657 (déchets)
équivalent à NF EN 16181

Paramètres

Phosphore total (P)

pH-H₂O

COT Carbone Organique Total

Prétraitement de l'échantillon

Fraction >C6-C8, Fraction C5-C10, Fraction C8-C10, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction aromatique >C8-C10

Potassium (K)*)

Hydrocarbures totaux C10-C40

Fraction C10-C12*), Fraction C12-C16*), Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)

Benzène, Ethylbenzène, Somme Xylènes, Toluène, m,p-Xylène, o-Xylène

Azote Kjeldahl (NTK)*)

Ammonium (NH₄), Nitrates (N)

Matière sèche

Minéralisation à l'eau régale

Acénaphthène, Acénaphthylène, Anthracène, Benzo(a)anthracène, Benzo(a)pyrène,

Benzo(b)fluoranthène, Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(k)fluoranthène, Chrysène,

Dibenzo(a,h)anthracène, Fluorène, Fluoranthène, HAP (6 Borneff) - somme, HAP (EPA) -

somme, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Naphtalène, Phénanthrène, Pyrène, Somme HAP

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1357909 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11699 - sols à réception

Date: 08.01.2024

Annexe de N° commande 1357909

Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

605797	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
605798	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
605799	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
605800	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
605801	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

La date limite de conservation est dépassée pour les analyses suivantes:

Azote Kjeldahl (NTK) 605798, 605799, 605800, 605801

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 5 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070
Date: 26.01.2024

RAPPORT D'ANALYSE 1364231 - 639069 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11699 - sols à réception

Date: 26.01.2024

Commande	1364231 Solide / Eluat
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	19.01.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1364231 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 639069.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1364231 - 639069 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11699 - sols à réception

Date: 26.01.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
639069	sans objet	sol sain

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	639069
Prétraitement de l'échantillon		++ ¹⁾
Matière sèche	%	68,7

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	639069
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	10000

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ "++" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

Début de l'analyse : 20.01.2024

Fin de l'analyse : 25.01.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conforme ISO 10694 (2008)
Conforme à NEN-EN 16179
NEN-EN 15934

Paramètres

COT Carbone Organique Total
Prétraitement de l'échantillon
Matière sèche

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1364231 - 639069 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11699 - sols à réception

Date: 26.01.2024

Annexe de N° commande 1364231

Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

639069 La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017.

Annexe 2 : Bordereaux d'analyses des eaux brutes.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070
Date: 12.01.2024

RAPPORT D'ANALYSE 1359825 - 613856 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11874 - eau à réception

Date: 12.01.2024

Commande	1359825 Eau
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	09.01.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1359825 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 613856.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1359825 - 613856 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11874 - eau à réception

Date: 12.01.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Nom d'échantillon	Date de prélèvement
613856	Vessie 3	sans objet

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	613856
Ammonium-N	mg/l	2,0
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/l	3,7
Nitrates - N ⁽⁶⁾	mg/l	0,10
Nitrites - N ⁽⁵⁾	mg/l	0,01
Phosphore total (P) ⁽⁴⁾	mg/l	0,84
Carb. Org. Dissous (COD)	mg/l	16
COT	mg/l	18
N-global	mg/l	3,8

HAP

Paramètres	Unité	613856
Naphtalène	µg/l	19
Acénaphthylène	µg/l	<0,050 ⁽²⁾
Acénaphthène	µg/l	0,02
Fluorène	µg/l	0,014
Phénanthrène	µg/l	0,014
Anthracène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾
Fluoranthène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾
Pyrène	µg/l	0,015
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾
Chrysène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,01 ⁽²⁾
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	0,020
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾
Somme HAP	µg/l	0,020⁽¹⁾
Somme HAP (VROM)	µg/l	19⁽¹⁾
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	19⁽¹⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	613856
Benzène	µg/l	53
Toluène	µg/l	110
Ethylbenzène	µg/l	160
m,p-Xylène	µg/l	440
o-Xylène	µg/l	48
Somme Xylènes	µg/l	490

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

RAPPORT D'ANALYSE 1359825 - 613856 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11874 - eau à réception

Date: 12.01.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Nom d'échantillon	Date de prélèvement
613856	Vessie 3	sans objet

Hydrocarbures totaux

Paramètres	Unité	613856
Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	345
Fraction C10-C12	µg/l	185
Fraction C12-C16	µg/l	<10 ²⁾
Fraction C16-C20 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾
Fraction C20-C24 ^{*)}	µg/l	17
Fraction C24-C28 ^{*)}	µg/l	56
Fraction C28-C32 ^{*)}	µg/l	53
Fraction C32-C36 ^{*)}	µg/l	20
Fraction C36-C40 ^{*)}	µg/l	5,4

Composés volatils

Paramètres	Unité	613856
Fraction >C6-C8	µg/l	1000
Fraction >C8-C10	µg/l	320 ¹⁾
Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	190
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	210
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	810
Fraction C5-C10	µg/l	1500
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	<20 ^{2),3)}
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	320

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

²⁾ Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

³⁾ Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n'autorisant pas de mesures sans dilution.

⁴⁾ Phosphore total : préparation selon NEN 6663 (1987), mesure conforme à NEN-ISO 15923-1.

⁵⁾ Analyse des nitrites : le chlore libre peut interférer avec la détermination des nitrites.

⁶⁾ Analyse des nitrates: une teneur en chlorure supérieure à 100 mg / l peut avoir un effet négatif sur la teneur en nitrates.

Début de l'analyse : 09.01.2024

Fin de l'analyse : 12.01.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

Paramètres

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

RAPPORT D'ANALYSE 1359825 - 613856 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11874 - eau à réception

Date: 12.01.2024

Conforme à EN 1484 (déterminé comme CONP)	COT, Carb. Org. Dissous (COD)
Conforme à EN-ISO 11423-1	Benzène, Ethylbenzène, Somme Xylènes, Toluène, m,p-Xylène, o-Xylène
Conforme à ISO 15923-1	Ammonium-N, Nitrates - N ⁽⁶⁾ , Nitrites - N ⁽⁵⁾
Conforme à NEN 6642 (somme l'azote Kjeldahl, N-global nitrite, nitrate)	
Conforme à NEN 6646	Azote Kjeldahl (NTK)
conforme à NEN-EN-ISO 16558-1	Fraction >C6-C8, Fraction >C8-C10, Fraction C5-C10, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction aromatique >C8-C10
Méthode interne	Fraction C10-C12, Fraction C12-C16
Méthode interne*)	Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)
méthode interne	Acénaphthène, Acénaphthylène, Anthracène, Benzo(a)anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(g,h,i)peryène, Benzo(k)fluoranthène, Chrysène, Dibenzo(ah)anthracène, Fluorène, Fluoranthène, Hydrocarbures totaux C10-C40, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Naphtalène, Phénanthrène, Pyrène, Somme HAP, Somme HAP (16 EPA), Somme HAP (VROM)
Équivalent à EN-ISO 15681-2	Phosphore total (P) ⁽⁴⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1359825 - 613856 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.11874 - eau à réception

Date: 12.01.2024

Annexe de N° commande 1359825

Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

613856 La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 5 de 5



Annexe 3 : Bordereaux d'analyses DSO des sols (48h et 7 jours).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070
Date: 31.01.2024

RAPPORT D'ANALYSE 1364212 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12244 - DSO KMnO4 48h

Date: 31.01.2024

Commande	1364212 Solide / Eluat
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	24.01.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1364212 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 638724, 638725, 638726.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1364212 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12244 - DSO KMnO4 48h

Date: 31.01.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
638724	19.01.2024	KMnO4 10g/l 48h
638725	19.01.2024	KMnO4 20g/l 48h
638726	19.01.2024	KMnO4 30g/l 48h

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	638724	638725	638726
Prétraitement de l'échantillon		++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾
Matière sèche	%	62,6	69,4	68,6

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	638724	638725	638726
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	10000	7900	7500

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ "++" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

Début de l'analyse : 24.01.2024

Fin de l'analyse : 30.01.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conforme ISO 10694 (2008)
Conforme à NEN-EN 16179
NEN-EN 15934

Paramètres

COT Carbone Organique Total
Prétraitement de l'échantillon
Matière sèche

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date	16.02.2024
N° Client	35010070
N° commande	1365793

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1365793 Solide / Eluat

<i>Client</i>	35010070 GINGER T-LAB
<i>Référence</i>	LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12386 - DSO KMnO4 7 jours
<i>Date de validation</i>	26.01.24
<i>Prélèvement par:</i>	Client
Madame, Monsieur	

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Respectueusement,

AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156
Chargée relation clientèle

Kamer van Koophandel	Directeur
Nr. 08110898	ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.:	Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01	

page 1 de 2



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Cde 1365793 Solide / Eluat

N° échant.	Prélèvement	Nom de l'échantillon
647097	24.01.2024	KMnO4 10g/l 7 jours
647098	24.01.2024	KMnO4 20g/l 7 jours
647099	24.01.2024	KMnO4 30g/l 7 jours

Unité

647097	647098	647099
KMnO4 10g/l 7 jours	KMnO4 20g/l 7 jours	KMnO4 30g/l 7 jours

Prétraitement des échantillons

Prétraitement de l'échantillon	++	++	++	
Broyeur à mâchoires	++	--	--	
Matière sèche	%	68,1	57,9	61,0

Analyses Physico-chimiques

COT Carbone Organique Total	mg/kg Ms	18000	13000	6100
-----------------------------	----------	-------	-------	------

les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que les informations sur la méthode de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

Début des analyses: 26.01.2024

Fin des analyses: 16.02.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

M. Magnenet

AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156

Chargée relation clientèle

Liste des méthodes

Conforme à NEN-EN 16179 : Prétraitement de l'échantillon

conforme ISO 10694 (2008) : COT Carbone Organique Total

méthode interne : Broyeur à mâchoires

NEN-EN 15934 : Matière sèche

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x".

Annexe 4 : Bordereaux d'analyses DTO persulfate et permanganate des sols (7 et 14 jours).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1374717 - 696586 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12851 - DTO KMnO4 et PS - 7 jours

Date: 21.02.2024

Commande	1374717 Solide / Eluat
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	14.02.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1374717 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 696586.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1374717 - 696586 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12851 - DTO KMnO4 et PS - 7 jours

Date: 21.02.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
696586	07.02.2024	KMnO4 20 g/l - 7 jours

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	696586 KMnO4 20 g/l - 7 jours
Prétraitement de l'échantillon		++ ¹⁾
Broyeur à mâchoires		++ ¹⁾
Matière sèche	%	67,9

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	696586 KMnO4 20 g/l - 7 jours
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	6900

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ "++" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

Début de l'analyse : 15.02.2024

Fin de l'analyse : 20.02.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conforme ISO 10694 (2008)

Conforme à NEN-EN 16179

méthode interne

NEN-EN 15934

Paramètres

COT Carbone Organique Total

Prétraitement de l'échantillon

Broyeur à mâchoires

Matière sèche

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1371954 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12851 - DTO KMnO4 et PS - 7 jours

Date: 16.02.2024

Commande	1371954 Solide / Eluat
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	09.02.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1371954 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 683446, 683447, 683448, 683449.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 1 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1371954 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12851 - DTO KMnO4 et PS - 7 jours

Date: 16.02.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
683446	07.02.2024	KMnO4 20 g/l - 7 jours
683447	07.02.2024	KMnO4 30 g/l - 7 jours
683448	07.02.2024	PS 100 g/l - 7 jours
683449	07.02.2024	PS 200 g/l - 7 jours

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	683446 KMnO4 20 g/l - 7 jours	683447 KMnO4 30 g/l - 7 jours	683448 PS 100 g/l - 7 jours	683449 PS 200 g/l - 7 jours
Prétraitement de l'échantillon		++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾
Matière sèche	%	51,5	65,9	63,1	67,9

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	683446 KMnO4 20 g/l - 7 jours	683447 KMnO4 30 g/l - 7 jours	683448 PS 100 g/l - 7 jours	683449 PS 200 g/l - 7 jours
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	-- ²⁾	7800	13000	13000

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (ISO)

Paramètres	Unité	683446 KMnO4 20 g/l - 7 jours	683447 KMnO4 30 g/l - 7 jours	683448 PS 100 g/l - 7 jours	683449 PS 200 g/l - 7 jours
Naphtalène	mg/kg MS	0,54	0,46	2,4	3,1
Acénaphthylène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	0,11	<0,050 ⁴⁾
Acénaphthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Fluorène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Phénanthrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	0,13	<0,050 ⁴⁾
Anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	0,14	<0,050 ⁴⁾
Pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	0,10	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Chrysène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,140 ³⁾	n.a.
Somme HAP (VROM)	mg/kg MS	0,540 ³⁾	0,460 ³⁾	2,67 ³⁾	3,10 ³⁾
HAP (EPA) - somme	mg/kg MS	0,540 ³⁾	0,460 ³⁾	2,88 ³⁾	3,10 ³⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	683446 KMnO4 20 g/l - 7 jours	683447 KMnO4 30 g/l - 7 jours	683448 PS 100 g/l - 7 jours	683449 PS 200 g/l - 7 jours
Benzène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,50 ^{4),5)}	<0,50 ^{4),5)}	<0,50 ^{4),5)}
Toluène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,50 ^{4),5)}	<0,50 ^{4),5)}	<0,50 ^{4),5)}
Ethylbenzène	mg/kg MS	0,56	0,86	<0,50 ^{4),5)}	<0,50 ^{4),5)}
m,p-Xylène	mg/kg MS	3,1	4,1	1,9	<1,0 ^{4),5)}

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1371954 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12851 - DTO KMnO4 et PS - 7 jours

Date: 16.02.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
683446	07.02.2024	KMnO4 20 g/l - 7 jours
683447	07.02.2024	KMnO4 30 g/l - 7 jours
683448	07.02.2024	PS 100 g/l - 7 jours
683449	07.02.2024	PS 200 g/l - 7 jours

Paramètres	Unité	683446 KMnO4 20 g/l - 7 jours	683447 KMnO4 30 g/l - 7 jours	683448 PS 100 g/l - 7 jours	683449 PS 200 g/l - 7 jours
o-Xylène	mg/kg MS	0,39	<0,50 ^{4),5)}	<0,50 ^{4),5)}	<0,50 ^{4),5)}
Somme Xylènes	mg/kg MS	3,5	4,1 ³⁾	1,9 ³⁾	n.a.

Hydrocarbures totaux (ISO)

Paramètres	Unité	683446 KMnO4 20 g/l - 7 jours	683447 KMnO4 30 g/l - 7 jours	683448 PS 100 g/l - 7 jours	683449 PS 200 g/l - 7 jours
Fraction aliphatique C5-C6	mg/kg MS	33	30	54	47
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg MS	100	110	210	180
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg MS	31	35	67	56
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg MS	4,1	5,6	<2,0 ^{4),5)}	<2,0 ^{4),5)}
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg MS	29	33	43	22
Fraction >C6-C8	mg/kg MS	100	120	210³⁾	180³⁾
Fraction C8-C10	mg/kg MS	60	68	110	78
Fraction C5-C10	mg/kg MS	190	220	370	310
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	93,4	150	590	770
Fraction C10-C12 ^{*)}	mg/kg MS	37,7	61,9	140	210
Fraction C12-C16 ^{*)}	mg/kg MS	<4,0 ⁴⁾	<4,0 ⁴⁾	10,5	14,0
Fraction C16-C20 ^{*)}	mg/kg MS	<2,0 ⁴⁾	<2,0 ⁴⁾	6,3	4,9
Fraction C20-C24 ^{*)}	mg/kg MS	5,6	10,6	52,5	65,4
Fraction C24-C28 ^{*)}	mg/kg MS	19,0	37,9	170	220
Fraction C28-C32 ^{*)}	mg/kg MS	18	29	140	180
Fraction C32-C36 ^{*)}	mg/kg MS	7,0	10,2	51,8	63,2
Fraction C36-C40 ^{*)}	mg/kg MS	<2,0 ⁴⁾	<2,0 ⁴⁾	3,6	15,3

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

1) "+" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

2) "-" Signifie "non demandé".

3) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

4) Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

5) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n'autorisant pas de mesures sans dilution.

Début de l'analyse : 09.02.2024

Fin de l'analyse : 16.02.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

page 3 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1371954 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12851 - DTO KMnO4 et PS - 7 jours

Date: 16.02.2024

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conforme ISO 10694 (2008)
Conforme à NEN-EN 16179
conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

ISO 16703
ISO 16703*)

ISO 22155
NEN-EN 15934
équivalent à NF EN 16181

Paramètres

COT Carbone Organique Total
Prétraitement de l'échantillon
Fraction >C6-C8, Fraction C5-C10, Fraction C8-C10, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction aromatique >C8-C10
Hydrocarbures totaux C10-C40
Fraction C10-C12*), Fraction C12-C16*), Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)
Benzène, Ethylbenzène, Somme Xylènes, Toluène, m,p-Xylène, o-Xylène
Matière sèche
Acénaphthène, Acénaphthylène, Anthracène, Benzo(a)anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(k)fluoranthène, Chrysène, Dibenzo(a,h)anthracène, Fluorène, Fluoranthène, HAP (6 Borneff) - somme, HAP (EPA) - somme, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Naphtalène, Phénanthrène, Pyrène, Somme HAP

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1371954 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.12851 - DTO KMnO4 et PS - 7 jours

Date: 16.02.2024

Annexe de N° commande 1371954 Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

La date limite de conservation est dépassée pour les analyses suivantes:

Benzène	683446, 683447, 683448, 683449
Ethylbenzène	683446, 683447, 683448, 683449
Fraction >C6-C8	683446, 683447, 683448, 683449
Fraction aliphatique >C6-C8	683446, 683447, 683448, 683449
Fraction aliphatique >C8-C10	683446, 683447, 683448, 683449
Fraction aliphatique C5-C6	683446, 683447, 683448, 683449
Fraction aromatique >C6-C8	683446, 683447, 683448, 683449
Fraction aromatique >C8-C10	683446, 683447, 683448, 683449
Fraction C5-C10	683446, 683447, 683448, 683449
Fraction C8-C10	683446, 683447, 683448, 683449
m,p-Xylène	683446, 683447, 683448, 683449
o-Xylène	683446, 683447, 683448, 683449
Somme Xylènes	683446, 683447, 683448, 683449
Toluène	683446, 683447, 683448, 683449

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1374699 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13040- DTO KMnO4 et PS - 14 jours

Date: 22.02.2024

Commande	1374699 Solide / Eluat
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	15.02.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1374699 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 696523, 696524, 696525, 696526.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 1 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1374699 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13040- DTO KMnO4 et PS - 14 jours

Date: 22.02.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
696523	14.02.2024	KMnO4 20 g/l - 14 jours
696524	14.02.2024	KMnO4 30 g/l - 14 jours
696525	14.02.2024	PS 100 g/l - 14 jours
696526	14.02.2024	PS 200 g/l - 14 jours

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	696523 KMnO4 20 g/l - 14 jours	696524 KMnO4 30 g/l - 14 jours	696525 PS 100 g/l - 14 jours	696526 PS 200 g/l - 14 jours
Prétraitement de l'échantillon		++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾	++ ¹⁾
Broyeur à mâchoires		-- ²⁾	++ ¹⁾	-- ²⁾	-- ²⁾
Matière sèche	%	59,0	72,9	69,1	69,8

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	696523 KMnO4 20 g/l - 14 jours	696524 KMnO4 30 g/l - 14 jours	696525 PS 100 g/l - 14 jours	696526 PS 200 g/l - 14 jours
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	9000	4800	12000	7900

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (ISO)

Paramètres	Unité	696523 KMnO4 20 g/l - 14 jours	696524 KMnO4 30 g/l - 14 jours	696525 PS 100 g/l - 14 jours	696526 PS 200 g/l - 14 jours
Naphtalène	mg/kg MS	0,39	0,22	1,7	1,4
Acénaphthylène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Acénaphthène	mg/kg MS	0,47	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Fluorène	mg/kg MS	0,090	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Phénanthrène	mg/kg MS	1,3	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Anthracène	mg/kg MS	1,2	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Fluoranthène	mg/kg MS	0,13	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Pyrène	mg/kg MS	0,17	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Chrysène	mg/kg MS	0,086	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,097	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg MS	0,227 ³⁾	n.a.	n.a.	n.a.
Somme HAP (VROM)	mg/kg MS	3,11 ³⁾	0,220 ³⁾	1,70 ³⁾	1,40 ³⁾
HAP (EPA) - somme	mg/kg MS	3,93 ³⁾	0,220 ³⁾	1,70 ³⁾	1,40 ³⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	696523 KMnO4 20 g/l - 14 jours	696524 KMnO4 30 g/l - 14 jours	696525 PS 100 g/l - 14 jours	696526 PS 200 g/l - 14 jours
Benzène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾
Toluène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾
Ethylbenzène	mg/kg MS	0,22	0,56	<0,05 ⁴⁾	0,11

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

page 2 de 5

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1374699 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13040- DTO KMnO4 et PS - 14 jours

Date: 22.02.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
696523	14.02.2024	KMnO4 20 g/l - 14 jours
696524	14.02.2024	KMnO4 30 g/l - 14 jours
696525	14.02.2024	PS 100 g/l - 14 jours
696526	14.02.2024	PS 200 g/l - 14 jours

Paramètres	Unité	696523 KMnO4 20 g/l - 14 jours	696524 KMnO4 30 g/l - 14 jours	696525 PS 100 g/l - 14 jours	696526 PS 200 g/l - 14 jours
m,p-Xylène	mg/kg MS	1,7	4,4	<0,10 ⁴⁾	0,52
o-Xylène	mg/kg MS	0,11	0,27	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Somme Xylènes	mg/kg MS	1,8	4,7	n.a.	0,52 ³⁾

Hydrocarbures totaux (ISO)

Paramètres	Unité	696523 KMnO4 20 g/l - 14 jours	696524 KMnO4 30 g/l - 14 jours	696525 PS 100 g/l - 14 jours	696526 PS 200 g/l - 14 jours
Fraction aliphatique C5-C6	mg/kg MS	29	85	25	77
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg MS	71	250	91	210
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg MS	29	71	35	70
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg MS	2,0	5,2	<0,20 ⁴⁾	0,69
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg MS	14	41	5,1	23
Fraction >C6-C8	mg/kg MS	73	260	91 ³⁾	210
Fraction C8-C10	mg/kg MS	43	110	40	93
Fraction C5-C10	mg/kg MS	150	460	160	380
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	240	230	270	300
Fraction C10-C12 ^{*)}	mg/kg MS	73,4	58,0	76,7	81,8
Fraction C12-C16 ^{*)}	mg/kg MS	9,2	7,3	11,3	13,5
Fraction C16-C20 ^{*)}	mg/kg MS	3,6	3,6	4,6	4,9
Fraction C20-C24 ^{*)}	mg/kg MS	20,2	18,9	20,8	23,2
Fraction C24-C28 ^{*)}	mg/kg MS	57,5	63,5	68,7	81,5
Fraction C28-C32 ^{*)}	mg/kg MS	46	53	59	62
Fraction C32-C36 ^{*)}	mg/kg MS	17,5	19,9	24,0	24,1
Fraction C36-C40 ^{*)}	mg/kg MS	3,4	5,1	8,5	5,7

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

1) "+" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

2) "-" Signifie "non demandé".

3) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

4) Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

Début de l'analyse : 15.02.2024

Fin de l'analyse : 22.02.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations des clients, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1374699 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13040- DTO KMnO4 et PS - 14 jours

Date: 22.02.2024

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conforme ISO 10694 (2008)
Conforme à NEN-EN 16179
conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

ISO 16703
ISO 16703*)

ISO 22155
méthode interne
NEN-EN 15934
équivalent à NF EN 16181

Paramètres

COT Carbone Organique Total
Prétraitement de l'échantillon
Fraction >C6-C8, Fraction C5-C10, Fraction C8-C10, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction aromatique >C8-C10
Hydrocarbures totaux C10-C40
Fraction C10-C12*), Fraction C12-C16*), Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)
Benzène, Ethylbenzène, Somme Xylènes, Toluène, m,p-Xylène, o-Xylène
Broyeur à mâchoires
Matière sèche
Acénaphthène, Acénaphthylène, Anthracène, Benzo(a)anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(k)fluoranthène, Chrysène, Dibenzo(a,h)anthracène, Fluorène, Fluoranthène, HAP (6 Borneff) - somme, HAP (EPA) - somme, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Naphtalène, Phénanthrène, Pyrène, Somme HAP

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1374699 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13040- DTO KMnO4 et PS - 14 jours

Date: 22.02.2024

Annexe de N° commande 1374699 Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

La date limite de conservation est dépassée pour les analyses suivantes:

Benzène	696523, 696524, 696525, 696526
Ethylbenzène	696523, 696524, 696525, 696526
Fraction >C6-C8	696523, 696524, 696525, 696526
Fraction aliphatique >C6-C8	696523, 696524, 696525, 696526
Fraction aliphatique >C8-C10	696523, 696524, 696525, 696526
Fraction aliphatique C5-C6	696523, 696524, 696525, 696526
Fraction aromatique >C6-C8	696523, 696524, 696525, 696526
Fraction aromatique >C8-C10	696523, 696524, 696525, 696526
Fraction C5-C10	696523, 696524, 696525, 696526
Fraction C8-C10	696523, 696524, 696525, 696526
m,p-Xylène	696523, 696524, 696525, 696526
o-Xylène	696523, 696524, 696525, 696526
Somme Xylènes	696523, 696524, 696525, 696526
Toluène	696523, 696524, 696525, 696526

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Annexe 5 : Bordereaux d'analyses des essais de biodégradation aérobie (sols).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1386670 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13935 - biosparging sol mois

Date: 20.03.2024

Commande	1386670 Solide / Eluat
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	14.03.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1386670 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 761484, 761485.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 1 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1386670 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13935 - biosparging sol1 mois

Date: 20.03.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
761484	sans objet	Témoin
761485	sans objet	Témoin + H2O2

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	761484 Témoin	761485 Témoin + H2O2
Prétraitement de l'échantillon		++ ^{1),2)}	++ ^{1),2)}
Broyeur à mâchoires		++ ^{1),2)}	-- ³⁾
Matière sèche	%	66,1 ¹⁾	67,0 ¹⁾

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	761484 Témoin	761485 Témoin + H2O2
pH-H2O		7,3 ¹⁾	7,1 ¹⁾
Ammonium (NH4)	mg/kg MS	<5 ⁵⁾	<5 ⁵⁾
Azote Kjeldahl (NTK)*)	g/kg MS	0,85	0,66
Nitrates (N)	mg/kg MS	<5,0 ⁵⁾	18
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	10000	9000

Prétraitement pour analyses des métaux

Paramètres	Unité	761484 Témoin	761485 Témoin + H2O2
Minéralisation à l'eau régale		++ ^{1),2)}	++ ^{1),2)}

Métaux

Paramètres	Unité	761484 Témoin	761485 Témoin + H2O2
Phosphore total (P)	mg/kg MS	850	450
Potassium (K)*)	mg/kg MS	1600	1300

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (ISO)

Paramètres	Unité	761484 Témoin	761485 Témoin + H2O2
Naphtalène	mg/kg MS	6,1	1,9
Acénaphthylène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Acénaphthène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Fluorène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Phénanthrène	mg/kg MS	0,094	<0,050 ⁵⁾
Anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Pyrène	mg/kg MS	<0,10 ^{5),6)}	<0,050 ⁵⁾
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Chrysène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1386670 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13935 - biosparging sol1 mois

Date: 20.03.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
761484	sans objet	Témoin
761485	sans objet	Témoin + H2O2

Paramètres	Unité	761484 Témoin	761485 Témoin + H2O2
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁵⁾	<0,050 ⁵⁾
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg MS	n.d.⁵⁾	n.d.⁵⁾
Somme HAP (VROM)	mg/kg MS	6,19⁴⁾	1,90⁴⁾
HAP (EPA) - somme	mg/kg MS	6,19⁴⁾	1,90⁴⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	761484 Témoin	761485 Témoin + H2O2
Benzène	mg/kg MS	<0,05 ⁵⁾	<0,50 ^{5),7)}
Toluène	mg/kg MS	<0,05 ⁵⁾	<0,50 ^{5),7)}
Ethylbenzène	mg/kg MS	4,7	1,3
m,p-Xylène	mg/kg MS	11	6,0
o-Xylène	mg/kg MS	1,5	1,5
Somme Xylènes	mg/kg MS	13	7,5

Hydrocarbures totaux (ISO)

Paramètres	Unité	761484 Témoin	761485 Témoin + H2O2
Fraction aliphatique C5-C6	mg/kg MS	21	24
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg MS	120	130
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg MS	50	54
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg MS	17	9,3
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg MS	77	48
Fraction >C6-C8	mg/kg MS	140	140
Fraction C8-C10	mg/kg MS	130	100
Fraction C5-C10	mg/kg MS	290	260
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	940	300
Fraction C10-C12 ^{*)}	mg/kg MS	330	190
Fraction C12-C16 ^{*)}	mg/kg MS	28,9	24,3
Fraction C16-C20 ^{*)}	mg/kg MS	9,1	<2,0 ⁵⁾
Fraction C20-C24 ^{*)}	mg/kg MS	65,5	10,4
Fraction C24-C28 ^{*)}	mg/kg MS	240	37,6
Fraction C28-C32 ^{*)}	mg/kg MS	200	27
Fraction C32-C36 ^{*)}	mg/kg MS	70,0	9,6
Fraction C36-C40 ^{*)}	mg/kg MS	18,2	<2,0 ⁵⁾

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ Les résultats des paramètres des matières solides obtenus à la substance sèche (MS), pour les paramètres marqués d'un ¹⁾ à la substance Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

RAPPORT D'ANALYSE 1386670 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13935 - biosparging sol1 mois

Date: 20.03.2024

originale (EB).

2) "++" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

3) "--" Signifie "non demandé".

4) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

5) Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

6) Etant donnée l'influence perturbatrice de l'échantillon, les limites de quantification ont été relevées.

7) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n'autorisant pas de mesures sans dilution.

Début de l'analyse : 14.03.2024

Fin de l'analyse : 20.03.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conf. à NEN 6950 (digestion cf à NEN 6961/NEN-EN-ISO 54321, mesure cf à NEN 6966/NEN-EN-ISO 11885)
Conforme à NF ISO 10390 (sol et sédiment)
conforme ISO 10694 (2008)
Conforme à NEN-EN 16179
conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

EN-ISO 11885*)

ISO 16703

ISO 16703*)

ISO 22155

méthode interne

méthode interne*)

Méthode interne (mesurage conforme ISO 15923-1)

NEN-EN 15934

NF-EN 16174; NF EN 13657 (déchets)

équivalent à NF EN 16181

Paramètres

Phosphore total (P)

pH-H2O

COT Carbone Organique Total

Prétraitement de l'échantillon

Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction aromatique >C8-C10, Fraction >C6-C8, Fraction C8-C10, Fraction C5-C10

Potassium (K)*)

Hydrocarbures totaux C10-C40

Fraction C10-C12*), Fraction C12-C16*), Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)

Benzène, Toluène, Ethylbenzène, m,p-Xylène, o-Xylène, Somme Xylènes

Broyeur à mâchoires

Azote Kjeldahl (NTK)*)

Ammonium (NH4), Ammonium (NH4), Nitrates (N)

Matière sèche

Minéralisation à l'eau régale

Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphthène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(a,h)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, HAP (6 Borneff) - somme, Somme HAP (VROM), HAP (EPA) -

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1386670 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13935 - biosparging sol1 mois

Date: 20.03.2024

Annexe de N° commande 1386670

Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

761484	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
761485	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel	Directeur
Nr. 08110898	ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.:	Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01	

page 5 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1398132 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14868 - biosparging sol 2 mois

Date: 07.05.2024

Commande

1398132 Solide / Eluat

Client

35010070 GINGER T-LAB

Date de validation

10.04.2024

Prélèvement par

Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1398132 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 823958-823959.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Mme Delphine Colin, Tél : +33380681935

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1398132 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14868 - biosparging sol 2 mois

Date: 07.05.2024

Information sur l'échantillon

Número d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
823958	sans objet	Témoin
823959	sans objet	Témoin + H2O2

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	823958 Témoin	823959 Témoin + H2O2
Prétraitement de l'échantillon		++ ²⁾	++ ²⁾
Matière sèche	%	68,5 ¹⁾	77,5 ¹⁾

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	823958 Témoin	823959 Témoin + H2O2
Azote Kjeldahl (NTK) ^(1),*)	% MS		0,0946
pH-H2O		7,2 ¹⁾	1)
Ammonium (NH4)	mg/kg MS	<5 ⁴⁾	<5 ⁴⁾
Nitrates (N)	mg/kg MS	22	<5,0 ⁴⁾
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	29000	13000

Prétraitement pour analyses des métaux

Paramètres	Unité	823958 Témoin	823959 Témoin + H2O2
Minéralisation à l'eau régale		++ ²⁾	++ ²⁾

Métaux

Paramètres	Unité	823958 Témoin	823959 Témoin + H2O2
Phosphore total (P)	mg/kg MS	540	470
Potassium (K) ^{*)}	mg/kg MS	1300	1300

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (ISO)

Paramètres	Unité	823958 Témoin	823959 Témoin + H2O2
Naphtalène	mg/kg MS	3,2	0,39
Acénaphthylène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Acénaphthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Fluorène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Phénanthrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Chrysène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,13	<0,050 ⁴⁾
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1398132 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14868 - biosparging sol 2 mois

Date: 07.05.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
823958	sans objet	Témoin
823959	sans objet	Témoin + H2O2

Paramètres	Unité	823958 Témoin	823959 Témoin + H2O2
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	<0,050 ⁴⁾	<0,050 ⁴⁾
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg MS	0,130 ³⁾	n.d. ⁴⁾
Somme HAP (VROM)	mg/kg MS	3,20 ³⁾	0,390 ³⁾
HAP (EPA) - somme	mg/kg MS	3,33 ³⁾	0,390 ³⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	823958 Témoin	823959 Témoin + H2O2
Benzène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾
Toluène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾
Ethylbenzène	mg/kg MS	0,73	1,3
m,p-Xylène	mg/kg MS	1,9	5,2
o-Xylène	mg/kg MS	0,098	0,53
Somme Xylènes	mg/kg MS	2,0	5,7

Hydrocarbures totaux (ISO)

Paramètres	Unité	823958 Témoin	823959 Témoin + H2O2
Fraction aliphatique C5-C6	mg/kg MS	51	61
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg MS	160	170
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg MS	55	59
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg MS	2,6	7,1
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg MS	32	54
Fraction >C6-C8	mg/kg MS	160	180
Fraction C8-C10	mg/kg MS	87	110
Fraction C5-C10	mg/kg MS	300	350
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	480	130
Fraction C10-C12 ^{*)}	mg/kg MS	230	90,6
Fraction C12-C16 ^{*)}	mg/kg MS	19,3	8,9
Fraction C16-C20 ^{*)}	mg/kg MS	6,7	<2,0 ⁴⁾
Fraction C20-C24 ^{*)}	mg/kg MS	27,4	3,2
Fraction C24-C28 ^{*)}	mg/kg MS	91,8	9,3
Fraction C28-C32 ^{*)}	mg/kg MS	72	9,9
Fraction C32-C36 ^{*)}	mg/kg MS	26,4	3,4
Fraction C36-C40 ^{*)}	mg/kg MS	6,1	<2,0 ⁴⁾

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ Tous les résultats obtenus à partir de l'analyse de la matière solide sont basés sur la matière sèche (MS), à l'exception des paramètres marqués du signe ¹⁾ qui sont basés sur la matière brute (MB).

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1398132 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14868 - biosparging sol 2 mois

Date: 07.05.2024

2) "++" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

3) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

4) Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

Début de l'analyse : 10.04.2024

Fin de l'analyse : 23.04.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Mme Delphine Colin, Tél : +33380681935

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conf. à NEN 6950 (digestion cf à NEN 6961/NEN-EN-ISO 54321, mesure cf à NEN 6966/NEN-EN-ISO 11885)
Conforme à NF ISO 10390 (sol et sédiment)
conforme ISO 10694 (2008)
Conforme à NEN-EN 16179
conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

DIN EN 16169 : 2012-11^{(OB),u,*}

EN-ISO 11885^{*}

ISO 16703

ISO 16703^{*}

ISO 22155

Méthode interne (mesurage conforme ISO 15923-1)

NEN-EN 15934

NF-EN 16174; NF EN 13657 (déchets)

équivalent à NF EN 16181

Paramètres

Phosphore total (P)

pH-H₂O

COT Carbone Organique Total

Prétraitement de l'échantillon

Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction aromatique >C8-C10, Fraction >C6-C8, Fraction C8-C10, Fraction C5-C10

Azote Kjeldahl (NTK)^{u,*}

Potassium (K)^{*}

Hydrocarbures totaux C10-C40

Fraction C10-C12^{*}, Fraction C12-C16^{*}, Fraction C16-C20^{*}, Fraction C20-C24^{*}, Fraction C24-C28^{*}, Fraction C28-C32^{*}, Fraction C32-C36^{*}, Fraction C36-C40^{*}

Benzène, Toluène, Ethylbenzène, m,p-Xylène, o-Xylène, Somme Xylènes

Ammonium (NH₄), Nitrates (N)

Matière sèche

Minéralisation à l'eau régale

Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphtène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène,

Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène,

Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(a,h)anthracène, Benzo(g,h,i)peryène,

Indéno(1,2,3-cd)pyrène, HAP (6 Borneff) - somme, Somme HAP (VROM), HAP (EPA) -

^{u)} Sous-traitance a un laboratoire du groupe Agrolab.

Laboratoires du groupe Agrolab

Analysé par

(OB) AGROLAB Labor GmbH Bruckberg, Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg

Méthode

DIN EN 16169 : 2012-11

Paramètres

Azote Kjeldahl (NTK)

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1398132 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14868 - biosparging sol 2 mois

Date: 07.05.2024

Annexe de N° commande 1398132

Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

823958	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
823959	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel	Directeur
Nr. 08110898	ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.:	Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01	

page 5 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1409853 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15595 - biosparging sol 3 mois

Date: 15.05.2024

Commande	1409853 Solide / Eluat
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	07.05.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1409853 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 885286-885287.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel	Directeur
Nr. 08110898	ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.:	Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01	

page 1 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1409853 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15595 - biosparging sol 3 mois

Date: 15.05.2024

Information sur l'échantillon

Número d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
885286	sans objet	Témoin
885287	sans objet	Témoin + H2O2

Prétraitement des échantillons

Paramètres	Unité	885286 Témoin	885287 Témoin + H2O2
Prétraitement de l'échantillon		++ ²⁾	++ ²⁾
Matière sèche	%	64,7 ¹⁾	65,8 ¹⁾

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	885286 Témoin	885287 Témoin + H2O2
pH-H2O		7,3 ¹⁾	7,2 ¹⁾
Ammonium (NH4)	mg/kg MS	<5 ⁴⁾	<5 ⁴⁾
Azote Kjeldahl (NTK)*)	g/kg MS	0,76	<0,10 ⁴⁾
Nitrates (N)	mg/kg MS	11	9,6
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS	11000	9600

Prétraitement pour analyses des métaux

Paramètres	Unité	885286 Témoin	885287 Témoin + H2O2
Minéralisation à l'eau régale		++ ²⁾	++ ²⁾

Métaux

Paramètres	Unité	885286 Témoin	885287 Témoin + H2O2
Phosphore total (P)	mg/kg MS	630	500
Potassium (K)*)	mg/kg MS	1800	1200

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (ISO)

Paramètres	Unité	885286 Témoin	885287 Témoin + H2O2
Naphtalène	mg/kg MS	3,7	0,55
Acénaphthylène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Acénaphthène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Fluorène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Phénanthrène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Anthracène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Fluoranthène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Pyrène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Chrysène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1409853 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15595 - biosparging sol 3 mois

Date: 15.05.2024

Information sur l'échantillon

Numéro d'échantillon	Date de prélèvement	Nom d'échantillon
885286	sans objet	Témoin
885287	sans objet	Témoin + H2O2

Paramètres	Unité	885286 Témoin	885287 Témoin + H2O2
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	<0,50 ^{4),5)}	<0,050 ⁴⁾
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg MS	n.d. ⁴⁾	n.d. ⁴⁾
Somme HAP (VROM)	mg/kg MS	3,70 ³⁾	0,550 ³⁾
HAP (EPA) - somme	mg/kg MS	3,70 ³⁾	0,550 ³⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	885286 Témoin	885287 Témoin + H2O2
Benzène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾
Toluène	mg/kg MS	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾
Ethylbenzène	mg/kg MS	2,5	0,96
m,p-Xylène	mg/kg MS	5,1	3,0
o-Xylène	mg/kg MS	0,10	0,26
Somme Xylènes	mg/kg MS	5,2	3,3

Hydrocarbures totaux (ISO)

Paramètres	Unité	885286 Témoin	885287 Témoin + H2O2
Fraction aliphatique C5-C6	mg/kg MS	62	56
Fraction aliphatique >C6-C8	mg/kg MS	250	180
Fraction aliphatique >C8-C10	mg/kg MS	83	67
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg MS	7,9	4,3
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg MS	77	50
Fraction >C6-C8	mg/kg MS	260	180
Fraction C8-C10	mg/kg MS	160	120
Fraction C5-C10	mg/kg MS	480	360
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	710	230
Fraction C10-C12*)	mg/kg MS	320	81,2
Fraction C12-C16*)	mg/kg MS	25,2	9,3
Fraction C16-C20*)	mg/kg MS	8,2	4,7
Fraction C20-C24*)	mg/kg MS	49,8	14,9
Fraction C24-C28*)	mg/kg MS	150	50,3
Fraction C28-C32*)	mg/kg MS	110	41
Fraction C32-C36*)	mg/kg MS	38,0	16,1
Fraction C36-C40*)	mg/kg MS	6,3	3,8

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ Tous les résultats obtenus à partir de l'analyse de la matière solide sont basés sur la matière sèche (MS), à l'exception des paramètres marqués du signe ¹⁾ qui sont basés sur la matière brute (MB).

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

RAPPORT D'ANALYSE 1409853 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15595 - biosparging sol 3 mois

Date: 15.05.2024

2) "++" Signifie que le traitement requis a été effectué en laboratoire.

3) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

4) Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

5) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n'autorisant pas de mesures sans dilution.

Début de l'analyse : 07.05.2024

Fin de l'analyse : 15.05.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

AGROLAB GROUP

Méthode

conf. à NEN 6950 (digestion cf à NEN 6961/NEN-EN-ISO 54321, mesure cf à NEN 6966/NEN-EN-ISO 11885)
Conforme à NF ISO 10390 (sol et sédiment)
conforme ISO 10694 (2008)
Conforme à NEN-EN 16179
conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

EN-ISO 11885*)

ISO 16703

ISO 16703*)

ISO 22155

méthode interne*)

Méthode interne (mesurage conforme ISO 15923-1)

NEN-EN 15934

NF-EN 16174; NF EN 13657 (déchets)

équivalent à NF EN 16181

Paramètres

Phosphore total (P)

pH-H2O

COT Carbone Organique Total

Prétraitement de l'échantillon

Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction aromatique >C8-C10, Fraction >C6-C8, Fraction C8-C10, Fraction C5-C10

Potassium (K)*)

Hydrocarbures totaux C10-C40

Fraction C10-C12*), Fraction C12-C16*), Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)

Benzène, Toluène, Ethylbenzène, m,p-Xylène, o-Xylène, Somme Xylènes

Azote Kjeldahl (NTK)*)

Ammonium (NH4), Nitrates (N)

Matière sèche

Minéralisation à l'eau régale

Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphtène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène,

Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène,

Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(a,h)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène,

Indéno(1,2,3-cd)pyrène, HAP (6 Borneff) - somme, Somme HAP (VROM), HAP (EPA) -

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1409853 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15595 - biosparging sol 3 mois

Date: 15.05.2024

Annexe de N° commande 1409853

Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

885286 La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
885287 La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

La date limite de conservation est dépassée pour les analyses suivantes:

Azote Kjeldahl (NTK) 885286

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 5 de 5



Annexe 6 : Bordereaux d'analyses des essais de biodégradation aérobie (eaux).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1386669 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13933 - biosparging eau 1 mois

Date: 20.03.2024

Commande	1386669 Eau
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	14.03.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1386669 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 761482, 761483.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 1 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1386669 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13933 - biosparging eau 1 mois

Date: 20.03.2024

Information sur l'échantillon

Número d'échantillon	Nom d'échantillon	Date de prélèvement
761482	Témoin	sans objet
761483	Témoin + H2O2	sans objet

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	761482	761483
		Témoin	Témoin + H2O2
Ammonium-N	mg/l	1,3	2,1
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/l	2,4	5,6
Nitrates - N ⁽⁶⁾	mg/l	0,17	<0,05 ⁽²⁾
Nitrites - N ⁽⁵⁾	mg/l	0,05	<0,01 ⁽²⁾
Phosphore total (P) ⁽⁴⁾	mg/l	0,20	0,18
Carb. Org. Dissous (COD)	mg/l	17	37
COT	mg/l	18	39
N-global	mg/l	2,6	5,6 ⁽¹⁾

HAP

Paramètres	Unité	761482	761483
		Témoin	Témoin + H2O2
Naphtalène	µg/l	<0,02 ⁽²⁾	<0,02 ⁽²⁾
Acénaphthylène	µg/l	<0,050 ⁽²⁾	<0,050 ⁽²⁾
Acénaphthène	µg/l	<0,01 ⁽²⁾	<0,02 ^(2),3)
Fluorène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Phénanthrène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Anthracène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Fluoranthène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	0,018
Pyrène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	0,048
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Chrysène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	0,020
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,01 ⁽²⁾	<0,01 ⁽²⁾
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,010 ⁽²⁾	<0,010 ⁽²⁾
Somme HAP	µg/l	n.d.⁽²⁾	0,018⁽¹⁾
Somme HAP (VROM)	µg/l	n.d.⁽²⁾	0,038⁽¹⁾
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	n.d.⁽²⁾	0,086⁽¹⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	761482	761483
		Témoin	Témoin + H2O2
Benzène	µg/l	<0,2 ⁽²⁾	<0,2 ⁽²⁾
Toluène	µg/l	<0,5 ⁽²⁾	<0,5 ⁽²⁾
Ethylbenzène	µg/l	<0,5 ⁽²⁾	<0,5 ⁽²⁾
m,p-Xylène	µg/l	<0,2 ⁽²⁾	0,4
o-Xylène	µg/l	<0,50 ⁽²⁾	2,5
Somme Xylènes	µg/l	n.d.⁽²⁾	2,9

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

page 2 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1386669 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13933 - biosparging eau 1 mois

Date: 20.03.2024

Information sur l'échantillon

Número d'échantillon	Nom d'échantillon	Date de prélèvement
761482	Témoin	sans objet
761483	Témoin + H2O2	sans objet

Hydrocarbures totaux

Paramètres	Unité	761482 Témoin	761483 Témoin + H2O2
Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	71	<50 ²⁾
Fraction C10-C12	µg/l	<10 ²⁾	14
Fraction C12-C16	µg/l	<10 ²⁾	<10 ²⁾
Fraction C16-C20 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾	<5,0 ²⁾
Fraction C20-C24 ^{*)}	µg/l	6,4	<5,0 ²⁾
Fraction C24-C28 ^{*)}	µg/l	20	<5,0 ²⁾
Fraction C28-C32 ^{*)}	µg/l	22	<5,0 ²⁾
Fraction C32-C36 ^{*)}	µg/l	9,0	<5,0 ²⁾
Fraction C36-C40 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾	<5,0 ²⁾

Composés volatils

Paramètres	Unité	761482 Témoin	761483 Témoin + H2O2
Fraction >C6-C8	µg/l	4,2 ¹⁾	9,5
Fraction >C8-C10	µg/l	<4,0 ^{1),2)}	26 ¹⁾
Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	4,2	6,2
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	<2,0 ²⁾	3,3
Fraction C5-C10	µg/l	<10 ^{1),2)}	36 ¹⁾
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	<2,0 ²⁾	26

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

²⁾ Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

³⁾ Etant donnée l'influence perturbatrice de l'échantillon, les limites de quantification ont été relevées.

⁴⁾ Phosphore total : préparation selon NEN 6663 (1987), mesure conforme à NEN-ISO 15923-1.

⁵⁾ Analyse des nitrites : le chlore libre peut interférer avec la détermination des nitrites.

⁶⁾ Analyse des nitrates: une teneur en chlorure supérieure à 100 mg / l peut avoir un effet négatif sur la teneur en nitrates.

Début de l'analyse : 14.03.2024

Fin de l'analyse : 20.03.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1386669 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13933 - biosparging eau 1 mois

Date: 20.03.2024

AGROLAB GROUP

Méthode

Conforme à EN 1484 (déterminé comme CONP)

Conforme à EN-ISO 11423-1

Conforme à ISO 15923-1

Conforme à NEN 6642 (somme l'azote Kjeldahl, N-global nitrite, nitrate)

Conforme à NEN 6646

conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

Méthode interne

Méthode interne*)

méthode interne

Équivalent à EN-ISO 15681-2

Paramètres

Carb. Org. Dissous (COD), COT

Benzène, Toluène, Ethylbenzène, m,p-Xylène, o-Xylène, Somme Xylènes

Ammonium-N, Nitrates - N⁶⁾, Nitrites - N⁵⁾

Azote Kjeldahl (NTK)

Fraction >C6-C8, Fraction >C8-C10, Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction C5-C10, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aromatique >C8-C10

Fraction C10-C12, Fraction C12-C16

Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)

Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(ah)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Somme HAP, Somme HAP (VROM), Somme HAP (16 EPA), Hydrocarbures totaux C10-C40
Phosphore total (P)⁴⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1386669 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.13933 - biosparging eau 1 mois

Date: 20.03.2024

Annexe de N° commande 1386669

Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

761482 La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
761483 La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 5 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1398124 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14867 - biosparging eau 2 mois

Date: 04.05.2024

Commande	1398124 Eau
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	10.04.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1398124 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 823926-823927.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Mme Delphine Colin, Tél : +33380681935

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 1 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1398124 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14867 - biosparging eau 2 mois

Date: 04.05.2024

Information sur l'échantillon

Número d'échantillon	Nom d'échantillon	Date de prélèvement
823926	Témoin 2 mois	sans objet
823927	Témoin + H2O2 2 mois	sans objet

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	823926	823927
		Témoin 2 mois	Témoin + H2O2 2 mois
Ammonium-N	mg/l	0,04	3,2
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/l	<1,0 ²⁾	6,7
Nitrates - N ⁵⁾	mg/l	0,54	0,10
Nitrites - N ⁴⁾	mg/l	<0,01 ²⁾	<0,01 ²⁾
Phosphore total (P) ³⁾	mg/l	0,18	0,27
Carb. Org. Dissous (COD)	mg/l	13	31
COT	mg/l	27	30
N-global	mg/l	<1,1 ^{1),2)}	6,8 ¹⁾

HAP

Paramètres	Unité	823926	823927
		Témoin 2 mois	Témoin + H2O2 2 mois
Naphtalène	µg/l	<0,02 ²⁾	<0,02 ²⁾
Acénaphthylène	µg/l	<0,050 ²⁾	<0,050 ²⁾
Acénaphthène	µg/l	<0,01 ²⁾	<0,01 ²⁾
Fluorène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Phénanthrène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Anthracène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Fluoranthène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Pyrène	µg/l	<0,010 ²⁾	0,017
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Chrysène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,01 ²⁾	<0,01 ²⁾
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Somme HAP	µg/l	n.d. ²⁾	n.d. ²⁾
Somme HAP (VROM)	µg/l	n.d. ²⁾	n.d. ²⁾
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	n.d. ²⁾	0,017 ¹⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	823926	823927
		Témoin 2 mois	Témoin + H2O2 2 mois
Benzène	µg/l	<0,2 ²⁾	<0,2 ²⁾
Toluène	µg/l	<0,5 ²⁾	<0,5 ²⁾
Ethylbenzène	µg/l	<0,5 ²⁾	<0,5 ²⁾
m,p-Xylène	µg/l	<0,2 ²⁾	0,3
o-Xylène	µg/l	<0,50 ²⁾	<0,50 ²⁾
Somme Xylènes	µg/l	n.d. ²⁾	0,3 ¹⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1398124 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14867 - biosparging eau 2 mois

Date: 04.05.2024

Information sur l'échantillon

Número d'échantillon	Nom d'échantillon	Date de prélèvement
823926	Témoin 2 mois	sans objet
823927	Témoin + H2O2 2 mois	sans objet

Hydrocarbures totaux

Paramètres	Unité	823926	823927
		Témoin 2 mois	Témoin + H2O2 2 mois
Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	<50 ²⁾	<50 ²⁾
Fraction C10-C12	µg/l	10	<10 ²⁾
Fraction C12-C16	µg/l	<10 ²⁾	<10 ²⁾
Fraction C16-C20 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾	<5,0 ²⁾
Fraction C20-C24 ^{*)}	µg/l	5,0	<5,0 ²⁾
Fraction C24-C28 ^{*)}	µg/l	7,2	<5,0 ²⁾
Fraction C28-C32 ^{*)}	µg/l	6,8	<5,0 ²⁾
Fraction C32-C36 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾	<5,0 ²⁾
Fraction C36-C40 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾	<5,0 ²⁾

Composés volatils

Paramètres	Unité	823926	823927
		Témoin 2 mois	Témoin + H2O2 2 mois
Fraction >C6-C8	µg/l	<4,0 ^{1),2)}	<4,0 ^{1),2)}
Fraction >C8-C10	µg/l	<4,0 ^{1),2)}	<4,0 ^{1),2)}
Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	3,0	<2,0 ²⁾
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction C5-C10	µg/l	<10 ^{1),2)}	<10 ^{1),2)}
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	<2,0 ²⁾	2,4

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

²⁾ Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

³⁾ Phosphore total : préparation selon NEN 6663 (1987), mesure conforme à NEN-ISO 15923-1.

⁴⁾ Analyse des nitrites : le chlore libre peut interférer avec la détermination des nitrites.

⁵⁾ Analyse des nitrates: une teneur en chlorure supérieure à 100 mg / l peut avoir un effet négatif sur la teneur en nitrates.

Début de l'analyse : 10.04.2024

Fin de l'analyse : 03.05.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Mme Delphine Colin, Tél : +33380681935

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

RAPPORT D'ANALYSE 1398124 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14867 - biosparging eau 2 mois

Date: 04.05.2024

AGROLAB GROUP

Méthode

Conforme à EN 1484 (déterminé comme CONP)

Conforme à EN-ISO 11423-1

Conforme à ISO 15923-1

Conforme à NEN 6642 (somme l'azote Kjeldahl, N-global nitrite, nitrate)

Conforme à NEN 6646

conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

Méthode interne

Méthode interne*)

méthode interne

Équivalent à EN-ISO 15681-2

Paramètres

Carb. Org. Dissous (COD), COT

Benzène, Toluène, Ethylbenzène, m,p-Xylène, o-Xylène, Somme Xylènes

Ammonium-N, Nitrates - N⁵⁾, Nitrites - N⁴⁾

Azote Kjeldahl (NTK)

Fraction >C6-C8, Fraction >C8-C10, Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction C5-C10, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aromatique >C8-C10

Fraction C10-C12, Fraction C12-C16

Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)

Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(ah)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Somme HAP, Somme HAP (VROM), Somme HAP (16 EPA), Hydrocarbures totaux C10-C40
Phosphore total (P)³⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1398124 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.14867 - biosparging eau 2 mois

Date: 04.05.2024

Annexe de N° commande 1398124

Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

823926	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
823927	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel	Directeur
Nr. 08110898	ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.:	Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01	

page 5 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



GINGER T-LAB
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

N° de client: 35010070

RAPPORT D'ANALYSE 1409852 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15592- biosparging eau 3 mois

Date: 15.05.2024

Commande	1409852 Eau
Client	35010070 GINGER T-LAB
Date de validation	07.05.2024
Prélèvement par	Client

Madame, Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité. Les annexes éventuelles font partie du rapport.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Ce rapport d'analyse avec le numéro de commande 1409852 et la version du rapport d'analyse 1 contient l'analyse ou les analyses 885284-885285.

Respectueusement,

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 1 de 5



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1409852 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15592- biosparging eau 3 mois

Date: 15.05.2024

Information sur l'échantillon

Número d'échantillon	Nom d'échantillon	Date de prélèvement
885284	Témoin 3 mois	sans objet
885285	Témoin + H2O2 3 mois	sans objet

Analyses Physico-chimiques

Paramètres	Unité	885284	885285
		Témoin 3 mois	Témoin + H2O2 3 mois
Ammonium-N	mg/l	0,05	2,1
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/l	3,9	4,1
Nitrates - N ⁵⁾	mg/l	<0,05 ²⁾	<0,05 ²⁾
Nitrites - N ⁴⁾	mg/l	<0,01 ²⁾	<0,01 ²⁾
Phosphore total (P) ³⁾	mg/l	2,4	0,16
Carb. Org. Dissous (COD)	mg/l	19	25
COT	mg/l	22	28
N-global	mg/l	3,9 ¹⁾	4,1 ¹⁾

HAP

Paramètres	Unité	885284	885285
		Témoin 3 mois	Témoin + H2O2 3 mois
Naphtalène	µg/l	<0,02 ²⁾	<0,02 ²⁾
Acénaphthylène	µg/l	<0,050 ²⁾	<0,050 ²⁾
Acénaphthène	µg/l	<0,01 ²⁾	<0,01 ²⁾
Fluorène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Phénanthrène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Anthracène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Fluoranthène	µg/l	0,013	<0,010 ²⁾
Pyrène	µg/l	0,012	0,018
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Chrysène	µg/l	<0,010 ²⁾	0,018
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0,010 ²⁾	0,024
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,01 ²⁾	0,01
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,010 ²⁾	0,029
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,010 ²⁾	<0,010 ²⁾
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	<0,010 ²⁾	0,016
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,010 ²⁾	0,014
Somme HAP	µg/l	0,013 ¹⁾	0,093 ¹⁾
Somme HAP (VROM)	µg/l	0,013 ¹⁾	0,087 ¹⁾
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	0,025 ¹⁾	0,13 ¹⁾

Composés aromatiques

Paramètres	Unité	885284	885285
		Témoin 3 mois	Témoin + H2O2 3 mois
Benzène	µg/l	<0,2 ²⁾	<0,2 ²⁾
Toluène	µg/l	<0,5 ²⁾	<0,5 ²⁾
Ethylbenzène	µg/l	<0,5 ²⁾	<0,5 ²⁾
m,p-Xylène	µg/l	<0,2 ²⁾	<0,2 ²⁾
o-Xylène	µg/l	<0,50 ²⁾	<0,50 ²⁾
Somme Xylènes	µg/l	n.d. ²⁾	n.d. ²⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

RAPPORT D'ANALYSE 1409852 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15592- biosparging eau 3 mois

Date: 15.05.2024

Information sur l'échantillon

Número d'échantillon	Nom d'échantillon	Date de prélèvement
885284	Témoin 3 mois	sans objet
885285	Témoin + H2O2 3 mois	sans objet

Hydrocarbures totaux

Paramètres	Unité	885284	885285
		Témoin 3 mois	Témoin + H2O2 3 mois
Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	<50 ²⁾	80
Fraction C10-C12	µg/l	<10 ²⁾	<10 ²⁾
Fraction C12-C16	µg/l	<10 ²⁾	<10 ²⁾
Fraction C16-C20 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾	<5,0 ²⁾
Fraction C20-C24 ^{*)}	µg/l	6,0	9,7
Fraction C24-C28 ^{*)}	µg/l	13	24
Fraction C28-C32 ^{*)}	µg/l	12	22
Fraction C32-C36 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾	8,2
Fraction C36-C40 ^{*)}	µg/l	<5,0 ²⁾	<5,0 ²⁾

Composés volatils

Paramètres	Unité	885284	885285
		Témoin 3 mois	Témoin + H2O2 3 mois
Fraction >C6-C8	µg/l	<4,0 ^{1),2)}	<4,0 ^{1),2)}
Fraction >C8-C10	µg/l	<4,0 ^{1),2)}	<4,0 ^{1),2)}
Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction C5-C10	µg/l	<10 ^{1),2)}	<10 ^{1),2)}
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	<2,0 ²⁾	<2,0 ²⁾

Les incertitudes de mesure spécifiques aux paramètres et les informations sur la méthode de détermination sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

¹⁾ Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

²⁾ Explication : "<" ou "n.d." indiquent que la concentration de l'analyte est inférieure à la limite de quantification (LQ).

³⁾ Phosphore total : préparation selon NEN 6663 (1987), mesure conforme à NEN-ISO 15923-1.

⁴⁾ Analyse des nitrites : le chlore libre peut interférer avec la détermination des nitrites.

⁵⁾ Analyse des nitrates: une teneur en chlorure supérieure à 100 mg / l peut avoir un effet négatif sur la teneur en nitrates.

Début de l'analyse : 07.05.2024

Fin de l'analyse : 15.05.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'analyse ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. (AGROLAB GROUP), Melle Mylène Magnenet, Tél : +33380680156

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé en accord avec les prescriptions de la EN ISO/IEC 17025:2017 pour les rapports simplifiés. Il est valide avec la signature numérique.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

RAPPORT D'ANALYSE 1409852 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15592- biosparging eau 3 mois

Date: 15.05.2024

AGROLAB GROUP

Méthode

Conforme à EN 1484 (déterminé comme CONP)

Conforme à EN-ISO 11423-1

Conforme à ISO 15923-1

Conforme à NEN 6642 (somme l'azote Kjeldahl, N-global nitrite, nitrate)

Conforme à NEN 6646

conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

Méthode interne

Méthode interne*)

méthode interne

Équivalent à EN-ISO 15681-2

Paramètres

Carb. Org. Dissous (COD), COT

Benzène, Toluène, Ethylbenzène, m,p-Xylène, o-Xylène, Somme Xylènes

Ammonium-N, Nitrates - N⁵⁾, Nitrites - N⁴⁾

Azote Kjeldahl (NTK)

Fraction >C6-C8, Fraction >C8-C10, Fraction aliphatique C5-C6, Fraction aliphatique >C6-C8, Fraction aromatique >C6-C8, Fraction C5-C10, Fraction aliphatique >C8-C10, Fraction aromatique >C8-C10

Fraction C10-C12, Fraction C12-C16

Fraction C16-C20*), Fraction C20-C24*), Fraction C24-C28*), Fraction C28-C32*), Fraction C32-C36*), Fraction C36-C40*)

Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(ah)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Somme HAP, Somme HAP (VROM), Somme HAP (16 EPA), Hydrocarbures totaux C10-C40
Phosphore total (P)³⁾

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



RAPPORT D'ANALYSE 1409852 LB2300005- EPF Quimperlé - BC154.230.23.15592- biosparging eau 3 mois

Date: 15.05.2024

Annexe de N° commande 1409852 Conservation, date de conservation et flaconnage

Dans les analyses énumérées ci-dessous, il y a des déviations par rapport aux directives de conservation qui peuvent avoir une influence potentielle sur les résultats.

885284	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.
885285	La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole *).

Kamer van Koophandel	Directeur
Nr. 08110898	ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.:	Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01	

page 5 de 5



Annexe 3.

Bordereaux d'analyse sur les eaux souterraines (2 campagne en déc.2024)

Cette annexe contient 18 pages.

Rapport de fin de Travaux

Essai d'injection en TAM

Essai Pilote

-

71 Rue de Pont-Aven – QUIMPERLE (29)

Rév	Date	Rédaction	Vérification	Approbation	Modifications
A	17/01/25	CMA	SDV	FBO	Version initiale
B	30/01/25	CMA	SDV	FBO	Suite commentaire BURGEAP

Sommaire

1	OBJET DU RAPPORT DE FIN DE TRAVAUX	4
2	HSE.....	4
2.1	EPC	4
2.2	EPI	4
2.3	Point sécurité	4
3	MOYENS MIS EN ŒUVRE.....	5
3.1	Moyens humains.....	5
3.2	Moyens matériels	5
4	PLANNING.....	5
5	HABILITATIONS NECESSAIRES.....	5
6	ESSAIS D'INJECTION EN TAM.....	6
6.1	Opérations préalables.....	6
6.2	Plan d'implantation et réalisation des ouvrages	6
6.3	Injection du persulfate de sodium dans les TAM.....	7
6.4	Contrôle de l'injection.....	8
7	ANALYSES ET INTERPRETATION DES RESULTATS	10
7.1	Courbes de pression et volume	11
7.1	Interprétation des essais.....	13
8	ANALYSE DE RISQUES	14

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation de l'essai d'injection en TAM.....	6
Figure 2 : Schéma d'implantation du TAM et des piézomètres de contrôle.....	6
Figure 3 : Schéma de principe de l'installation de l'unité d'injection du persulfate dans le TAM	7
Figure 4 : Installation de l'essai pilote - injection en TAM	8
Figure 5 : Installation de l'essai pilote - injection en TAM (2)	9
Figure 6 : Lecture en directe sur compteur volumétrique et manomètre	9
Figure 7 : Pompe d'injection de la solution (pompe péristaltique).....	10
Figure 8 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 1	11
Figure 9 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 3	11

Figure 10 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 4	12
Figure 11 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 5	12
Figure 12 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 4 Bis.....	13

1 OBJET DU RAPPORT DE FIN DE TRAVAUX

Ginger Burgéap souhaitait tester l'injectabilité des sols sur des faciès différents dans un tube à manchettes (TAM) par injection de persulfate de sodium.

Ce document décrit les travaux qui ont été menés lors des essais d'injection en TAM sur le site de Quimperlé au 71 rue de Pont-Aven.

2 HSE

2.1 EPC

Les EPC mobilisés et mis à disposition sur site ont été :

- Kit anti-pollution ;
- Trousse de secours ;
- Détecteurs de qualité de l'air ambiant (4 gaz et PID).

2.2 EPI

Les EPI obligatoires pour l'installation et le repli du chantier étaient :

- Chaussures de sécurité montantes ;
- Casque avec jugulaire attachée ;
- Vêtements haute visibilité et couvrant ;
- Gants adaptés à la tâche (de manutention ou chimique) ;
- Lunettes de sécurité.



Lors de la préparation de la solution de persulfate de sodium, les EPI qui ont été portés sont en plus des EPI obligatoires :

- Masque ventilé avec cartouches ABEKP3 ;
- Combinaison Tyvek ;
- Gants chimiques ;
- Bottes de sécurité.

2.3 Point sécurité

Avant de démarrer l'intervention, l'ingénieur travaux a réalisé un accueil sécurité avec les équipes et a présenté les risques associés à la réalisation de l'essai notamment l'utilisation du persulfate de sodium.

3 MOYENS MIS EN ŒUVRE

3.1 Moyens humains

Lors des travaux de réalisation des échantillons, les moyens humains étaient :

- Un ingénieur travaux Remea ;
- Un opérateur Remea.

3.2 Moyens matériels

Les moyens matériels suivants ont été mobilisés pour cette opération :

- Un cubitainer ;
- Une cuve de mélange en PEHD ;
- Une pompe péristaltique ;
- 2 obturateurs diam. 42mm L300 + pompe de gonflage ;
- Un groupe électrogène 20 kVA ;
- Un chariot télescopique 1,5T/2T ;
- Des flexibles d'injection 1/2" ;
- Un manomètre et un compteur volumétrique.

4 PLANNING

Les forages des piézomètres et TAM ont été réalisés le 28/11/24.

L'installation des équipements a été réalisée le 09/12/24 et les essais d'injection ont été menés le 10/12/24.

5 HABILITATIONS NECESSAIRES

Les habilitations nécessaires pour la réalisation de l'essai d'injection étaient les suivantes :

Habilitations	Personnel concerné
AIPR	Encadrement de chantier et intervenants à proximité des réseaux
CACES (catégorie 9/F)	Conducteur chariot télescopique

6 ESSAIS D'INJECTION EN TAM

6.1 Opérations préalables

Respect des précautions mises en avant par la DICT : proximité éventuelle de canalisations de transport de gaz naturel ou tout autre réseau interne.

6.2 Plan d'implantation et réalisation des ouvrages

Le site est situé au 71 rue de Pont-Aven à Quimperlé, dans un ancien garage. Les essais ont été menés dans un forage de 6m de profondeur, équipé d'un tube en 2" munie de 6 manchettes espacées de 50 cm. Le suivi de l'injection a été réalisé dans 3 piézomètres de 6m de profondeur et disposés à une distance de 1m (PZ2 et PZ6) et 1,50m (PZ7) du TAM.



Figure 1 : Localisation de l'essai d'injection en TAM

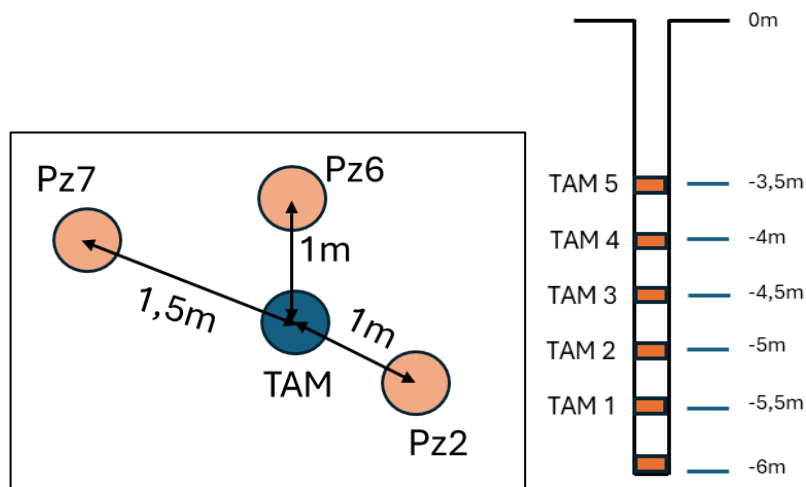


Figure 2 : Schéma d'implantation du TAM et des piézomètres de contrôle

Le piézomètre PZ2 était déjà existant. Pour la réalisation de l'essai pilote, les deux piézomètres supplémentaires PZ6 et PZ7 ont été installés. Les forages du TAM et des deux piézomètres ont été réalisés le 28/11/24.

NB : Les manchettes N°6 et N°7 prévues respectivement à -3m et -2,5m/TN n'étaient pas exploitables (montée en pression sans claquage). De ce fait, les essais n'ont pas pu être réalisés dans ces manchettes.

6.3 Injection du persulfate de sodium dans les TAM

Les essais d'injection en TAM ont été réalisés avec une solution de persulfate de sodium (FDS en Annexe 1). Le persulfate de sodium solide a été dilué dans de l'eau à une concentration de 100g/L. Cette dilution a été faite dans une cuve agitée en PEHD.

Une fois la solution préparée, elle a été injectée via une pompe péristaltique. Un obturateur double a été placé entre chaque manchette pour obturer et cibler une seule manchette à injecter à la fois.

Un schéma de principe de l'installation est présenté ci-après :

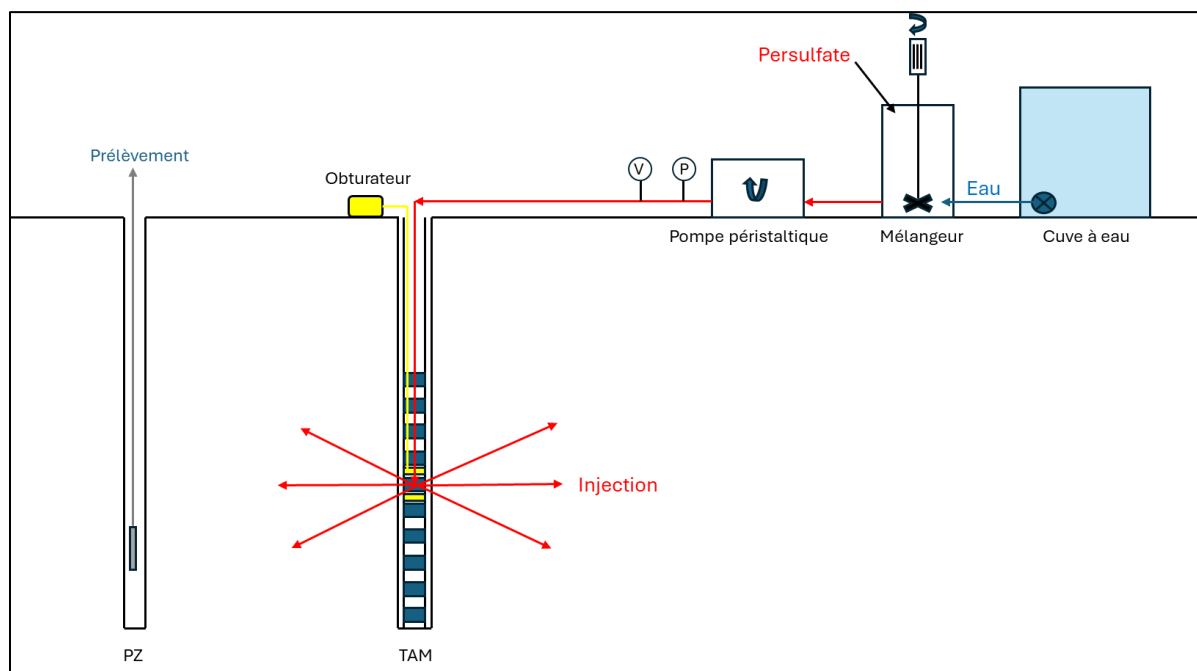


Figure 3 : Schéma de principe de l'installation de l'unité d'injection du persulfate dans le TAM

Pour chaque manchette il fallait injecter la solution de persulfate de sodium, dans la mesure où l'injection était possible, et respecter les consignes suivantes :

- Solution de persulfate avec une concentration de 100g/L;
- 100L de solution à injecter par manchette;
- 1h maximum d'injection par manchette.

Les critères d'arrêt de l'injection étaient les suivants :

- Pression en sortie de pompe > 10 bars (pour éviter de claquer les terrains) ;
- Temps d'injection > 1h;
- Volume cumulé > 100L (+/-10%).

6.4 Contrôle de l'injection

Tout au long des injections dans les manchettes, Remea a suivi en temps réel les paramètres pression et volume cumulé injecté. Ces paramètres ont été relevés sur un manomètre et un compteur volumétrique installés en sortie de pompe péristaltique.

La pression et le volume ont été notés directement dans un fichier de suivi toutes les 10 secondes les premières minutes puis avec un pas de temps de 30 secondes (adaptable selon les observations terrain) jusqu'à la fin de l'injection (60 minutes max).

Les courbes pression et volume cumulé se traçaient ainsi au fur et à mesure du remplissage du fichier afin de voir en temps réel le comportement de l'injection et l'injectabilité des terrains.

L'injection a été réalisée de bas en haut, de la manchette 1 à la manchette 5.

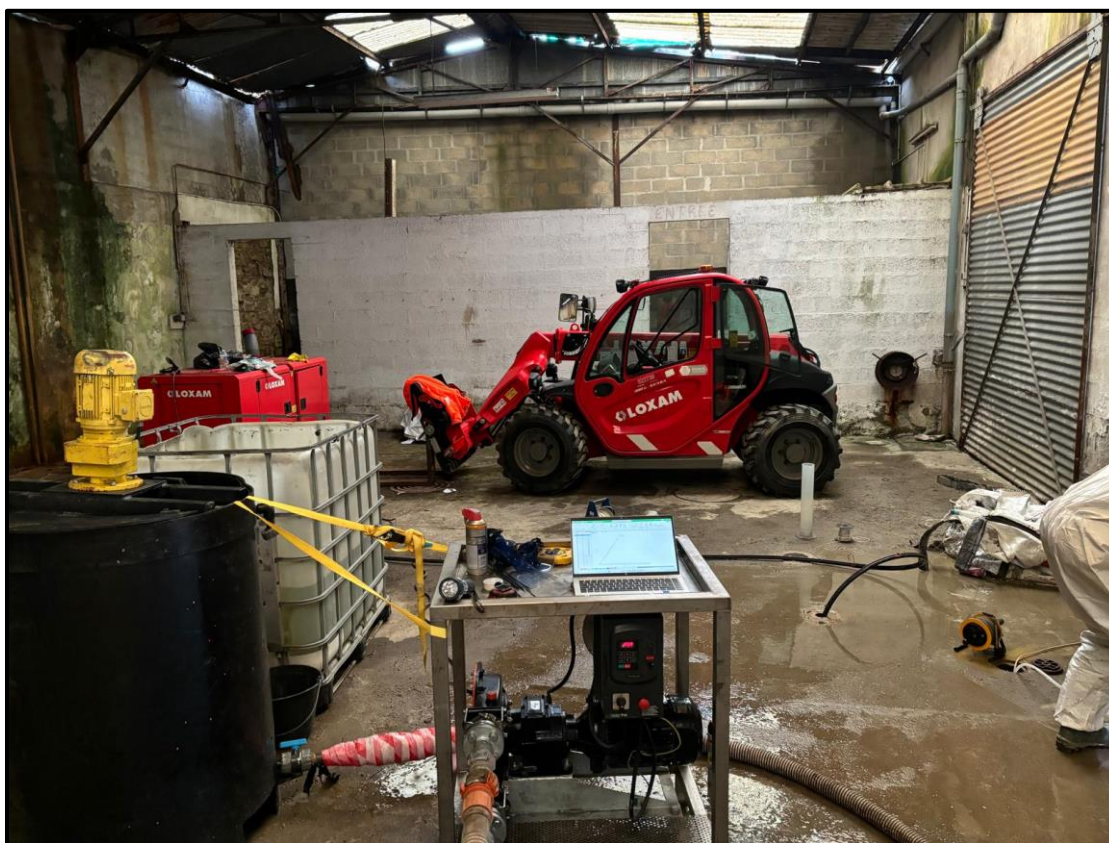


Figure 4 : Installation de l'essai pilote - injection en TAM



Figure 5 : Installation de l'essai pilote - injection en TAM (2)



Figure 6 : Lecture en directe sur compteur volumétrique et manomètre



Figure 7 : Pompe d'injection de la solution (pompe péristaltique)

7 ANALYSES ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Les prélèvements et le suivi physico-chimiques des eaux ainsi que l'interprétation des résultats ont été réalisés par Ginger BURGEAP directement.

Les courbes de pression et de volume cumulé injecté en fonction du temps sont donnés en Annexe 3.

L'injection a été réalisée dans les manchettes N°1 à N°5. Cependant, la manchette N°2 n'a pas pu être injectée. La solution remontait dans le TAM. Nous n'en connaissons pas la raison.

Afin d'avoir le plus de données possibles, une réinjection plus importante a ensuite été réalisée une seconde fois dans la manchette N°4.

7.1 Courbes de pression et volume

✓ TAM 1 : injection de 110L de solution en 15min à un débit de 400L/min.

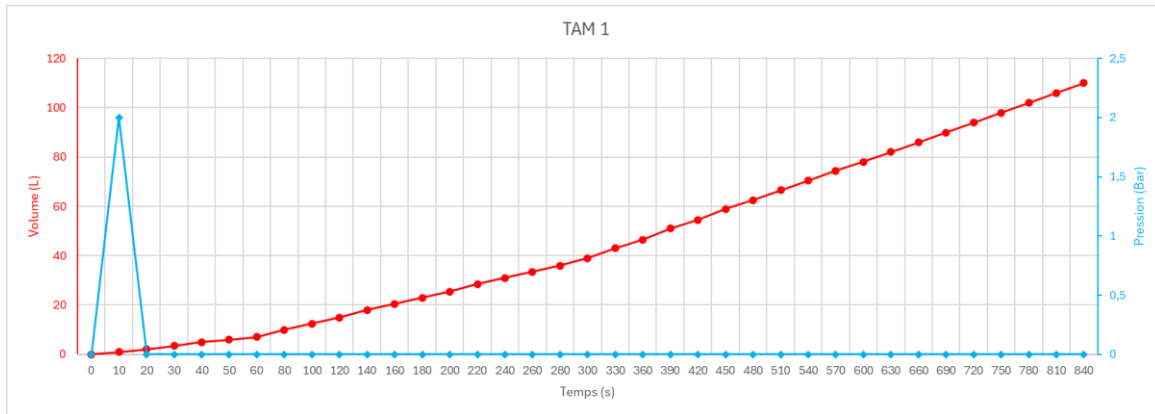


Figure 8 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 1

✓ TAM 2 : Injection impossible.

✓ TAM 3 : Injection de 107,5L en 15min à un débit de 400L/min

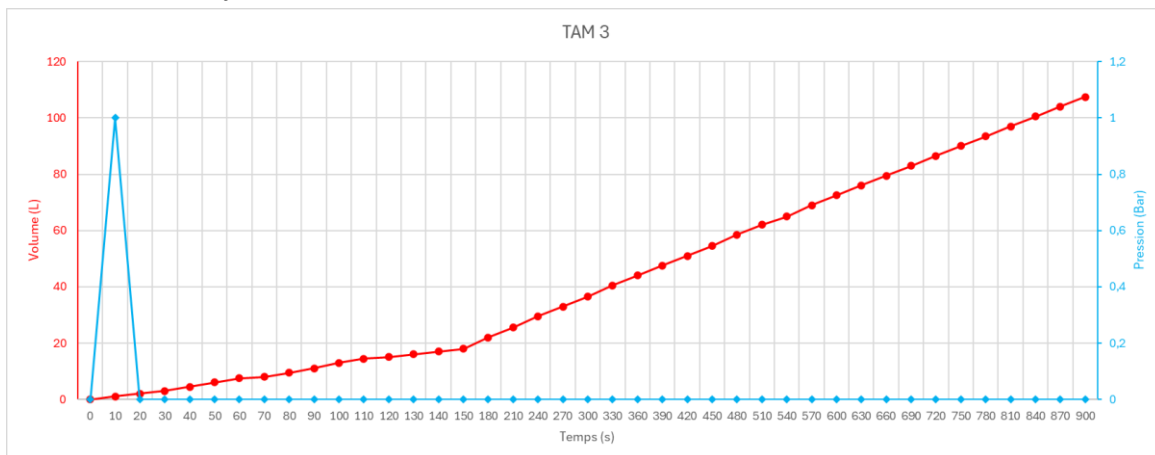


Figure 9 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 3

✓ TAM 4 : Injection de 109,5L en 15min à un débit de 400L/min

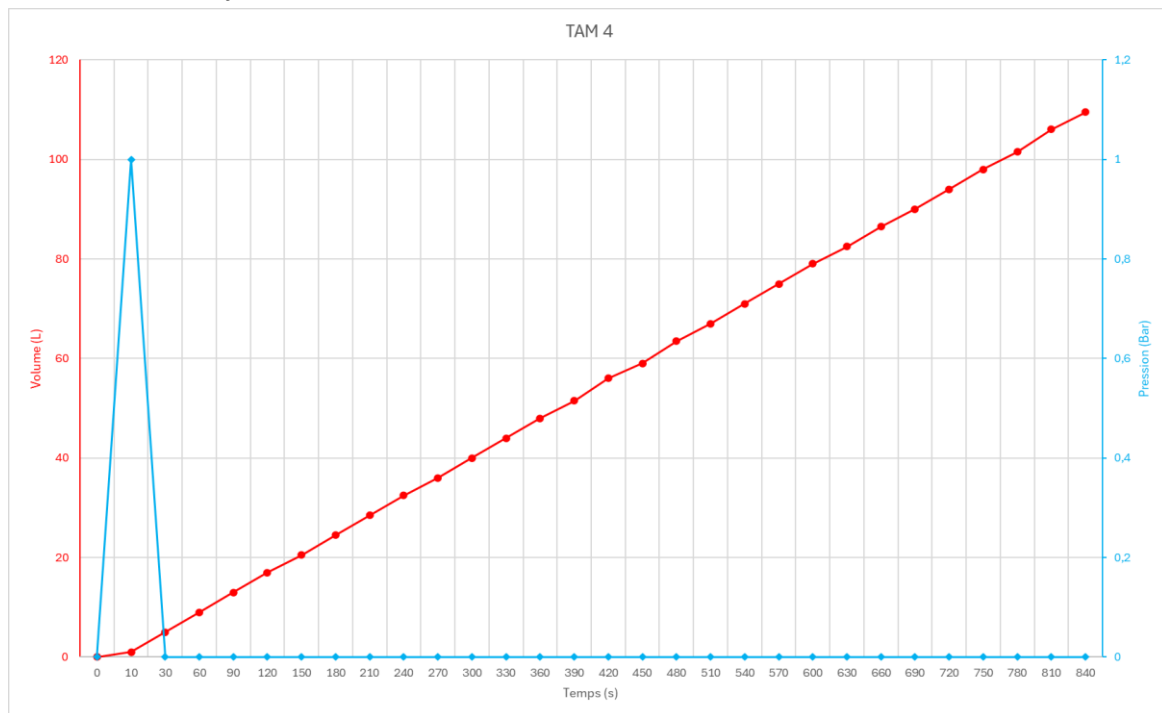


Figure 10 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 4

✓ TAM 5 : Injection de 110,5L en 10min à un débit de 600L/min

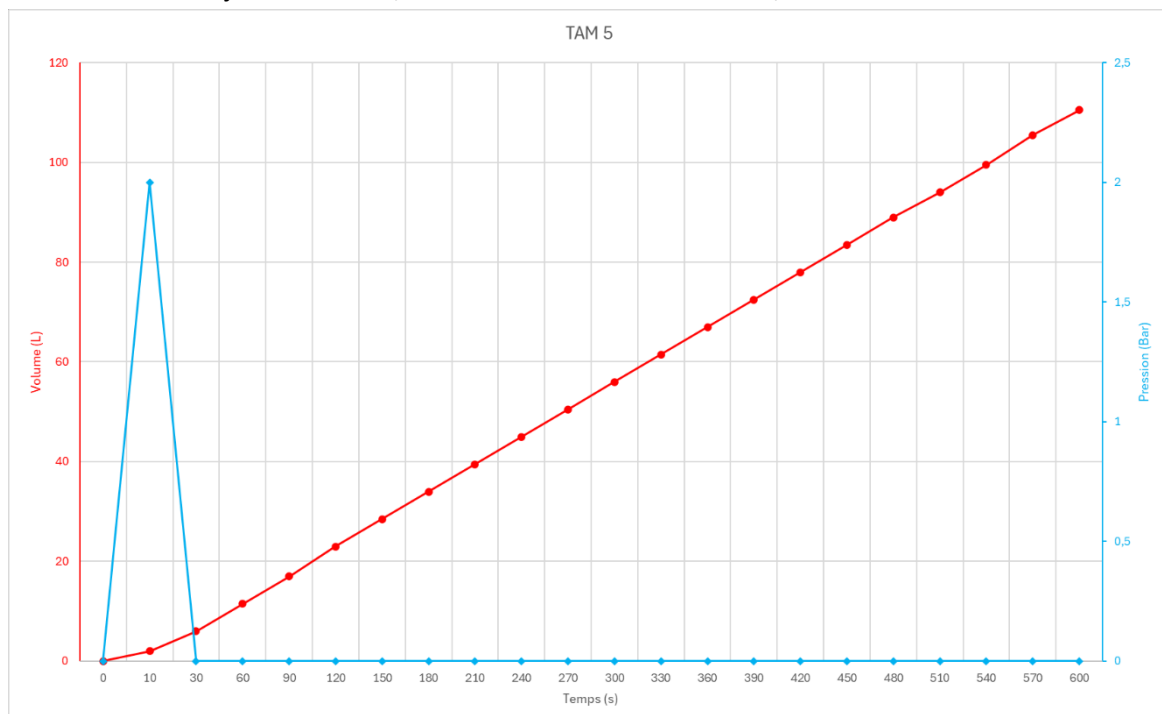


Figure 11 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 5

✓ TAM 4 « Bis » : Injection de 229L de solution en 31 min à un débit de 400L/min

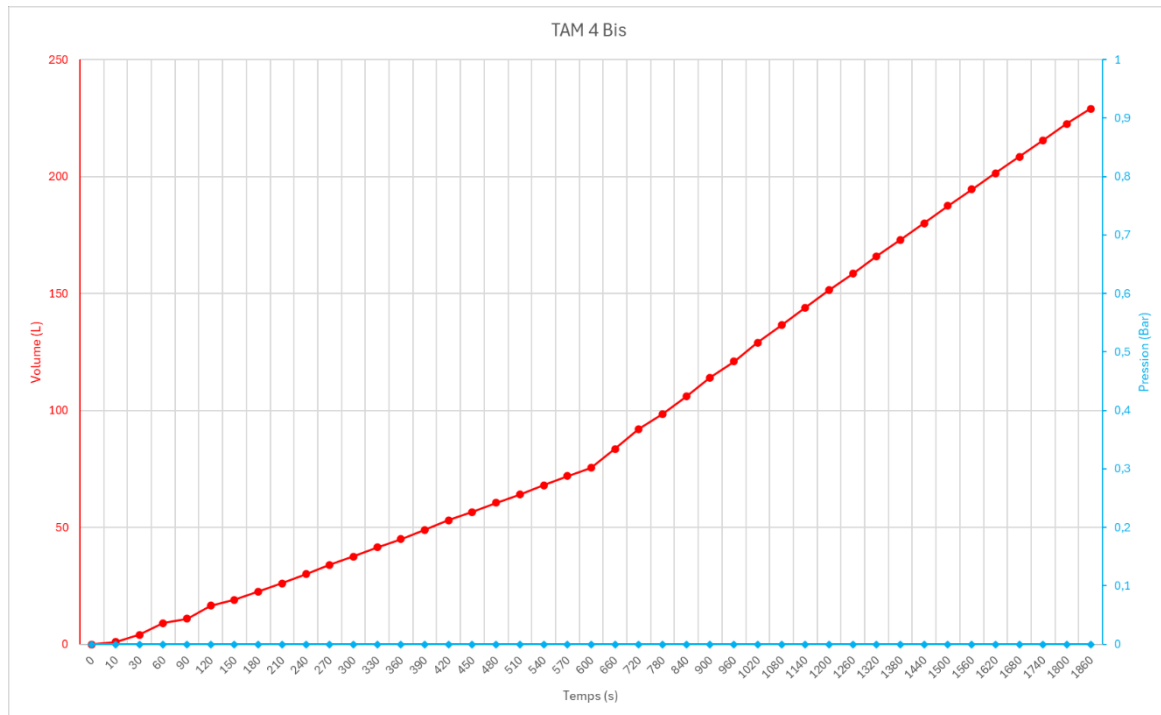


Figure 12 : Courbes P (Bar) et V (L) en fonction du temps - TAM 4 Bis

7.1 Interprétation des essais

Les essais réalisés ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- Pas de contrainte d'injection aussi bien à 400 qu'à 600 l/min, ce qui traduit une bonne capacité des sols à l'injection ;
- Sur la durée d'injection, les volumes injectés restent constants ce qui corroborent le point précédent ;
- La pression d'injection reste faible (hormis au claquage) ce qui confirme que l'injection permet une imprégnation des terrains et non un claquage, ce qui rend l'injection pertinente pour une diffusion globale et homogène du produit dans les terrains afin de détruire la pollution.

8 ANALYSE DE RISQUES

L'analyse de risque spécifique à chaque tâche est détaillée dans le tableau ci-dessous :

Terrassement à la pelle		
Phase de Travail	Risques	Moyens de prévention
Amené et repli du matériel	Chute d'objet, écrasement, heurts	<ul style="list-style-type: none"> • CACES et autorisation de conduite pour la conduite du chariot télescopique • Zone de chargement/déchargement plane et stable • Chargement/Déchargement en ligne droite • Zone de déchargement identifiée • Guidage en cas de manque de visibilité • Port de vêtement « haute visibilité »
Préparation de la solution d'injection	Risque de blessure Risque de brûlures chimiques Risque d'inhalation	<ul style="list-style-type: none"> • Briefing de démarrage et présentation des tâches prévues • Présentation de la FDS du persulfate de sodium au personnel intervenant • Port des EPI : tyvek, gants chimiques, bottes chimiques, masque ventilé avec cartouche ABEKP3 • Douche de sécurité à proximité
Injection de persulfate de sodium	Risque de projections Risque de chute de plain-pied,	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien du site propre et rangé • Être attentif lors de ses déplacements et ne pas courir • Port des EPI : tyvek, gants chimiques, bottes chimiques, masque ventilé avec cartouche ABEKP3 • Douche de sécurité à proximité

Annexe 4.

Fiches d'échantillonnage des eaux souterraines

Cette annexe contient 6 pages.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (QUIMPER 29)
Monsieur Guilhem DUCHET
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date 17.12.2024
N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1495397 BC22950 / LB2300009 / AG
N° échant. 540596 Eau
Date de validation 12.12.2024
Prélèvement 09.12.2024
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons Pz2

Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	---------------	--------------------	---------

Analyses Physico-chimiques

Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	502	5	+/- 10	Conforme à ISO 7888
Chlorures	mg/l	14	1	+/- 10	Conforme à ISO 15923-1
Sulfates	mg/l	2,2	1	+/- 15	Conforme à ISO 15923-1
Potentiel d'oxydo-réduction *)	mV	235	-1500		DIN 38404 C6

Métaux

Sodium (Na)	µg/l	13000	300	+/- 7	Conforme à EN-ISO17294-2
-------------	------	-------	-----	-------	--------------------------

HAP

Naphtalène	µg/l	330	0,02	+/- 13	méthode interne
Acénaphthylène	µg/l	<0,50 ^{hb)}	0,5		méthode interne
Acénaphthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Fluorène	µg/l	0,12	0,01	+/- 11	méthode interne
Phénanthrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Anthracène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Chrysène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(g,h,i)peryène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Somme HAP (Borneff)	µg/l	n.d.			méthode interne
Somme HAP (VROM)	µg/l	330 ^{x)}			méthode interne
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	330 ^{x)}			méthode interne

Composés aromatiques

Benzène	µg/l	130	0,2	+/- 14	Conforme à EN-ISO 11423-1
Toluène	µg/l	460	0,5	+/- 10	Conforme à EN-ISO 11423-1
Ethylbenzène	µg/l	1100	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1
m,p-Xylène	µg/l	3600	0,2	+/- 18	Conforme à EN-ISO 11423-1
o-Xylène	µg/l	380	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 17.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1495397 BC22950 / LB2300009 / AG

N° échant.

540596 Eau

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Somme Xylènes	µg/l	4000			Conforme à EN-ISO 11423-1

COHV

Dichlorométhane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachlorométhane	µg/l	<10 ^{hb)}	10		Conforme à EN-ISO 10301
Trichlorométhane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,2-Dichloroéthane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<10 ^{hb)}	10		Conforme à EN-ISO 10301
Chlorure de Vinyle	µg/l	<20 ^{hb)}	20		Méthode interne (mesurage conforme à EN-ISO 10301 et conforme à ISO 11423-1)
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	µg/l	n.d.			Conforme à EN-ISO 10301
Trichloroéthylène	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachloroéthylène	µg/l	<10 ^{hb)}	10		Conforme à EN-ISO 10301

Hydrocarbures totaux

Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	1870	50	+/- 15	Méthode interne
Fraction C10-C12	µg/l	1740	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C12-C16	µg/l	60	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C16-C20 ^{*)}	µg/l	<5,0	5		Méthode interne
Fraction C20-C24 ^{*)}	µg/l	8,4	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C24-C28 ^{*)}	µg/l	23	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C28-C32 ^{*)}	µg/l	23	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C32-C36 ^{*)}	µg/l	7,6	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C36-C40 ^{*)}	µg/l	<5,0	5		Méthode interne

Composés volatils

Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	3200	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C6-C8	µg/l	8700	4	+/- 40	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C8-C10	µg/l	3400 ^{x)}	4	+/- 80	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	3000	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	5700	2	+/- 15	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	<200 ^{hb)}	200		conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction C5-C10	µg/l	15000	10	+/- 35	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	3400	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

hb) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n' autorisant pas de mesures sans dilution.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l' incertitude de mesure analytique combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l' expression de l' incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d' élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués "x)".

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 17.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1495397 BC22950 / LB2300009 / AG

N° échant.

540596 Eau

Date de prise en charge: 12.12.2024

Fin des analyses: 16.12.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " * " .

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 3 de 3



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (QUIMPER 29)
Monsieur Guilhem DUCHET
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date 17.12.2024
N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1495397 BC22950 / LB2300009 / AG
N° échant. 540597 Eau
Date de validation 12.12.2024
Prélèvement 09.12.2024
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons Pz6

Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	---------------	--------------------	---------

Analyses Physico-chimiques

Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	468	5	+/- 10	Conforme à ISO 7888
Chlorures	mg/l	13	1	+/- 10	Conforme à ISO 15923-1
Sulfates	mg/l	4,3	1	+/- 15	Conforme à ISO 15923-1
Potentiel d'oxydo-réduction *)	mV	222	-1500		DIN 38404 C6

Métaux

Sodium (Na)	µg/l	12000	300	+/- 7	Conforme à EN-ISO17294-2
-------------	------	-------	-----	-------	--------------------------

HAP

Naphtalène	µg/l	260	0,02	+/- 13	méthode interne
Acénaphthylène	µg/l	<0,50 ^{hb)}	0,5		méthode interne
Acénaphthène	µg/l	0,14	0,01	+/- 17	méthode interne
Fluorène	µg/l	0,17	0,01	+/- 11	méthode interne
Phénanthrène	µg/l	0,14	0,01	+/- 10	méthode interne
Anthracène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Chrysène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Somme HAP (Borneff)	µg/l	n.d.			méthode interne
Somme HAP (VROM)	µg/l	260 ^{x)}			méthode interne
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	260 ^{x)}			méthode interne

Composés aromatiques

Benzène	µg/l	130	0,2	+/- 14	Conforme à EN-ISO 11423-1
Toluène	µg/l	270	0,5	+/- 10	Conforme à EN-ISO 11423-1
Ethylbenzène	µg/l	770	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1
m,p-Xylène	µg/l	2400	0,2	+/- 18	Conforme à EN-ISO 11423-1
o-Xylène	µg/l	490	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 17.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1495397 BC22950 / LB2300009 / AG

N° échant.

540597 Eau

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Somme Xylènes	µg/l	2900			Conforme à EN-ISO 11423-1

COHV

Dichlorométhane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachlorométhane	µg/l	<10 ^{hb)}	10		Conforme à EN-ISO 10301
Trichlorométhane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,2-Dichloroéthane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<10 ^{hb)}	10		Conforme à EN-ISO 10301
Chlorure de Vinyle	µg/l	<20 ^{hb)}	20		Méthode interne (mesurage conforme à EN-ISO 10301 et conforme à ISO 11423-1)
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	µg/l	n.d.			Conforme à EN-ISO 10301
Trichloroéthylène	µg/l	<50 ^{hb)}	50		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachloroéthylène	µg/l	<10 ^{hb)}	10		Conforme à EN-ISO 10301

Hydrocarbures totaux

Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	1380	50	+/- 15	Méthode interne
Fraction C10-C12	µg/l	1250	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C12-C16	µg/l	53	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C16-C20 ^{*)}	µg/l	5,3	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C20-C24 ^{*)}	µg/l	9,1	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C24-C28 ^{*)}	µg/l	27	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C28-C32 ^{*)}	µg/l	26	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C32-C36 ^{*)}	µg/l	9,0	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C36-C40 ^{*)}	µg/l	<5,0	5		Méthode interne

Composés volatils

Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	1900	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C6-C8	µg/l	6600	4	+/- 40	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C8-C10	µg/l	2600	4	+/- 80	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	2500	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	4100	2	+/- 15	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	420	2	+/- 24	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction C5-C10	µg/l	11000	10	+/- 35	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	2200	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

hb) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n' autorisant pas de mesures sans dilution.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l' incertitude de mesure analytique combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l' expression de l' incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d' élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 2 de 3



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 17.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1495397 BC22950 / LB2300009 / AG

N° échant.

540597 Eau

Date de prise en charge: 12.12.2024

Fin des analyses: 16.12.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " * " .

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 3 de 3



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (QUIMPER 29)
Monsieur Guilhem DUCHET
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date 17.12.2024
N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1495397 BC22950 / LB2300009 / AG
N° échant. 540598 Eau
Date de validation 12.12.2024
Prélèvement 09.12.2024
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons Pz7

Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	---------------	--------------------	---------

Analyses Physico-chimiques

Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	392	5	+/- 10	Conforme à ISO 7888
Chlorures	mg/l	11	1	+/- 10	Conforme à ISO 15923-1
Sulfates	mg/l	10	1	+/- 15	Conforme à ISO 15923-1
Potentiel d'oxydo-réduction *)	mV	236	-1500		DIN 38404 C6

Métaux

Sodium (Na)	µg/l	9800	300	+/- 7	Conforme à EN-ISO17294-2
-------------	------	------	-----	-------	--------------------------

HAP

Naphtalène	µg/l	140	0,02	+/- 13	méthode interne
Acénaphthylène	µg/l	<0,50 ^{hb)}	0,5		méthode interne
Acénaphthène	µg/l	0,18	0,01	+/- 17	méthode interne
Fluorène	µg/l	0,35	0,01	+/- 11	méthode interne
Phénanthrène	µg/l	0,35	0,01	+/- 10	méthode interne
Anthracène	µg/l	0,12	0,01	+/- 14	méthode interne
Fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Chrysène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,10 ^{hb)}	0,1		méthode interne
Somme HAP (Borneff)	µg/l	n.d.			méthode interne
Somme HAP (VROM)	µg/l	140 ^{x)}			méthode interne
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	140 ^{x)}			méthode interne

Composés aromatiques

Benzène	µg/l	37	0,2	+/- 14	Conforme à EN-ISO 11423-1
Toluène	µg/l	57	0,5	+/- 10	Conforme à EN-ISO 11423-1
Ethylbenzène	µg/l	300	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1
m,p-Xylène	µg/l	1200	0,2	+/- 18	Conforme à EN-ISO 11423-1
o-Xylène	µg/l	160	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 17.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1495397 BC22950 / LB2300009 / AG

N° échant.

540598 Eau

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Somme Xylènes	µg/l	1400			Conforme à EN-ISO 11423-1

COHV

Dichlorométhane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachlorométhane	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Trichlorométhane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,2-Dichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Chlorure de Vinyle	µg/l	<2,0 ^{hb)}	2		Méthode interne (mesurage conforme à EN-ISO 10301 et conforme à ISO 11423-1)
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	µg/l	n.d.			Conforme à EN-ISO 10301
Trichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301

Hydrocarbures totaux

Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	1910	50	+/- 15	Méthode interne
Fraction C10-C12	µg/l	1090	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C12-C16	µg/l	36	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C16-C20	µg/l	<5,0	5		Méthode interne
Fraction C20-C24	µg/l	79	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C24-C28	µg/l	310	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C28-C32	µg/l	280	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C32-C36	µg/l	96	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C36-C40	µg/l	14	5	+/- 15	Méthode interne

Composés volatils

Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	1500	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C6-C8	µg/l	3600	4	+/- 40	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C8-C10	µg/l	2200	4	+/- 80	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	1800	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	1800	2	+/- 15	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	80	2	+/- 24	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction C5-C10	µg/l	7300	10	+/- 35	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	2100	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

hb) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n' autorisant pas de mesures sans dilution.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l' incertitude de mesure analytique combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l' expression de l' incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d' élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués "x)".

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 2 de 3



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 17.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1495397 BC22950 / LB2300009 / AG

N° échant.

540598 Eau

Date de prise en charge: 12.12.2024

Fin des analyses: 16.12.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " * " .

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 3 de 3



Annexe 5. Glossaire

Cette annexe contient 2 pages.

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (QUIMPER 29)
Monsieur Guilhem DUCHET
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date 27.12.2024
N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1497390 BC23097 / LB2300009 / AG
N° échant. 552168 Eau
Date de validation 16.12.2024
Prélèvement 12.12.2024
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons Pz2

Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	---------------	--------------------	---------

Analyses Physico-chimiques

Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	12700	5	+/- 10	Conforme à ISO 7888
Chlorures	mg/l	15	1	+/- 10	Conforme à ISO 15923-1
Sulfates	mg/l	4400	1	+/- 15	Conforme à ISO 15923-1
Potentiel d'oxydo-réduction *)	mV	860	-1500		DIN 38404 C6

Métaux

Sodium (Na)	µg/l	2200000	300	+/- 7	Conforme à EN-ISO17294-2
-------------	------	---------	-----	-------	--------------------------

HAP

Naphtalène	µg/l	73	0,02	+/- 13	méthode interne
Acénaphthylène	µg/l	<0,50 ^{m)}	0,5		méthode interne
Acénaphthène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Fluorène	µg/l	0,12	0,01	+/- 11	méthode interne
Phénanthrène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Anthracène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Pyrène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Chrysène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,10 ^{m)}	0,1		méthode interne
Somme HAP (Borneff)	µg/l	n.d.			méthode interne
Somme HAP (VROM)	µg/l	73 ^{x)}			méthode interne
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	73 ^{x)}			méthode interne

Composés aromatiques

Benzène	µg/l	5,0	0,2	+/- 14	Conforme à EN-ISO 11423-1
Toluène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 11423-1
Ethylbenzène	µg/l	9,0	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1
m,p-Xylène	µg/l	7,1	0,2	+/- 18	Conforme à EN-ISO 11423-1
o-Xylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 11423-1

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 27.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1497390 BC23097 / LB2300009 / AG

N° échant.

552168 Eau

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Somme Xylènes	µg/l	7,1 ^{x)}			Conforme à EN-ISO 11423-1

COHV

Dichlorométhane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachlorométhane	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Trichlorométhane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,2-Dichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Chlorure de Vinyle	µg/l	<2,0 ^{hb)}	2		Méthode interne (mesurage conforme à EN-ISO 10301 et conforme à ISO 11423-1)
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	µg/l	n.d.			Conforme à EN-ISO 10301
Trichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301

Hydrocarbures totaux

Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	829	50	+/- 15	Méthode interne
Fraction C10-C12	µg/l	210	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C12-C16	µg/l	28	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C16-C20 ^{*)}	µg/l	27	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C20-C24 ^{*)}	µg/l	83	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C24-C28 ^{*)}	µg/l	220	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C28-C32 ^{*)}	µg/l	180	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C32-C36 ^{*)}	µg/l	65	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C36-C40 ^{*)}	µg/l	16	5	+/- 15	Méthode interne

Composés volatils

Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	740	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C6-C8	µg/l	750	4	+/- 40	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C8-C10	µg/l	63 ^{x)}	4	+/- 80	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	720	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	26	2	+/- 15	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	63	2	+/- 24	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction C5-C10	µg/l	1600	10	+/- 35	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	<20 ^{hb)}	20		conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

m) Etant donnée l'influence perturbatrice de l'échantillon, les limites de quantification ont été relevées.

hb) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n' autorisant pas de mesures sans dilution.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l' incertitude de mesure analytique combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l' expression de l' incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d' élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 27.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1497390 BC23097 / LB2300009 / AG

N° échant.

552168 Eau

Date de prise en charge: 16.12.2024

Fin des analyses: 24.12.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " * " .

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 3 de 3



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (QUIMPER 29)
Monsieur Guilhem DUCHET
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date 27.12.2024
N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1497390 BC23097 / LB2300009 / AG
N° échant. 552169 Eau
Date de validation 16.12.2024
Prélèvement 12.12.2024
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons Pz6

Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	---------------	--------------------	---------

Analyses Physico-chimiques

Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	8600	5	+/- 10	Conforme à ISO 7888
Chlorures	mg/l	14	1	+/- 10	Conforme à ISO 15923-1
Sulfates	mg/l	1200	1	+/- 15	Conforme à ISO 15923-1
Potentiel d'oxydo-réduction *)	mV	711	-1500		DIN 38404 C6

Métaux

Sodium (Na)	µg/l	3100000	300	+/- 7	Conforme à EN-ISO17294-2
-------------	------	---------	-----	-------	--------------------------

HAP

Naphtalène	µg/l	67	0,02	+/- 13	méthode interne
Acénaphthylène	µg/l	<0,050	0,05		méthode interne
Acénaphthène	µg/l	<0,03 m)	0,03		méthode interne
Fluorène	µg/l	0,14	0,01	+/- 11	méthode interne
Phénanthrène	µg/l	0,20	0,01	+/- 10	méthode interne
Anthracène	µg/l	0,015	0,01	+/- 14	méthode interne
Fluoranthène	µg/l	0,051	0,01	+/- 10	méthode interne
Pyrène	µg/l	0,057	0,01	+/- 12	méthode interne
Benzo(a)anthracène	µg/l	0,031	0,01	+/- 10	méthode interne
Chrysène	µg/l	0,030	0,01	+/- 13	méthode interne
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	0,025	0,01	+/- 18	méthode interne
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,01	0,01		méthode interne
Benzo(a)pyrène	µg/l	0,028	0,01	+/- 22	méthode interne
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,010	0,01		méthode interne
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	0,039	0,01	+/- 33	méthode interne
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	0,020	0,01	+/- 26	méthode interne
Somme HAP (Borneff)	µg/l	0,16 x)			méthode interne
Somme HAP (VROM)	µg/l	67 x)			méthode interne
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	68 x)			méthode interne

Composés aromatiques

Benzène	µg/l	<0,4 m)	0,4		Conforme à EN-ISO 11423-1
Toluène	µg/l	<1,0 m)	1		Conforme à EN-ISO 11423-1
Ethylbenzène	µg/l	<1,0 m)	1		Conforme à EN-ISO 11423-1
m,p-Xylène	µg/l	<0,4 m)	0,4		Conforme à EN-ISO 11423-1
o-Xylène	µg/l	<1,0 m)	1		Conforme à EN-ISO 11423-1

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 27.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1497390 BC23097 / LB2300009 / AG

N° échant.

552169 Eau

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Somme Xylènes	µg/l	n.d.			Conforme à EN-ISO 11423-1

COHV

Dichlorométhane	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachlorométhane	µg/l	<0,2 ^{m)}	0,2		Conforme à EN-ISO 10301
Trichlorométhane	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
1,2-Dichloroéthane	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<0,2 ^{m)}	0,2		Conforme à EN-ISO 10301
Chlorure de Vinyle	µg/l	<0,4 ^{m)}	0,4		Méthode interne (mesurage conforme à EN-ISO 10301 et conforme à ISO 11423-1)
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	µg/l	n.d.			Conforme à EN-ISO 10301
Trichloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{m)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachloroéthylène	µg/l	<0,2 ^{m)}	0,2		Conforme à EN-ISO 10301

Hydrocarbures totaux

Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	1970	50	+/- 15	Méthode interne
Fraction C10-C12	µg/l	732	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C12-C16	µg/l	41	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C16-C20 ^{*)}	µg/l	30	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C20-C24 ^{*)}	µg/l	140	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C24-C28 ^{*)}	µg/l	470	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C28-C32 ^{*)}	µg/l	390	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C32-C36 ^{*)}	µg/l	140	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C36-C40 ^{*)}	µg/l	27	5	+/- 15	Méthode interne

Composés volatils

Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	180	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C6-C8	µg/l	210 ^{x)}	4	+/- 40	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C8-C10	µg/l	39 ^{x)}	4	+/- 80	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	210	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	<4,0 ^{m)}	4		conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	39	2	+/- 24	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction C5-C10	µg/l	430	10	+/- 35	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	<4,0 ^{m)}	4		conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

m) Etant donnée l'influence perturbatrice de l'échantillon, les limites de quantification ont été relevées.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l'incertitude de mesure analytique combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d'élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 27.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1497390 BC23097 / LB2300009 / AG

N° échant.

552169 Eau

Date de prise en charge: 16.12.2024

Fin des analyses: 23.12.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " * " .

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 3 de 3



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (QUIMPER 29)
Monsieur Guilhem DUCHET
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date 27.12.2024
N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1497390 BC23097 / LB2300009 / AG
N° échant. 552170 Eau
Date de validation 16.12.2024
Prélèvement 12.12.2024
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons Pz7

Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	---------------	--------------------	---------

Analyses Physico-chimiques

Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	675	5	+/- 10	Conforme à ISO 7888
Chlorures	mg/l	9,9	1	+/- 10	Conforme à ISO 15923-1
Sulfates	mg/l	210	1	+/- 15	Conforme à ISO 15923-1
Potentiel d'oxydo-réduction *)	mV	537	-1500		DIN 38404 C6

Métaux

Sodium (Na)	µg/l	30000	300	+/- 7	Conforme à EN-ISO17294-2
-------------	------	-------	-----	-------	--------------------------

HAP

Naphtalène	µg/l	130	0,02	+/- 13	méthode interne
Acénaphthylène	µg/l	<0,050	0,05		méthode interne
Acénaphthène	µg/l	0,087	0,01	+/- 17	méthode interne
Fluorène	µg/l	0,27	0,01	+/- 11	méthode interne
Phénanthrène	µg/l	0,34	0,01	+/- 10	méthode interne
Anthracène	µg/l	0,075	0,01	+/- 14	méthode interne
Fluoranthène	µg/l	0,075	0,01	+/- 10	méthode interne
Pyrène	µg/l	0,11	0,01	+/- 12	méthode interne
Benzo(a)anthracène	µg/l	0,045	0,01	+/- 10	méthode interne
Chrysène	µg/l	0,033	0,01	+/- 13	méthode interne
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	0,024	0,01	+/- 18	méthode interne
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0,01	0,01		méthode interne
Benzo(a)pyrène	µg/l	0,040	0,01	+/- 22	méthode interne
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,010	0,01		méthode interne
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	0,048	0,01	+/- 33	méthode interne
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	0,029	0,01	+/- 26	méthode interne
Somme HAP (Borneff)	µg/l	0,22 x)			méthode interne
Somme HAP (VROM)	µg/l	130 x)			méthode interne
Somme HAP (16 EPA)	µg/l	130 x)			méthode interne

Composés aromatiques

Benzène	µg/l	6,7	0,2	+/- 14	Conforme à EN-ISO 11423-1
Toluène	µg/l	11	0,5	+/- 10	Conforme à EN-ISO 11423-1
Ethylbenzène	µg/l	63	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1
m,p-Xylène	µg/l	190	0,2	+/- 18	Conforme à EN-ISO 11423-1
o-Xylène	µg/l	34	0,5	+/- 13	Conforme à EN-ISO 11423-1

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 27.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1497390 BC23097 / LB2300009 / AG

N° échant.

552170 Eau

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Somme Xylènes	µg/l	220			Conforme à EN-ISO 11423-1

COHV

Dichlorométhane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachlorométhane	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Trichlorométhane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,2-Dichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301
Chlorure de Vinyle	µg/l	<2,0 ^{hb)}	2		Méthode interne (mesurage conforme à EN-ISO 10301 et conforme à ISO 11423-1)
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	µg/l	n.d.			Conforme à EN-ISO 10301
Trichloroéthylène	µg/l	<5,0 ^{hb)}	5		Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachloroéthylène	µg/l	<1,0 ^{hb)}	1		Conforme à EN-ISO 10301

Hydrocarbures totaux

Hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	2470	50	+/- 15	Méthode interne
Fraction C10-C12	µg/l	875	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C12-C16	µg/l	35	10	+/- 15	Méthode interne
Fraction C16-C20	µg/l	24	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C20-C24	µg/l	190	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C24-C28	µg/l	640	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C28-C32	µg/l	490	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C32-C36	µg/l	180	5	+/- 15	Méthode interne
Fraction C36-C40	µg/l	39	5	+/- 15	Méthode interne

Composés volatils

Fraction aliphatique C5-C6	µg/l	1100	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C6-C8	µg/l	1400	4	+/- 40	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction >C8-C10	µg/l	490	4	+/- 80	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C6-C8	µg/l	1100	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C6-C8	µg/l	310	2	+/- 15	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aliphatique >C8-C10	µg/l	73	2	+/- 24	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction C5-C10	µg/l	3000	10	+/- 35	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1
Fraction aromatique >C8-C10	µg/l	420	2	+/- 25	conforme à NEN-EN-ISO 16558-1

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

hb) Les limites de détection/quantification ont été augmentées à cause de fortes teneurs en composés individuels, n' autorisant pas de mesures sans dilution.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l' incertitude de mesure analytique combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l' expression de l' incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d' élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 27.12.2024

N° Client 35004515

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1497390 BC23097 / LB2300009 / AG

N° échant.

552170 Eau

Date de prise en charge: 16.12.2024

Fin des analyses: 20.12.2024

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " * " .

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 3 de 3



AEA (Alimentation en Eau Agricole) : Eau utilisée pour l'irrigation des cultures

AEI (Alimentation en Eau Industrielle) : Eau utilisée dans les processus industriels

AEP (Alimentation en Eau Potable) : Eau utilisée pour la production d'eau potable

ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) : base de données répertorie les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

ARR (Analyse des risques résiduels) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) du risque résiduel auquel sont exposées des cibles humaines à l'issue de la mise en œuvre de mesures de gestion d'un site. Cette évaluation correspond à une EQRS.

ARS (Agence régionale de santé) : Les ARS ont été créées en 2009 afin d'assurer un pilotage unifié de la santé en région, de mieux répondre aux besoins de la population et d'accroître l'efficacité du système.

BASOL : Base de données gérée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie recensant les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.

Biocentre : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Elles prennent en charge les déchets en vue de leur traitement basé sur la biodégradation aérobie de polluants chimiques.

BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) : Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) sont des composés organiques mono-aromatiques volatils qui ont des propriétés toxiques.

CASIAS (Carte des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) : Cette base de données gérée par le BRGM recense de manière systématique les sites industriels susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement.

COHV (Composés organo halogénés volatils) : Solvants organiques chlorés aliphatiques volatils qui ont des propriétés toxiques et sont ou ont été couramment utilisés dans l'industrie.

DREAL (Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement) : Cette structure régionale du ministère du Développement durable pilote les politiques de développement durable résultant notamment des engagements du Grenelle Environnement ainsi que celles du logement et de la ville.

Eluat : voir lixiviation

EQRS (Evaluation quantitative des risques sanitaires) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) des risques sanitaires auxquels sont exposées des cibles humaines.

ERI (Excès de risque individuel) : correspond à la probabilité que la cible a de développer l'effet associé à une substance cancérigène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée. Il s'exprime sous la forme mathématique suivante 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque individuel de 10^{-5} représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées pendant une vie entière.

ERU (Excès de risque unitaire) : correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérigène.

HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) : Ces composés constitués d'hydrocarbures cycliques sont générés par la combustion de matières fossiles. Ils sont peu mobiles dans les sols.

HAM (Hydrocarbures aromatiques monocycliques) : Ces hydrocarbures constitués d'un seul cycle aromatiques sont très volatils, les BTEX* sont intégrés à cette famille de polluants.

HCT (Hydrocarbures Totaux) : Il s'agit généralement de carburants pétroliers dont la volatilité et la mobilité dans le milieu souterrain dépendent de leur masse moléculaire (plus ils sont lourds, c'est-à-dire plus la chaîne carbonée est longue, moins ils sont volatils et mobiles).

IEM (Interprétation de l'état des milieux) : au sens des textes ministériels du 8 février 2007, l'IEM est une étude réalisée pour évaluer la compatibilité entre l'état des milieux (susceptibles d'être pollués) et les usages effectivement constatés, programmés ou potentiels à préserver. L'IEM peut faire appel dans certains cas à une grille de calcul d'EQRS spécifique.

ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement sous le régime de l'enregistrement. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets industriels inertes par dépôt ou enfouissement sur ou dans la terre. Sont considérés comme déchets inertes ceux répondant aux critères de l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014.

ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Cette autorisation précise, entre autres, les capacités de stockage maximales et annuelles de l'installation, la durée de l'exploitation et les superficies de l'installation de la zone à exploiter et les prescriptions techniques requises.

ISDD (Installation de Stockage de Déchets Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets dangereux, qu'ils soient d'origine industrielle ou domestique, et les déchets issus des activités de soins.

Lixiviation : Opération consistant à soumettre une matrice (sol par exemple) à l'action d'un solvant (en général de l'eau). On appelle lixiviat la solution obtenue par lixiviation dans le milieu réel (ex : une décharge). La solution obtenue après lixiviation d'un matériau au laboratoire est appelée un éluat.

PCB (Polychlorobiphényles) : L'utilisation des PCB est interdite en France depuis 1975 (mais leur usage en système clos est toléré). On les rencontre essentiellement dans les isolants diélectriques, dans les transformateurs et condensateurs individuels. Ces composés sont peu volatils, peu solubles et peu mobiles.

Plan de Gestion : démarche définie par les textes ministériels du 8 février 2007 puis du 19 avril 2017 visant à définir les modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué.

QD (Quotient de danger) : Rapport entre l'estimation d'une exposition (exprimée par une dose ou une concentration pour une période de temps spécifiée) et la VTR* de l'agent dangereux pour la voie et la durée d'exposition correspondantes. Le QD (sans unité) n'est pas une probabilité et concerne uniquement les effets à seuil.

SIS (Secteur d'information des sols) : Secteurs créés par la Loi ALUR du 24 mars 2014 et correspondant à des terrains où la connaissance de la pollution des sols justifie, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et la mise en place de mesures de gestion de la pollution pour préserver la sécurité, la santé ou la salubrité publique et l'environnement.

VTR (Valeur toxicologique de référence) : Appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique à seuil d'effet) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans seuil d'effet). Les VTR sont établies par des instances internationales (l'OMS ou le CIPR, par exemple) ou des structures nationales (US-EPA et ATSDR aux Etats-Unis, RIVM aux Pays-Bas, Health Canada, ANSES en France, etc.).

VLEP (Valeur Limite d'Exposition Professionnelle) : Valeur limite d'exposition correspondant à la valeur réglementaire de concentration dans l'air de l'atmosphère de travail à ne pas dépasser durant plus de 8 heures (VLEP 8H) ou 15 minutes (VLEP CT) ; la VLEP 8H peut être dépassée sur de courtes périodes à condition de ne pas dépasser la VLEP CT.