

# BOUYGUES IMMOBILIER 92 URBANERA

Reconversion de l'usine EIF  
Rue Pierre de Montreuil à MONTREUIL (93)

## Compte rendu d'essais de traitabilité

Rapport

Réf : CESIIF180888 / RESIIF08481-01

JV / AR / ABU

06/12/2018




## BOUYGUES IMMOBILIER URBANERA

### Reconversion de l'usine EIF Rue Pierre de Montreuil à MONTREUIL (93)

#### Compte rendu d'essais de traitabilité

Pour cette étude, le chef du projet est Anne Kevine ROBIN assisté de Mathieu OUGIER

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation/Supervision	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	06/12/2018	01	J.VILLEMAGNE		A. ROGER		A;BARITEAU	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CESIIF180888 / RESIIF08481-01
Numéro d'affaire :	A14457
Domaine technique :	SP13
Mots clé du thésaurus	ESSAI DE TRAITABILITE REDUCTION VENTING EXTRACTION MULTIPHASE

Agence Ile-de-France – site de Paris - 27, rue de Vanves – 92772 Boulogne Billancourt Cedex  
Tél : 01.46.10.25.70 • Fax : 01.46.10.25.64 - [agence.de.paris@burgeap.fr](mailto:agence.de.paris@burgeap.fr)

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>5</b>
1.1	Objet de l'étude.....	5
1.2	Méthodologie générale et réglementation en vigueur.....	6
<b>2.</b>	<b>Techniques testées pour les essais.....</b>	<b>7</b>
2.1	Objectifs du traitement et techniques testées .....	7
2.1.1	Matrice à traiter .....	7
2.1.2	Seuils de traitement et volume de sols à traiter.....	7
2.2	Sélection des techniques .....	8
<b>3.</b>	<b>Essais Réalisés .....</b>	<b>8</b>
3.1	Planning d'exécution .....	8
3.2	QHSE .....	9
<b>4.</b>	<b>Implantation des ouvrages pour les essais in situ .....</b>	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>Essai de venting.....</b>	<b>11</b>
5.1	Principe d'un traitement par venting.....	11
5.2	Objectifs des essais de venting.....	12
5.3	Mise en œuvre des essais de venting in situ .....	12
5.3.1	Moyens mis en œuvre.....	12
5.3.2	Préparation.....	13
5.3.3	Installation des ouvrages de venting .....	13
5.4	Réalisation des essais .....	16
5.4.1	Essais par paliers.....	16
5.4.2	Essai longue durée en zone Nord .....	20
5.4.3	Analyse des gaz extraits .....	22
5.4.4	Flux de polluants et délai de traitement.....	23
<b>6.</b>	<b>Essai de réduction .....</b>	<b>24</b>
6.1	Objectifs de l'essai .....	24
6.2	Essai d'injection .....	25
6.2.1	Matériels et produits.....	25
6.2.2	Mise en œuvre .....	25
6.2.3	Résultats .....	25
6.3	Essai de réduction en laboratoire.....	27
6.3.1	Principe de traitement .....	27
6.3.2	Réalisation des pilotes .....	27
6.4	Résultats .....	28
6.4.1	Réduction des BTEX.....	28
6.4.2	Réduction des chloroéthènes.....	30
6.4.3	Conclusion des essais de réduction en laboratoire.....	32
<b>7.</b>	<b>Essai d'extraction multiphasique .....</b>	<b>32</b>
7.1	Principe de traitement.....	32
7.2	Objectifs .....	32
7.3	Mise en œuvre des essais d'extraction multiphase .....	33
7.3.1	Moyens mis en œuvre.....	33
7.3.2	Réalisation d'ouvrages d'essais et de pilotage.....	34
7.4	Réalisation des essais .....	34
7.4.1	Méthodologie appliquée .....	34
7.4.2	Essais au droit de l'ouvrage PZEMP1 .....	35
7.4.3	Essais au droit de l'ouvrage PZ4ESV .....	39
<b>8.</b>	<b>Conclusions des essais de traitement.....</b>	<b>43</b>

## FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone de l'étude et emprise de l'ancien site industriel.....	5
Figure 2 : Implantation des ouvrages de traitement.....	10
Figure 3 : Skid de venting.....	13
Figure 4 : localisation des ouvrages de venting, zone source COHV et BTEX.....	14
Figure 5 : localisation des ouvrages de venting, zone source COHV.....	15
Figure 6 : Fiche synthétique de l'essai d'injection.....	26
Figure 7 : Dégradation des chloroéthènes par voie biologique.....	27
Figure 8 : Illustration de la performance de la réduction in situ pour les BTEX (extrait rapport ENOVEO en annexe 5).....	29
Figure 9 : Illustration de la performance de la réduction in situ pour les chloroéthènes (extrait rapport ENOVEO).....	31
Figure 10 : Skid d'extraction multiphases.....	33
Figure 11 : Essais d'EMP réalisés au droit de l'ouvrage PZEMP1.....	36
Figure 12 : Essais d'EMP réalisés au droit de l'ouvrage PZ4ESV.....	40

## TABLEAUX

Tableau 1 : Missions réalisées.....	6
Tableau 2 : Synthèse du bilan massique.....	7
Tableau 3 : Planning d'exécution des essais in situ.....	8
Tableau 4 : codes AFNOR associés aux techniques de ventilation mécanique in situ.....	12
Tableau 5 : Résultats des analyses des sols de la zone non saturée au niveau des zones d'essais.....	15
Tableau 6 : Résultats des essais de venting longue durée en zone Nord.....	21
Tableau 7 : Résultats des analyses des gaz extrait en zone centrale.....	22
Tableau 8 : Flux extraits en g/h.....	23
Tableau 9 : Mission réalisée.....	24
Tableau 10 : Résultats des essais de réduction chimique des chloroéthènes.....	30
Tableau 11 : Résultats des essais de réduction biologique des chloroéthènes.....	30
Tableau 12 : Résultats des essais de réduction chimique et biologique des chloroéthènes.....	30
Tableau 13 : Résultats d'analyses d'eau en fin d'essai au droit de l'ouvrage PZEMP1.....	37
Tableau 14 : Résultats d'analyses d'air en fin d'essai au droit de l'ouvrage PZEMP1.....	38
Tableau 15 : Résultats d'analyses d'air en début d'essai et en fin d'essai au droit de l'ouvrage PZ4ESV.....	41

## ANNEXES

Annexe 1. Coupes des nouveaux ouvrages
Annexe 2. Monitoring du venting
Annexe 3. Bordereaux des analyses d'air lors du venting
Annexe 4. Bordereaux des analyses d'eaux lors du pilote ENOVEO
Annexe 5. Rapport d'ENOVEO
Annexe 6. Bordereaux des analyses d'eau lors de l'EMP
Annexe 7. Bordereaux des analyses d'air lors de l'EMP

## 1. Introduction

### 1.1 Objet de l'étude

Le site de l'ancienne usine EIF et ses abords est localisé dans le quartier des « Murs à Pêches » dans le haut Montreuil (93) ; cette emprise foncière est un des sites de l'appel à projet « Réinventons la Métropole du Grand Paris ».

L'emprise à réaménager, d'une superficie d'environ 2 ha, est occupée en partie est par des maisons individuelles, une zone en friche, en partie centrale un ancien site industriel, l'usine EIF et à l'ouest la partie « site classé » (**Figure 1**).



**Figure 1 : Localisation de la zone de l'étude et emprise de l'ancien site industriel**

L'objet de cette note est présenté les essais de traitement des zones sources localisées dans l'emprise de l'ancien site industrielle. La délimitation de ces zones source et leur caractéristique sont décrites dans le plan de gestion référence RESIIF08117-03 du 21/11/2018.



## 2. Techniques testées pour les essais

### 2.1 Objectifs du traitement et techniques testées

#### 2.1.1 Matrice à traiter

Les sols du site à traiter sont répartis en deux zones source principales renfermant l'une principalement des COHV et l'autre des BTEX qui sont les principaux polluants identifiés au droit du site.

La succession lithologique au droit du site est la suivante :

- remblais d'épaisseur et d'origines diverses selon les zones (en moyenne, 1,50 m) ;
- calcaires de Brie, constitués à la base par des marnes blanchâtres et au sommet par des calcaires avec la présence éparsée de blocs de meulières ; l'épaisseur moyenne de cette formation est d'environ 3 m ;
- marnes vertes, dont l'épaisseur est estimée à 5 m environ (cet horizon n'a pas été entièrement recoupé lors des investigations réalisées au droit du site).

La limite calcaire de Brie/ marne verte n'est pas franche et on observe au droit de certains sondages des « surépaisseurs » de marnes ou au contraire leur quasi absence.

Les formations de Brie contiennent une nappe perchée sur les argiles vertes. Un essai de pompage a été réalisé par SUEZ pour le compte de l'EPFIF en mars 2018. Les essais ont été réalisés sur les ouvrages PZ13 et PZ14. Il a été mis en évidence un aquifère de faible perméabilité comprise entre  $5 \cdot 10^{-6}$  et  $5 \cdot 10^{-7}$ . Dans le même des mesures granulométriques ont été réalisées sur un échantillon de calcaire de Brie : sa porosité totale est de 35,1%. La granulométrie est la suivante : Argile 48,7%, Silt 24,1% et Sable : 27,2% .

#### 2.1.2 Seuils de traitement et volume de sols à traiter

A l'issue du plan de gestion, les seuils de traitement retenus sont :

- 200 mg/kg pour les BTEX ;
- 250 mg/kg pour les COHV.

Le volume de sols à traiter a été évalué à environ **7 400 m<sup>3</sup>** pour l'ensemble des zones sources (Tableau 2).

**Tableau 2 : Synthèse du bilan massique**

	Profondeur	COHV 250 + BTEX 200		BTEX >200 - COHV <250		BTEX < 200 - COHV >250		Total ZNS	total ZS
		Surface commune m2	Volume commun m3	Surface m2	Volume m3	Surface m2	Volume m3	Volume m3	Volume m3
REMBLAIS	0-0,5	54	27	888	444	912	456	3 394	
	0,5-1	60	30	792	396	744	372		
	1-1,5	73	37	857	429	729	365		
	1,5-2	125	63	881	441	673	337		
MARNES	2-2,5	232	116	932	466	554	277		2 574
	2,5-3	250	125	968	484	512	256		
	3-3,5	260	130	960	480	480	240		
ARGILES +- MARNEUSE	3,5-4	266	133	948	474	456	228		1 410
	4-4,5	273	137			447	224		
	4-4,8	272	82			445	133		
	Total		878		3 613		2 887	3 394	3 984

## 2.2 Sélection des techniques

Les techniques sélectionnées doivent être aptes à traiter les COHV et les BTEX. Au stade du plan de gestion, les techniques retenues étaient :

- le venting pour la zone non saturée ;
- l'extraction multiphase pour la zone saturée ;
- la réduction chimique et biologique pour la zone saturée ;
- le traitement par évacuation des terres impactées hors site.

## 3. Essais Réalisés

### 3.1 Planning d'exécution

Les essais de réduction en laboratoire, prestation B111, ont été confiés au laboratoire spécialisé ENOVEO.

Les essais in situ, prestation B112, ont été mis en œuvre par BURGEAP. La réalisation des essais s'est faite selon le programme suivant (Tableau3).

**Tableau 3 : Planning d'exécution des essais in situ**

Date	Opération	Détails		Intervenants
09-févr-18	prélèvements de sols vers T25	prélèvements de sols	T25	BURGEAP/ATME
28-mars-18	prélèvements d'eaux en PZ4 pour les essais chez ENOVEO	prélèvement d'eau 20l	PZ4	BURGEAP
02-mai-18	mise en place des nouveaux ouvrages de venting et d'extraction multiphases	3 piézaires en zone Centrale	PZV1, PZV2, PZV3, à proximité de PZG1	BURGEAP/AGRI ENVIRONNEMENT
		1 puits d'EMP	PZ4e	
		2 piézomètres de contrôle	PZ4EMP1 et PZ4	
03-mai-18	essais d'injection			BURGEAP/AGRI ENVIRONNEMENT
04-mai-18	fin des essais et repli			
25-mai-18	Réalisation d'ouvrages complémentaires	3 piézaires en zone Nord	PZV4, PZV5, PZV6	BURGEAP /ATME
		1 puits d'EMP en secteur Sud	PZ3e	
28-mai-18	essai de venting sur la zone centrale			BURGEAP
29-mai-18	essai de venting sur la zone Nord			
30-mai-18	Essai d'EMP en zone Sud			
31-mai-18	Essai d'EMP en zone Centrale			
01-juin-18	Fin des essais et rangement			
04-juin-18	Repli			



### 3.2 QHSE

Un PAQ a été émis préalablement aux essais. Un plan de prévention a été rédigé et transmis aux organismes de référence. Les DICT ont été faites par BURGEAP. Concernant les déchets et les rejets :

- les cuttings de forage ont été conditionnés en big bags et stockés à l'intérieur du bâtiment EIF : 2 big bags de 2 tonnes environ ;
- les eaux de nappe pompées ont été rejetées au réseau eaux usées après traitement sur charbon actif : cf. chapitre 6.4.2.3.

## 4. Implantation des ouvrages pour les essais in situ

Les ouvrages utilisés pour les essais sont présentés sur la figure 2. Les ouvrages suivants, existants, ont été réutilisés :

- PZG1 ;
- PZ4 ;
- PZ3.

Afin de pouvoir réaliser les essais de traitabilité présentés ci-après, il a été nécessaire de réaliser neuf ouvrages supplémentaires présentés dans la figure 2.

Les ouvrages ont été réalisés en deux phases, la première en semaine 18 par AGRI ENVIRONNEMENT (PZV1, PZV2, PZV3, PZ4ESV et PZ4C), la seconde par ATME en semaine 21 (PZV4, PZV5, PZV6 et PZEMP1).

Ils ont été forés à la tarière creuse/tarière pleine jusqu'à des profondeurs de 6 m pour les piézomètres eau et 1 m pour les piézomètres gaz. Leurs caractéristiques techniques sont les suivantes :

- Tube PVC ou PEHD pour les piézomètres eau en diamètre intérieur 80 mm ;
- Tube PVC ou PEHD pour les piézomètres gaz en diamètre intérieur 50 et 25 mm.

Pour les piézomètres gaz, au-dessus du niveau crépiné, l'espace annulaire est comblé par de la bentonite sur 30 cm et au-dessus par 20 cm de ciment.

Les coupes des ouvrages sont disponibles en **Annexe 1**.

- Pour la zone au droit de l'ouvrage PZ3, l'aquifère est plutôt marneux. Pour la zone au droit de l'ouvrage PZ4, l'aquifère est plus argileux. Au droit de ce dernier ouvrage, 1 piézomètre de contrôle et 1 piézomètre d'extraction ont été mis en place tandis qu'au niveau de l'ouvrage PZ3, un ouvrage d'extraction a été installé.

Les ouvrages PZG1, PZV3 et PZV2 sont situés respectivement à 1,5, 3 et 5 m de distance du puits d'extraction PZV1 lors de l'essai de venting réalisé au droit de cet ouvrage.

De la même manière les ouvrages PZV5 et PZV6 sont situés respectivement à 1,5 et 3 m de distance du puits d'extraction PZV4.

Concernant les essais d'extraction multiphase, ils ont été réalisés au droit des piézomètres PZ3 et PZ4. Des contrôles de niveau d'eau ont été fait au droit des ouvrages PZEMP1, PZ4ESV et PZ4C.

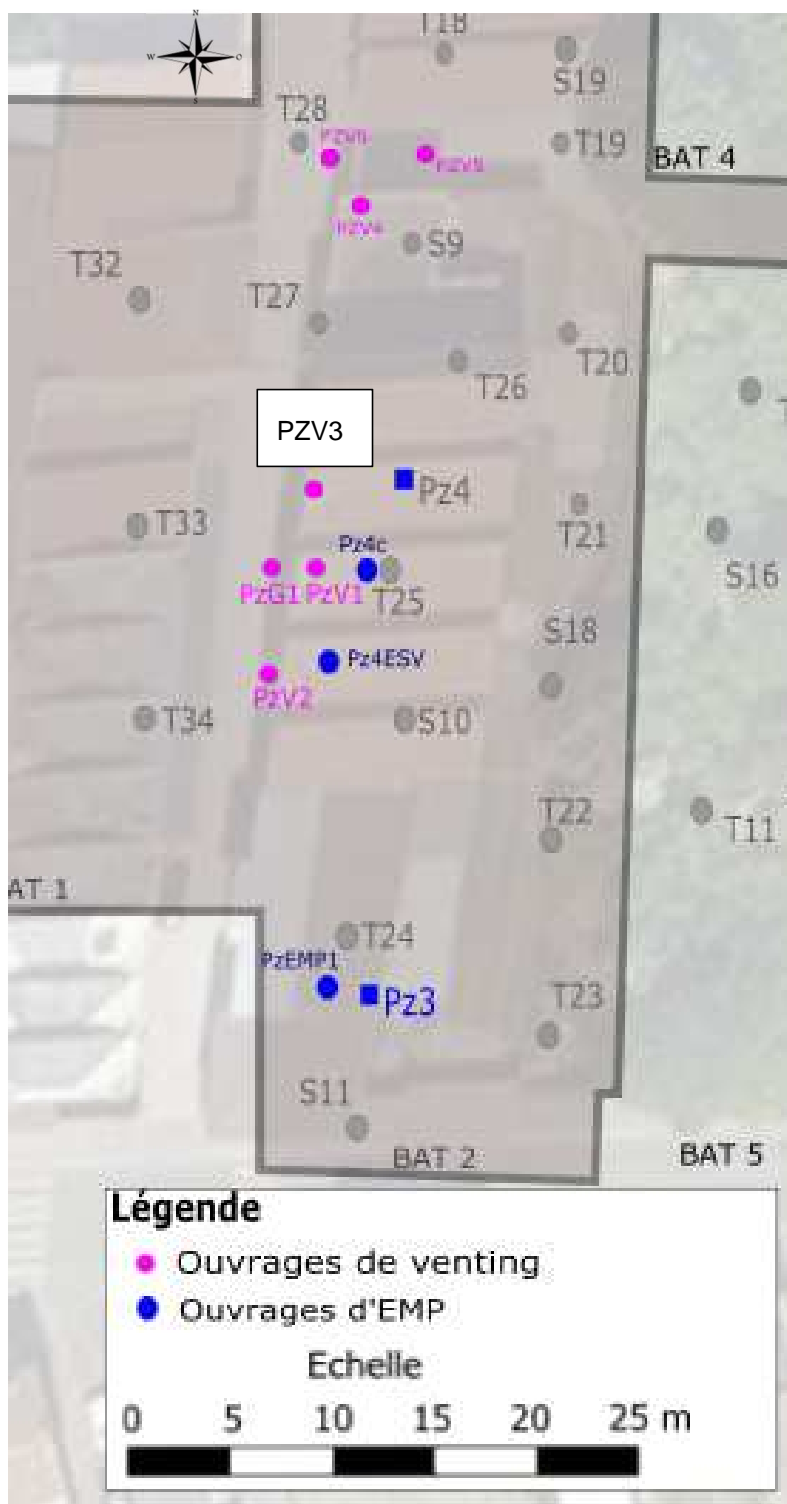


Figure 2 : Implantation des ouvrages de traitement

## 5. Essai de venting

Le «venting» est un procédé in-situ permettant d'extraire les composés organiques volatils de la zone insaturée (phase pure, adsorbée, gazeuse et dissoute dans l'eau interstitielle). Cette technique consiste à mettre en dépression la zone insaturée et à induire des circulations d'air centrées sur et en direction de chaque puits d'extraction souvent appelé « aiguille ». Le traitement par venting ne concerne que les zones non saturées.

Le renouvellement de l'air dans les pores du sol a pour conséquence de modifier les équilibres chimiques entre les différentes phases présentes. Ainsi, au cours de son passage à travers la zone contaminée, l'air se « charge » en polluant volatils et déplace l'équilibre de volatilisation des composés sorbés sur les grains de sols. Ces gaz sont récupérés dans les points d'extraction et traités en surface

L'objectif est de mesurer la faisabilité d'un traitement par venting et d'acquérir les données de terrain permettant d'appréhender la réponse du milieu à la mise en dépression du sol. Les essais sont réalisés au niveau de la source de pollution dans la zone non saturée dans l'horizon de remblais limono sableux à limono argileux entre 0 et 2m.

### 5.1 Principe d'un traitement par venting

Le venting consiste à une mise en dépression du sol pour désorber les polluants volatils et les extraire par aspiration. L'air vicié extrait est traité avant rejet à l'atmosphère. Les polluants extraits sont soit adsorbés sur charbon actif, soit détruits par oxydation catalytique ou sur biofiltre ; au stade des essais in situ, les polluants sont adsorbés sur charbon.

Le venting est une technique favorable dans les cas suivants :

*Pression de vapeur :*

- ce paramètre est le plus important pour évaluer l'efficacité d'un venting. La pression de vapeur d'un polluant représente sa capacité à se volatiliser ;
- les composés ayant une pression de vapeur supérieure 0,13 kPa (10 mmHg) sont facilement traitables par venting. C'est le cas pour tous les composés d'intérêt sur le site EIF ;
- par exemple pour le PCE, la pression de vapeur est comprise entre 1.9 kPa (20°C) - 2.462 KPa (25°C), **ce qui confirme la capacité du traitement à extraire ce produit**
- par exemple pour le benzène, la pression de vapeur est comprise entre 10 kPa (20°C) – 12,6 KPa (25°C), **ce qui confirme la capacité du traitement à extraire ce produit.**

*Constante de Henry :*

- cette constante décrit la tendance d'un constituant dissous à se répartir entre la phase gazeuse et la phase dissoute et donc de déterminer si un polluant dissous dans l'eau du sol pourra se volatiliser lors de la mise en oeuvre du venting ;
- les polluants ayant une constante de Henry supérieure à 0,01 sont généralement facilement extractibles par venting ;
- dans le cas du PCE, la constante de Henry est de 0,754 (à 25°C), **ce qui permet d'affirmer que le composé est facilement extractible par cette technique ;**
- dans le cas du benzène, la constante de Henry est de 0,229 (à 25°C), **ce qui permet d'affirmer que le composé est facilement extractible par cette technique.** Les autres BTEX ont également une constante de Henry supérieure à 0,01.

Le bioventing est associé au venting dans la mesure où la circulation d'air induite par le venting, ou augmentée par une injection d'air complémentaire, permet pour certains polluants une dégradation biologique dont le produit de dégradation est le dioxyde de carbone.

Ces traitements sont couramment mis en œuvre dans le cas de COV. Les codes AFNOR associés à cette technique sont les suivants :

**Tableau 4 : codes AFNOR associés aux techniques de ventilation mécanique in situ**

Code	Prestation
<b>C311a</b>	Venting
<b>C315b</b>	Bioventing

## 5.2 Objectifs des essais de venting

Les essais ont pour objectifs :

- la détermination de leur faisabilité ;
- l'évaluation de la réponse du milieu :
  - dépression acceptable ;
  - débit d'air par pointe ;
  - flux de polluants à l'état initial ;
- le rayon d'influence pour déterminer le nombre d'ouvrages de venting à mettre en œuvre ;
- l'évaluation du flux à traiter.

## 5.3 Mise en œuvre des essais de venting in situ

### 5.3.1 Moyens mis en œuvre

Le skid de venting est composé :

- d'un support métallique ;
- d'un séparateur de condensats PEHD, fonctionnant pour un débit d'air entre 10 et 800 m<sup>3</sup>/h avec sécurité niveau haut ;
- d'un extracteur d'air: turbine à canal latéral avec soupape de sécurité, débit max. 150 m<sup>3</sup>/h et dépression max. -200 mbar ;
- d'un filtre à charbon actif air de 160 l pour un débit d'air entre 10 et 150 m<sup>3</sup>/h.

**Figure 3 : Skid de venting**



Les équipements de mesures ont été :

- PID ppm 10,6 eV,
- Pompe d'échantillonnage d'air à soufflet, clapet ou péristaltique. La pompe à clapet permet le pompage de l'air dans le réseau en dépression, l'échantillonnage étant réalisé par la pompe Gilair,
- Nourrice pour raccorder plusieurs ouvrages de contrôles simultanément ;
- Pompe d'échantillonnage d'air Gilair plus – débit 1 à 5000 ml/min, précision de la mesure à débit constant : 5%- alimentation batterie IP54,
- Débitmètre GO-Cal,
- Micromanomètre 0-200 mbar,
- Anémomètre sonde vitesse air chaud 0-40 m/s,
- Détecteur CH<sub>4</sub> / H<sub>2</sub>S résolution 10 ppm.
- Détecteur CO<sub>2</sub> – O<sub>2</sub> de type analyseur biogaz.

L'alimentation a été faite depuis l'atelier du menuisier voisin. Un coffret électrique a été acheté par BURGEAP. La puissance installée a été de 3 KW en monophasée, protection 16A.

### 5.3.2 Préparation

Les étapes successives de l'opération sont :

- mise en place des ouvrages : Prestataire = AGRI ENVIRONNEMENT ;
- mise à disposition des équipements et livraison = PLM Equipements.

### 5.3.3 Installation des ouvrages de venting

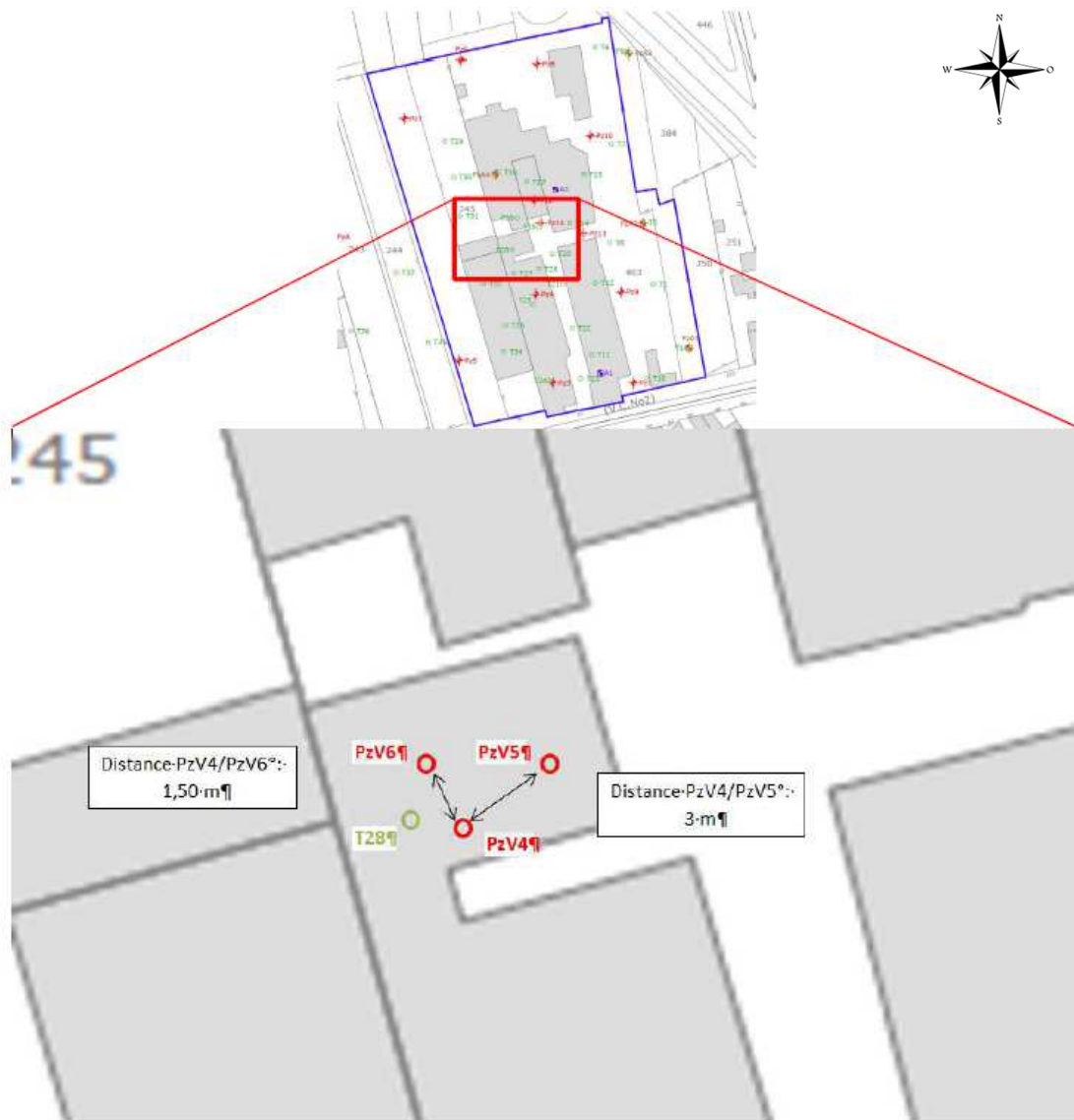
#### 5.3.3.1 Localisation des ouvrages

Les essais de venting ont été réalisés sur deux zones différentes (Figures 3 et 4):

- 1 zone au centre du bâtiment 2 EIF, zone source COHV et BTEX,
- 1 zone au nord du bâtiment 2 EIF, zone source COHV.



**Figure 5 : localisation des ouvrages de venting, zone source COHV**



Le tableau 5 présente les résultats des analyses de sols au niveau des zones d'essais ; ces données sont détaillées dans le plan de gestion.

**Tableau 5 : Résultats des analyses des sols de la zone non saturée au niveau des zones d'essais**

		T25		T28	
		0,8m	1,8m	0,8m	1,2m
		limons argileux	marnes	remblai grossier	limon
PCE	mg/kg	500	1400	310	47
TCE		26	150	1,6	0,49
cis-DCE		24	64	1,2	1,2
BTEX		1,03	75	<LQ	<LQ

*T25 se situe au centre du bâtiment : 1<sup>ère</sup> zone d'essai et T28 au nord, 2<sup>ème</sup> zone d'essai.*

Au droit de la zone centrale (T25), les sols non saturés sont fortement impactés par des BTEX et des COHV. Les terrains au droit de ce sondage sont constitués de remblais jusqu'à 1 m de profondeur de type limons argileux puis de marnes des calcaires entre 1 et 2 m ; des argiles grises-vertes sont recoupés ensuite jusqu'à 5 m de profondeur.

Au droit de la zone Nord (T28), les sols non saturés sont contaminés par des COHV uniquement. Au droit de ce sondage, les sols non saturés sont composés de remblais limoneux remaniés avec des déchets de démolition urbains (briques notamment) et d'un niveau marneux fin. Néanmoins, dans cette zone, les terrains sont hétérogènes, ils renferment notamment plus ou moins de débris de démolition.

### 5.3.3.2 Equipements des piézairs

Les forages ont été réalisés en diamètre 140 mm. Les piézairs sont équipés de tubes PVC ou PEHD de diamètre 2", crépinés 0,5 mm. L'espace annulaire a été comblé par un massif filtrant de granulométrie 1-2mm en face du niveau crépiné. La hauteur crépinée est de 50 cm entre 0,5m et 1m. Au-dessus du niveau crépiné, l'espace annulaire est comblé par de la bentonite sur 30cm et au-dessus par 20 cm de ciment.

Les coupes des ouvrages sont données en **Annexe 1**.

## 5.4 Réalisation des essais

Au total, 4 essais ont été réalisés :

- au droit de la zone centrale, 2 essais par paliers débit / dépression ont été réalisés sur 2 ouvrages différents (PZV1 et PZV2) ;
- au droit de la zone Nord, zone impactée par les COHV, sondage T28, 1 essai par palier a été réalisé ainsi qu'un essai longue durée à une dépression fixe.

### 5.4.1 Essais par paliers

#### 5.4.1.1 Méthodologie appliquée

Les essais ont été réalisés le 28/05/2018 sur une durée de 1h30.

Les essais par paliers ont été réalisés sur une dizaine de paliers  $\Delta P/Q$  sur une durée moyenne 10 minutes environ par palier jusqu'à stabilisation.

Pendant les essais ont été mesurés :

- $\Delta P$  et gaz saturant ( $CH_4/O_2/CO$ ,  $H_2S$ ) dans chacun des ouvrages de monitoring ;
- Suivi PID,  $V_{gaz}$  et  $T^\circ C$  : mesures à pas réguliers en entrée et ponctuellement en sortie du charbon actif.

Par ailleurs, pour l'essai longue durée dans la zone nord et un essai par palier sur la zone centrale, un détecteur  $CO_2$  a été utilisé pour permettre de quantifier la production de  $CO_2$  associée à la biodégradation des BTEX.



### 5.4.1.2 Résultats des essais par paliers

#### ► Pour les essais en zone Centrale

1. le débit critique n'est pas atteint : les courbes débit / dépression sont globalement linéaires ;
2. l'absence de dépression mesurable sur les ouvrages de contrôle probablement en lien avec un milieu un peu plus grossier et hétérogène qu'un limon, d'où un débit critique non atteint. Les divers sondages réalisés dans la ZNS montrent que la lithologie du premier mètre est très variable sur le site ;
3. l'absence d'H<sub>2</sub>S, de CO et des traces de méthane ;
4. la saturation du détecteur PID pendant la durée de l'essai à l'extraction ;
5. l'influence du venting se fait ressentir à 3m avec une diminution des mesures PID, donc des teneurs de COV, et des variations du taux d'oxygène. A 5m, l'essai par paliers ne permet pas de mesurer une influence.

#### ► Pour la zone Nord

1. la courbe débit / dépression est globalement linéaire. Entre 150 mbar et 200 mbar apparaît une inflexion qui pourrait indiquer le débit critique au-delà duquel la performance du venting est affectée ;
2. l'absence de dépression mesurable sur les ouvrages de contrôles, sauf ponctuellement, 0,1 mbar de dépression à 1,5m peut être liée à un milieu un peu plus grossier et hétérogène qu'un limon et/ou à une durée d'essai non suffisante ;
3. l'absence d'H<sub>2</sub>S, de CO et des traces de méthane ;
4. la saturation du détecteur PID pendant la durée de l'essai à l'extraction ;
5. l'influence du venting se fait ressentir à 1,50 m et à 3 m avec une augmentation des concentrations en PID et une baisse du taux d'oxygène (à 1,50 m uniquement).

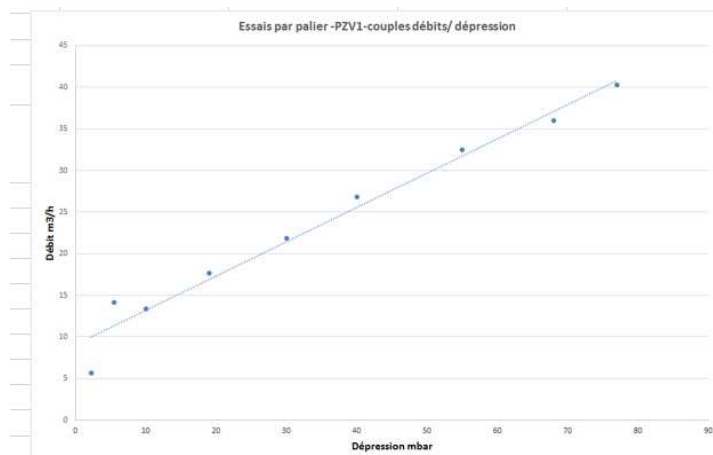
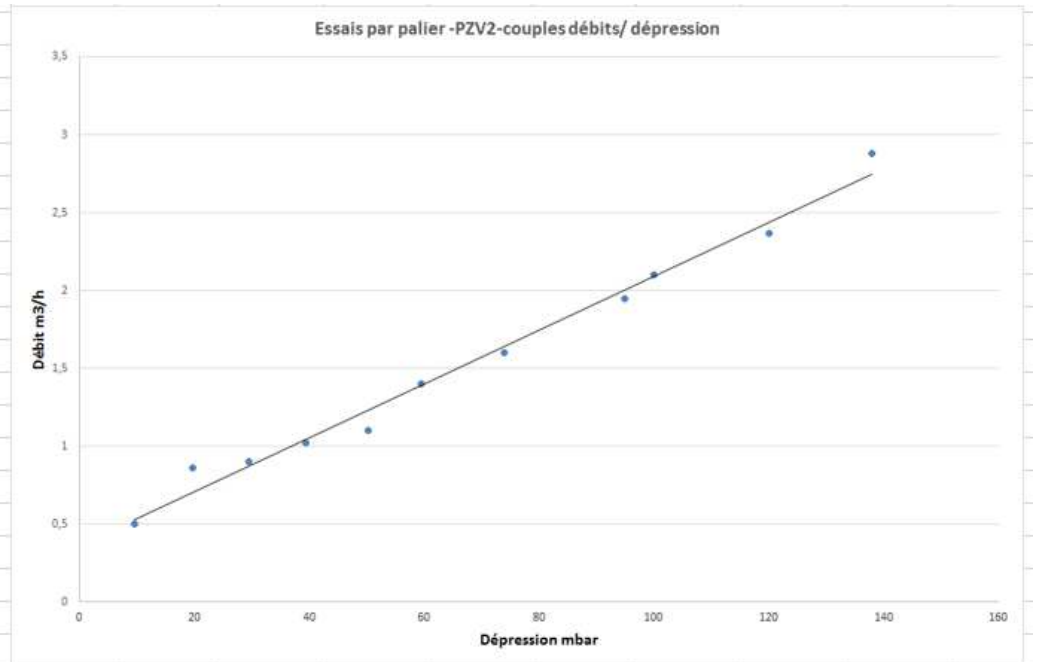
Les résultats des essais sont illustrés page suivante. Les tableaux de monitoring détaillés sont fournis en **Annexe 2**.

### 5.4.1.3 Conclusion des essais par paliers

Il ressort des essais par paliers :

- l'absence de dépression mesurée sur les ouvrages de contrôles, simultanément à des débits d'extraction et des dépressions à l'extraction élevées, qui semblent indiquer un milieu plutôt grossier ou hétérogène avec une forte circulation d'air ce qui est cohérent avec le caractère hétérogène et perméable des remblais ;
- un rayon d'influence du venting qui est choisi en première approche à 3 m, distance à laquelle les concentrations (mesures PID) et taux d'oxygène sont modifiés lors du venting ;
- pour l'essai longue durée, en zone nord le débit est choisi à 25 m<sup>3</sup>/h (correspondant au débit critique).

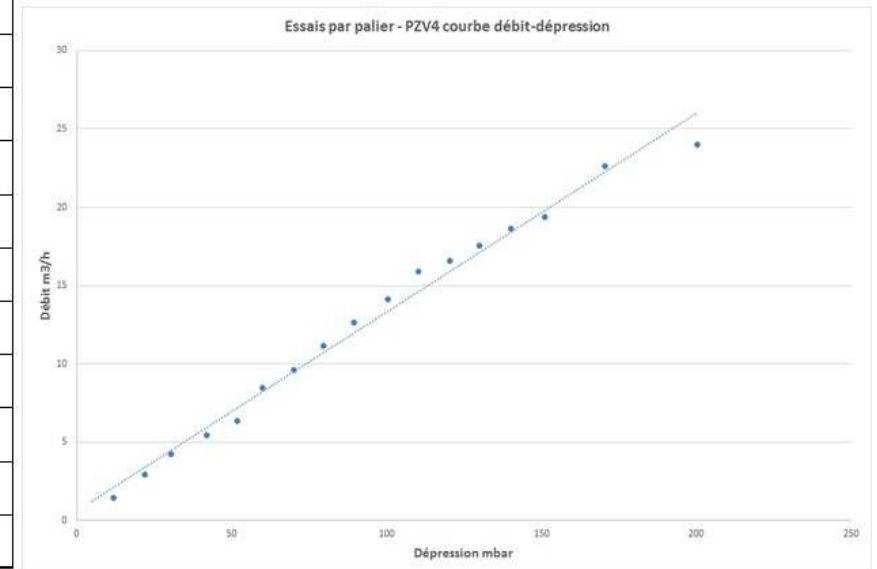
► Essai par paliers en zone centrale du bâtiment 2



PUITS D'EXTRACTION		SKID DE VENTING				PUITS DE CONTRÔLE								
		Points de mesure												
		PZV1				Piézair 1,5m = PZG1				PZv3 3m		PZv2 5m		
Temps (min)	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	CO2 ppm	O2 %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	CO2 ppm	O2 %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	O2 %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	O2 %
0	0	750	7100		0	380	6700	20,50	0,00	>1000	20,50			
10	2,2	>1000								>1000				
20	5,5	>1000		20,20	0,00	370		20,50		>1000		0,00	>1000	
30	10	>1000							0,00	625	20,50			
40	19	>1000								625	19,90		>1000	19,70
50	30	>1000								664,00	20,20	0,00	>1000	19,40
60	40	>1000			0,00	270	2700	19,60	0,00	710			>1000	19,60
70	55	>1000	1400	20,40	0,00	130			-0,10	>1000	20,00		>1000	19,70
80	68	>1000			0,00	98		19,60		966,00	18,20	0,00	>1000	19,60
94	77	>1000	1400	20,40			2500	19,60	0,00	892,00	19,50	0,00	>1000	19,60

► Essai par paliers en zone nord du bâtiment 2

PUITS D'EXTRACTION					SKID DE VENTING		PUITS DE CONTRÔLE						
Diamètre (mm)					Points de mesure		PZV6			PZV5			
PZV4													
Temps (min)	Pression en tête d'ouvrage (en mbar)	Vitesse m/s	Q m <sup>3</sup> /h	T°C air extrait	Mesure PID ppmV (Isobut.)	O <sub>2</sub> %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	CO	O <sub>2</sub> %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	O <sub>2</sub> %
0					972	20,9		503	0	20,9		115	20,9
10	5	0,08		21	140	20,90	0	660,00	1,00	20,40	-0,1	60	20,9
20	11,8	0,2	1,413	20,4	194	20,90	0	880,00	3,00	19,80	-0,1	341	21
30	22	0,41	2,89665		284	20,90	0	>1000	3	19,40	0	400	20,9
40	30,4	0,6	4,239		420	20,20	0	>1000	4	19,10	0	453	20,9
50	41,9	0,77	5,44005	19,6	>1000	20,00	0	>1000	4	18,80	0	503	20,9
60	51,7	0,9	6,3585		>1000	20,10	0	>1000	3	19	0	463	20,9
70	60	1,2	8,478	19,6	>1000	19,90		>1000	2,00	19,00	0	466	20,9
80	70	1,36	9,6084	19,7	>1000	19,80	0,00	>1000	2,00	19,30	0	450	20,8
90	79,7	1,58	11,1627		>1000	19,80	0,00	>1000	2,00	19,10	0	431	20,9
100	89,5	1,79	12,64635		>1000	19,80	0,00	>1000	2,00	19,10	-0,1	449,00	20,9
110	100,4	2	14,13		>1000	19,70	0,00	>1000	1,00	19,20	0,00	446,00	20,9
120	110,3	2,25	15,89625		>1000	19,90	0,00		1,00	19,30	0,00	442,00	20,90
130	120,5	2,35	16,60275		>1000	19,80	0,00	-1000	1,00	19,50	0,00	453,00	20,90
140	130	2,48	17,5212		>1000	20,00	0,00	-1000	1,00	19,50	0,00	508,00	20,90
150	140,1	2,64	18,6516		>1000	20,10	0,00	>1000	1,00	19,60	0,00	425,00	20,90
160	151	2,74	19,3581	19,50	>1000	20,10	0,00	>1000	0,00	19,70	0,00	441,00	20,90
170	170,6	3,2	22,608	19,50	>1000	20,10	0,00	>1000	0,00	19,70	0,00	424,00	20,90
180	200,2	3,4	24,021	19,60	>1000	20,10	0,00	>1000	0,00	19,80	0,00	432,00	20,90



## 5.4.2 Essai longue durée en zone Nord

### 5.4.2.1 Méthodologie appliquée

L'essai a été réalisé le 29/05/2018 sur une durée de 2h00, l'extraction étant réalisée sur l'ouvrage PZV4 à un débit de 25 m<sup>3</sup>/h. Les mesures réalisées lors de l'essai longue durée sont (Tableau 6) :

- les mesures PID (COV),
- les mesures de CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> ;
- les mesures de H<sub>2</sub>S, hygrométrie, CH<sub>4</sub> ponctuellement.

### 5.4.2.2 Résultats

Il ressort de l'essai :

- le maintien d'un couple débit / dépression d'environ 24 m<sup>3</sup>/h /110 mbar ;
- la saturation du PID sur le puits d'extraction et des valeurs en CO<sub>2</sub> élevées qui tendent à diminuer lors de l'essai, de 9800 à 5 800 ppm en fin d'essai; le taux de CO<sub>2</sub> de l'air extérieur a été mesuré à 300 ppm. Cette mesure pourrait témoigner d'un mécanisme actif de dégradation biologique d'hydrocarbures / BTEX en zone non saturée, mais les BTEX n'ont pas été quantifiés en T28. Il est toutefois possible que ce soit lié à la présence à proximité d'une anomalie locale en BTEX/hydrocarbures non identifiée ;
- une dépression sur les ouvrages de monitoring qui ne dépasse pas 0,1 mbar ;
- à 1,5 m du puits d'extraction, les mesures PID (concentration COV) augmentent jusqu'à saturation de l'appareil de mesure peu après le démarrage tandis qu'à 3 m les mesures PID sont variables sans tendance nette. Concernant les mesures O<sub>2</sub> / CO<sub>2</sub>, à 1,50 m on note la quasi absence de CO<sub>2</sub> avec une augmentation toutefois en fin d'essai, et également une légère augmentation du taux d'O<sub>2</sub> au-delà de 20%. Inversement, à 3 m le taux de CO<sub>2</sub> et le taux d'O<sub>2</sub> sont stables à environ 600 ppm et 20,9% ;
- l'hygrométrie des gaz extraits est mesurée à 80% pour une hygrométrie extérieure à 70%.

**Tableau 6 : Résultats des essais de venting longue durée en zone Nord**

PUITS D'EXTRACTION				SKID DE VENTING					PUITS DE CONTRÔLE							
Diamètre (mm)		50		Points de mesure					PZV6				PZV5			
PZV4																
Temps (min)	Pression en tête d'ouvrage (en mbar)	Vitesse m/s	Q m <sup>3</sup> /h	T°C air extrait	Mesure PID ppmV (Isobut.)	%H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> %	Pression en tête d'ouvrage (en mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> %	Pression en tête d'ouvrage (en mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> %
14h26					>1000		9800	19,9		880	400	20,1		280	700	20,9
14h28	109,5	2,63	19	20	>1000		7900,00	20,00								
14h35			0						0,00	>1000	100,00	20,10	0	423	600	20,9
14h45	102	3,4	24	20,0	>1000		7500	20,10	0,00	>1000	100	20,10			600	20,9
15h00	103	3,5	25		>1000		7000	20,20	0,00	>1000	100	20,20	0	346	600	20,9
15h20	104	3,3	23		>1000		6800	20,20	0,00	>1000	100	20,20	0	247	600	20,9
15h40	108	3,45	24		>1000		6400	20,20	0,10	>1000	0	20	0	410	600	20,9
16h00	112	3,4	24		>1000	80	6300	20,30	0,10	>1000	0,00	20,40	0	179	500	20,9
16h20	109	3,4	24		>1000		6100	20,40	0,10	>1000	0,00	20,50	0	383	900	20,9
16h40	109	3,1	22		>1000		6100	20,40	0,10	>1000	100,00	20,90	0,1	363	600	20,9
17h00			0		>1000		5900	20,40	0,10	>1000	100,00	20,90	0,00	323,00	600,00	20,9
17h20			0		>1000		5800	20,40	0,10	>1000	200,00	20,90	0,00	293,00	500,00	20,9

### 5.4.3 Analyse des gaz extraits

#### 5.4.3.1 Echantillons prélevés et modes de prélèvements

Trois échantillons de gaz ont été prélevés :

- 1 échantillon en entrée de traitement sur la zone centrale pendant l'essai par paliers ;
- 1 échantillon en entrée de traitement au début de l'essai longue durée et 1 échantillon en entrée de traitement à la fin de l'essai longue durée en zone Nord.

Les prélèvements ont été faits par l'intermédiaire d'une pompe Gilair sur une durée de 30 secondes à 5 minutes sur support charbon actif : zone de mesure et zone de contrôle. Dans tous les cas, les teneurs dans la zone de contrôle sont inférieures aux limites de quantification, ce qui permet de valider les résultats de la zone de mesure. Les échantillons ont été analysés par le laboratoire AGROLAB agréé par le COFRAC ou équivalent. Les bordereaux d'analyses sont fournis en Annexe 3.

#### 5.4.3.2 Résultats d'analyses

Les résultats des analyses des gaz extraits sont présentés dans le tableau 7.

**Tableau 7 : Résultats des analyses des gaz extrait en zone centrale**

		Concentrations calculées		
		Campagne de prélèvement du 30/05/2018		
		Venting par paliers - PZV1	Venting longue durée - T0 PZV4	Venting longue durée - TF - PZV4
Volume pompé	m <sup>3</sup>	0,00015	0,00015	0,0006
<b>Hydrocarbures par TPH</b>				
Aliphatic nC>5-nC6	µg/m <sup>3</sup>	<53333,3	<53333,3	<13333,3
Aliphatic nC>6-nC8	µg/m <sup>3</sup>	93333,3	<53333,3	14500,0
Aliphatic nC>8-nC10 (3)	µg/m <sup>3</sup>	173333,3	<53333,3	31666,7
Aliphatic nC>10-nC12 (3)	µg/m <sup>3</sup>	<53333,3	<53333,3	16666,7
Aromatic nC>6-nC7 benzène	µg/m <sup>3</sup>	4666,7	<1333,3	783,3
Aromatic nC>7-nC8 toluène	µg/m <sup>3</sup>	16666,7	<2666,7	<666,7
Aromatic nC>8-nC10	µg/m <sup>3</sup>	260000,0	<53333,3	14166,7
Aromatic nC>10-nC12	µg/m <sup>3</sup>	<53333,3	<53333,3	<13333,3
Somme des TPH	µg/m <sup>3</sup>	548000,0	<324000	77783,3
<b>BTEX</b>				
Benzène (2)	µg/m <sup>3</sup>	4666,7	<1333,3	783,3
Toluène	µg/m <sup>3</sup>	16666,7	<2666,7	<666,7
Ethylbenzène	µg/m <sup>3</sup>	13333,3	<2666,7	<666,7
m+p - Xylene	µg/m <sup>3</sup>	172000,0	10000,0	4833,3
o - Xylene	µg/m <sup>3</sup>	37333,3	<2666,7	1333,3
<b>Autres HAM</b>				
Naphtalène	µg/m <sup>3</sup>	<2666,7	<2666,7	<666,7
<b>COHV</b>				
Tétrachloroéthylène (PCE) (2)	µg/m <sup>3</sup>	800000,0	1000000,0	1400000,0
Trichloroéthylène (TCE)	µg/m <sup>3</sup>	164000,0	163333,3	216666,7
cis-1,2-dichloroéthylène	µg/m <sup>3</sup>	186666,7	328000,0	350000,0
trans-1d2-dichloroéthylène	µg/m <sup>3</sup>	24666,7	<2666,7	5000,0
1,1-dichloroéthylène	µg/m <sup>3</sup>	<2666,7	<1333,3	<666,7
Chlorure de Vinyle	µg/m <sup>3</sup>	4200,0	<1333,3	1533,3
1,1,2-trichloroéthane	µg/m <sup>3</sup>	<5333,3	<2666,7	<1333,3
1,1,1-trichloroéthane	µg/m <sup>3</sup>	<5333,3	<2666,7	<1333,3
1,2-dichloroéthane	µg/m <sup>3</sup>	<5333,3	<2666,7	<1333,3
1,1-dichloroéthane	µg/m <sup>3</sup>	<5333,3	<2666,7	<1333,3
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/m <sup>3</sup>	<5333,3	<2666,7	<1333,3
Trichlorométhane (chloroforme)	µg/m <sup>3</sup>	<5333,3	<2666,7	<1333,3
Dichlorométhane	µg/m <sup>3</sup>	<6666,7	<6666,7	<1666,7

### 5.4.3.3 Zone centrale

La somme des BTEX est mesurée à 244 mg/m<sup>3</sup> avec une forte prédominance des xylènes. Le PCE est mesuré à 800 mg/m<sup>3</sup>, le TCE à 164 mg/m<sup>3</sup> et le cis-DCE à 1 867 mg/m<sup>3</sup>. Les autres COHV sont présents en moindres concentrations.

Ces résultats sont cohérents avec ceux retrouvés en octobre 2013 au niveau de PZG1, en comme PZG1, des hydrocarbures sont présents dans les gaz des sols, ce sont bien majoritairement des aromatiques.

### 5.4.3.4 Zone Nord

La somme des BTEX est mesurée à 10 mg/m<sup>3</sup> (xylènes) uniquement au démarrage de l'essai et à 6,2 mg/m<sup>3</sup> en fin d'essai.

Pour les COHV :

- le PCE est mesuré à 10 000 mg/m<sup>3</sup>, en début d'essai et en fin d'essai à 14 000 mg/m<sup>3</sup>,
- le TCE est mesuré à 163 mg/m<sup>3</sup>, en début d'essai et en fin d'essai à 216 mg/m<sup>3</sup>,
- le cis-DCE est mesuré à 328 mg/m<sup>3</sup>, en début d'essai et en fin d'essai à 350 mg/m<sup>3</sup>.

Des hydrocarbures sont présents dans les gaz des sols, ce sont majoritairement des aliphatiques.

Les concentrations en COV sont relativement stables, elles sont néanmoins en légère baisse en BTEX et augmentent plutôt en COHV.

## 5.4.4 Flux de polluants et délai de traitement

Sur la base des débits d'extraction de 25 m<sup>3</sup>/h, des résultats d'analyses d'air en laboratoire et des mesures de CO<sub>2</sub> pour l'échantillon prélevé en PZV1, les flux de polluants sont calculés (Tableau 8).

**Tableau 8 : Flux extraits en g/h**

	Flux		
	g/h		
	PZV1	PZV4(initial)	PZV4(final)
PCE	20,00	250,00	350,00
TCE	4,10	4,08	5,42
cis-DCE	46,67	8,20	8,75
BTEX	6,10	0,25	0,17
BTEX(éq.CO2)	5,40	-	-

Ce qu'il faut retenir de ces résultats :

- les niveaux de concentrations sont élevés. Pour PZV4 ils augmentent légèrement entre le début et la fin des essais, avec un total COV de l'ordre de 300 g/heure ;
- une concentration en BTEX dégradé en CO<sub>2</sub> est calculée à 5,4 g/h, pour évaluer la part potentielle du bioventing par rapport au venting.

D'une manière générale, les flux polluants fournissent une tendance et permettent le dimensionnement du système de traitement des gaz. Ils ne doivent pas être utilisés pour dimensionner une durée de traitement.

Toutefois, au vu des flux polluants au stade initial, le venting apparaît une technique adaptée au site en particulier pour les COHV.

Nota : pour l'essai réalisé en PZV4, le taux de CO<sub>2</sub> n'a pas été pris en compte dans le calcul en raison de la différence de concentration entre l'air extrait et la mesure dans les piézaires voisins. Les résultats en CO<sub>2</sub> indiquent cependant une forte activité de biodégradation présente dans le milieu souterrain dont il faudra prendre en compte pour l'optimisation du traitement.

## 6. Essai de réduction

### 6.1 Objectifs de l'essai

Cet essai s'applique aux traitements correspondant aux codes AFNOR (Tableau 9).

**Tableau 9 : Mission réalisée**

Code	Prestation
<b>C313c</b>	Réduction chimique in situ
<b>C323b</b>	Réduction chimique sur site
<b>C315a</b>	Biodégradation dynamisée

La réduction est soit chimique soit biologique. Les deux processus peuvent coexister, être consécutifs l'un de l'autre ou être inhibiteurs l'un par rapport à l'autre. Les réducteurs couramment utilisés sont :

- Fer zérovalent (FZV) ou autre métal à degré de valence 0 ;
- mélange de fer zérovalent et de matière organique ;
- matière organique : réduction biologique.

L'objectif de l'essai en laboratoire est de déterminer :

- si le réducteur choisi peut décomposer les polluants d'intérêt et leurs produits de dégradation le cas échéant ;
- si la réduction chimique ou la réduction biologique est le processus majoritaire ;
- la quantité estimée de réducteur nécessaire ;
- la formation d'éventuels sous-produits et leur durée de vie.

Les essais ont été réalisés en laboratoire et un essai d'injection sur site a également été réalisé.



## 6.2 Essai d'injection

### 6.2.1 Matériels et produits

L'injection a été sous-traitée à la société AGRI ENVIRONNEMENT, équipé d'une sondeuse GEOPROBE avec une pompe DP800. Le produit injecté est du fer zérovalent de marque PEROXYCHEM.

Le fer a été mélangé sur site pour un dosage d'environ 10 g/l.

### 6.2.2 Mise en œuvre

Initialement, l'opération prévoyait une injection à proximité de 2 piézomètres PZ3 et PZ4 pour ensuite suivre les évolutions du milieu pendant quelques semaines.

Des difficultés de passage d'une deuxième dalle à 1,70 m de profondeur nous ont poussé à nous déplacer au droit d'un troisième point au Nord du Bâtiment EIF. Les points d'injection sont :

- essai 1 : Nord du bâtiment 2 : injection avec succès de 360 L de réducteur ;
- essai 2 : zone centrale : injection avortée après avoir injecté 20l de produit : en lien avec un milieu trop argileux ;
- essai 3 : refus de sondages en 4 points, en raison de la présence d'une dalle à 1,7 m de profondeur.

Les essais ont été réalisés le 31 mai et le 1<sup>er</sup> juin 2018.

### 6.2.3 Résultats

La fiche d'essais présentée en page suivante récapitule les principales informations relatives aux essais réalisés.

3 carottages de contrôles ont été réalisés à proximité du point d'injection en zone Nord, respectivement à 0,50 m, 1 m, et 1,50 m du point d'injection. Dans l'horizon saturé entre 2 m et 4,50 m, les carottes montrent les éléments suivants :

- à 0,50 m et 1 m, l'horizon des marnes a été transformé en boue calcaire ;
- à 1,50 m, l'horizon est une marne humide semblable aux marnes prélevées lors des opérations de diagnostic.

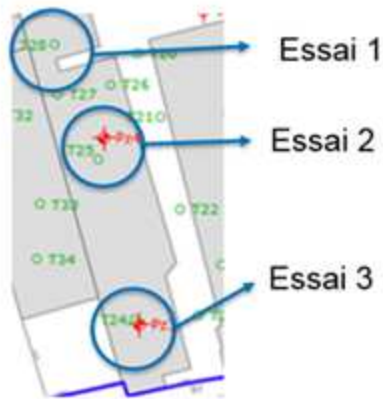
Le produit injecté s'est donc propagé, aux conditions d'essais mises en œuvre, jusqu'à une distance comprise entre 1m et 1m50 du point d'injection.

Aucun piézomètre n'est présent à proximité de cette zone, en conséquence le produit n'a pu être suivi dans les eaux souterraines.

Les principaux enseignements sont :

- confirmation de l'impossibilité d'injecter dans les argiles vertes ;
- l'injectabilité dans les marnes : l'injection provoque une déstructuration des marnes avec apparition d'un horizon boueux jusqu'à une distance de 1 m (a minima) du point d'injection.

Figure 6 : Fiche synthétique de l'essai d'injection



Injection de Fer zérovalent 10g/l avec pompe DP800 sous pression 45bars,



Essai 1	volume injecté(l)	temps d'injection( minutes)	Profondeur
station 1	60	5	4m50
station 2	60	5	4m50
station 3	60	5	3m50
station 4	60	5	3m50
station 5	60	5	3m50
station 6	60	5	2m50
Station 7	refoulement produit	10	2m50
<b>TOTAL</b>	360		

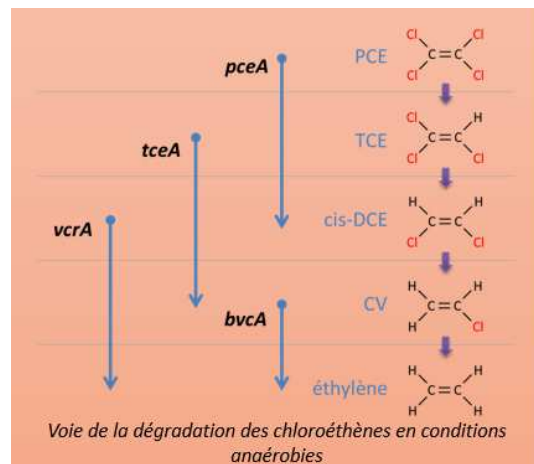
Essai 2	volume injecté(l)	temps d'injection(mi nutes)	Profondeur
station 1	20	15	4m50
station 2	refoulement produit	10	3m50
station 2	refoulement produit	10	2m50
<b>TOTAL</b>	20		

## 6.3 Essai de réduction en laboratoire

### 6.3.1 Principe de traitement

Pour la dégradation biologique des chloroéthènes, les processus sont reportés dans le synoptique suivant, avec les biomarqueurs *pceA*, *tceA*, *vcrA*, *bvcA* associés aux bactéries anaérobies déhalorespirantes, dont seules les espèces déhalococcoides sont connues pour dégrader toute la chaîne.

Figure 7 : Dégradation des chloroéthènes par voie biologique



La dégradation chimique des chloroéthènes suit des processus variés tels que l'hydrogénolyse, dont les chloro-acétylènes sont intermédiaires de dégradation, ou l' $\alpha$  ou  $\beta$  élimination pour lesquels l'éthylène et l'éthane sont les molécules filles.

### 6.3.2 Réalisation des pilotes

Les essais ont été confiés au laboratoire ENOVEO spécialisé dans ce domaine. L'objectif des essais est de tester la performance des processus de réduction biologique et de réduction chimique des COHV.

6 pilotes ont été constitués, par un mélange de sols et d'eaux souterraines (10% / 90%) prélevés par BURGEAP en T25, sol marneux entre 2,5 et 3,5 m de profondeur et pour les eaux prélevées en PZ4, soit le secteur le plus impacté du site pour la zone saturée.

Les différents pilotes réalisés sont les suivants :

- 1 pilote, dénommé « témoin » a été mis en traitement sans additif ;
- 2 pilotes dénommés A1 et A2 ont été additionnés de fer zérovalent pour constituer des pilotes de réduction chimique. Ont été additionnés 0,3% massique de fer zérovalent à T0, puis 2% à T60 jours (T3). Le pilote A2 a ensuite fait l'objet d'un ajout de source de carbone, 0,3% du mélange ajouté au pilote B2 après 60 jours d'essai (cf. ci-après) ;
- 2 pilotes dénommés B1 et B2 ont été additionnés de carbone organique pour constituer des pilotes de réduction biologique. Ont été additionnés 0,3 % massique de carbone organique à T0. Pour B1 le carbone organique est constitué à part égale de lactate et de mélasse, assez solubles et rapidement disponibles pour la fermentation. Pour B2, il s'agit à parts égales de lactate, mélasse et huile de soja, l'huile de soja étant peu soluble et plus lentement fermentescible. ;
- le pilote C a été additionné d'un produit du commerce, de marque EHC® et distribué par REGENESIS, mêlant fer zérovalent et carbone organique en vue d'une action combinée de réduction chimique et biologique. L'apport a été de 2% massique.

Les pilotes ont démarré début avril 2018. Le pilote C avec un retard de 15 jours du fait de l'indisponibilité du produit au démarrage.

Les différentes matrices ont été analysées à T<sub>0</sub>, avant ajout des réactifs.

Les pas de temps de contrôle T<sub>1</sub> à T<sub>4</sub> ont été répartis sur une durée de 3 mois environ. Un dernier pas de temps, T<sub>5</sub>, a été réalisé en août 2018.

Les bordereaux d'analyses sont fournis en **Annexe 4**, et le rapport d'ENOVEO est fourni en **Annexe 5**.

## 6.4 Résultats

### 6.4.1 Réduction des BTEX

Les résultats par pilote sont illustrés page suivante, ils indiquent :

- le pilote témoin ne montre aucun abattement ;
- les concentrations en BTEX sont abattues significativement dans trois conditions : A1, A2 de réductions chimiques et C de réduction chimique et biologique : plus de 90% d'abattement ;
- les pilotes de réduction biologique seuls montrent des résultats non probants pour l'abattement des BTEX.

En synthèse, ces essais montrent qu'il est possible d'atteindre une efficacité de plus de 90% pour la réduction des BTEX, mais le processus de dégradation n'a pas été identifié (chimique via des acides de Lewis ou biologique, des biomarqueurs de dégradation ayant été analysés en quantité significative).

Cette voie de traitement par ajout de fer zérovalent est par conséquent à privilégier mais devra être associée à des essais complémentaires pour rechercher les mécanismes de dégradation afin d'optimiser le traitement.

Figure 8 : Illustration de la performance de la réduction in situ pour les BTEX (extrait rapport ENOVEO en annexe 5)



## 6.4.2 Réduction des chloroéthènes

Les résultats par pilote sont illustrés page suivante. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants.

**Tableau 10 : Résultats des essais de réduction chimique des chloroéthènes**

Paramètres	Unités	Pilote A1						Pilote A2					
		A1T0	A1T1	A1T2	A1T3	A1T4	A1T5	A2T0	A2T1	A2T2	A2T3	A2T4	A2T5
Trichloroéthylène	µmole/l	102	51	32	25	1	-	102	65	9	11	0	0
Tetrachloroéthylène	mmole/l	305	323	335	93	3	0,04	305	345	102	325	30	0
cis 1,2-Dichloroéthylène	µmole/l	3 569	4 353	4 363	4 177	2 156	40	3 569	4 703	2 950	4 105	2 032	12
Trans-1,2-dichloroéthylène	µmole/l	13	10	6	4	1	-	13	12	4	4	-	-
Chlorure de vinyle	µmole/l	51	56	56	43	4	4	51	58	32	42	24	1
Ethane	µmole/l	-	-	14	-	8		-	-	5	-	60	
Ethylene	µmole/l	-	-	75	-	43		-	-	30	-	200	
Methane	µmole/l			8		3				2		29	

L'abattement mesuré dépasse 90%. Aux résultats intermédiaires, les concentrations en éthylène sont élevées, témoignant de l'efficacité du processus.

**Tableau 11 : Résultats des essais de réduction biologique des chloroéthènes**

Paramètres	Unités	Pilote B1						Pilote B2					
		B1T0	B1T1	B1T2	B1T3	B1T4	B1T5	B2T0	B2T1	B2T2	B2T3	B2T4	B2T5
Trichloroéthylène	µmole/l	66	61	76	65	82		66	29	76	42	7	25
Tetrachloroéthylène	mmole/l	315	323	802	388	461		315	244	802	92	110	48
cis 1,2-Dichloroéthylène	µmole/l	3 239	4 425	4 177	4 198	4 332		3 239	3 445	4 177	3 290	728	3 559
Trans-1,2-dichloroéthylène	µmole/l	9	9	11	9	7		9	8	11	8	1	6
Chlorure de vinyle	µmole/l	58	31	74	27	24		58	52	74	43	4	34
Ethane	µmole/l	-	-	0	-	-		-	-	-	-		
Ethylene	µmole/l	-	-	1	-	-		-	-	-	-		
Methane	µmole/l			6									

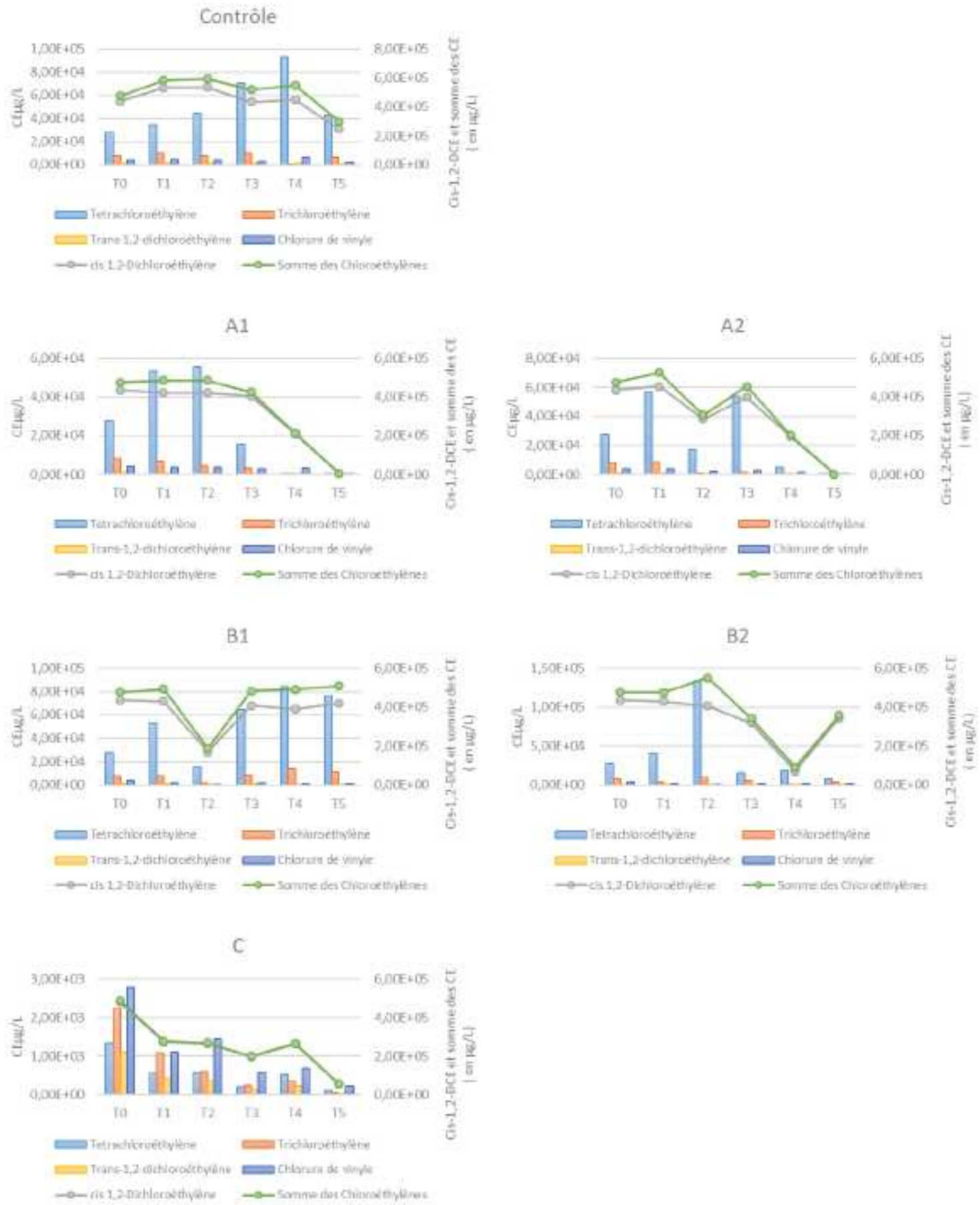
La biodégradation biologique permet la dégradation du PCE, mais la cinétique du processus est lente et en fin d'essai la concentration en cis-DCE n'a pas significativement évolué.

**Tableau 12 : Résultats des essais de réduction chimique et biologique des chloroéthènes**

Paramètres	Unités	Pilote C					
		CT0	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
Trichloroéthylène	µmole/l	17	8	5	2	3	0
Tetrachloroéthylène	mmole/l	8	3	3	1	3	1
cis 1,2-Dichloroéthylène	µmole/l	4 941	2 826	2 733	2 042	2 723	563
Trans-1,2-dichloroéthylène	µmole/l	11	4	4	2	0	
Chlorure de vinyle	µmole/l	44	18	23	9	4	
Ethane	µmole/l	0	-	1	-	-	
Ethylene	µmole/l	1	-	1	-	-	
Methane	µmole/l	13		31		-	

La biodégradation mixte chimique et biologique assurée par l'ajout d'un produit du commerce EHC® permet la dégradation des chloroéthènes à près de 90% d'efficacité.

Figure 9 : Illustration de la performance de la réduction in situ pour les chloroéthènes (extrait rapport ENOVO)



### 6.4.3 Conclusion des essais de réduction en laboratoire

Les pilotes de réduction chimique permettent d'envisager des abattements supérieurs à 90% pour les chloroéthènes et pour les BTEX.

Toutefois, si le mécanisme de dégradation pour les chloroéthènes est clairement identifié par le fer zérovalent, il n'est pas expliqué pour les BTEX et plusieurs hypothèses peuvent être envisagées, biologiques ou chimiques.

Une bonne performance des pilotes avec le produit du commerce EHC® est également constatée.

En termes de transposition à un traitement pleine échelle, le traitement par voie chimique sera privilégié, le réactif étant moins coûteux et plus facile à injecter. Le dosage de FZV est à choisir à 2% masse de masse de sol. Pour le traitement des BTEX, il est possible qu'il faille également prévoir une injection de matière organique (cas du pilote A2).

## 7. Essai d'extraction multiphasique

### 7.1 Principe de traitement

L'extraction multiphasique EMP est utilisée pour extraire à l'aide d'un vide renforcé (jusqu'à 800 m bars) :

- les gaz des sols ;
- l'eau libre du sol ;
- la phase organique.

En l'absence de phase libre, on parle d'extraction double phase air / eau. Dans les sols de faible perméabilité, l'extraction multiphasique peut permettre d'extraire plus d'eau qu'un pompage traditionnel.

Cet essai s'applique au traitement correspondant au code AFNOR C311b.

### 7.2 Objectifs

L'essai a pour objectifs :

- la détermination de la faisabilité de l'EMP ;
- l'évaluation de la réponse du milieu :
  - dépression acceptable pour la zone de battement de nappe et pour la zone saturée ;
  - débit d'air et d'eau par ouvrage ;
  - flux de polluants à l'état initial dans chaque phase ;
- le rayon d'influence pour déterminer le nombre d'ouvrages d'EMP à mettre en place le cas échéant ;
- l'évaluation de la cinétique de traitement.



## 7.3 Mise en œuvre des essais d'extraction multiphase

### 7.3.1 Moyens mis en œuvre

Le skid d'extraction multiphases est composé :

- 1 structure métallique avec 1 cuve à vide ;
- 2 pompes à palettes sèches 25 m<sup>3</sup>/h ;
- 1 pompe de reprise des eaux 6 - 16 m<sup>3</sup>/h (10 m<sup>3</sup>/h à 27 m HMT) ;
- 1 armoire électrique ;
- 1 filtre à charbon actif « eau » acier, dimensions : Ø 950 mm x H 2500 mm. Plancher filtrant avec crépines, Capacité en charbon actif : 1000 litres, Charbon actif en grains (0,6 - 2,36 mm) ;
- 1 filtre à charbon actif « air » acier Ø 500 mm x H 1730 mm, Fond plat / Dôme plat, volume de charbon : 200 l, Charge de charbon actif air pour FA 200, Charbon actif pellets de 4 mm.

**Figure 10 : Skid d'extraction multiphases**



Les équipements de mesure sont :

- PID ppm avec une lampe 10,6 eV ;
- Pompe d'échantillonnage d'air à soufflet, clapet ou péristaltique. La pompe à clapet permet le pompage de l'air dans le réseau en dépression, l'échantillonnage étant réalisé par la pompe Gilair ;
- Nourrice pour raccorder plusieurs ouvrages de contrôles simultanément ;
- Pompe d'échantillonnage d'air Gilair plus – débit 1 à 5000 ml/min, précision de la mesure à débit constant : 5%- alimentation batterie IP54 ;
- Débitmètre GO-Cal ;
- Anémomètre sonde vitesse air chaud 0-40 m/s ;
- Détecteur CH<sub>4</sub> / H<sub>2</sub>S résolution 10 ppm ;
- Détecteur CO<sub>2</sub> – O<sub>2</sub> de type analyseur biogaz.

L'alimentation électrique a été assurée par l'atelier du menuisier voisin. Un coffret électrique a été acheté par BURGEAP. La puissance installée a été de 3 KW en monophasée, protection 32A.

### 7.3.2 Réalisation d'ouvrages d'essais et de pilotage

Les étapes successives de l'opération sont :

- mise en place des ouvrages par les sociétés AGRI ENVIRONNEMENT (ouvrages proches de PZ4 : PZ4ESV et PZ4c) et ATME (ouvrage proche de PZ3 : PZEMP1) ;
- mise à disposition des équipements et livraison par PLM Equipements ;
- réalisation de l'essai sous la conduite de BURGEAP.

Suite aux difficultés rencontrées lors de l'essai d'injection, il a été décidé de pratiquer l'essai d'EMP sur deux zones au lieu d'une seule.

Au droit de la zone à proximité de l'ouvrage PZ3, l'aquifère est plutôt marneux. Au droit de la zone à proximité de l'ouvrage PZ4, l'aquifère est plus argileux.

Au droit de l'ouvrage PZ4, un piézomètre de contrôle et un piézomètre d'extraction ont été mis en place tandis qu'au niveau de PZ3, un ouvrage d'extraction a été installé. L'implantation des ouvrages est fournie en **Figure 2** (chapitre 4).

Les piézomètres réalisés dans le cadre de cet essai sont implantés à 6 m de profondeur. Ils ont été forés à la tarière en diamètre 275 mm et équipés en tubes PEHD de diamètre 3". Ils ont été crépinés de 1 à 5 m de profondeur (crépine 1mm), avec un massif filtrant de granulométrie [1,2mm-2mm].

## 7.4 Réalisation des essais

### 7.4.1 Méthodologie appliquée

Les essais ont été réalisés les 30 et 31/05/2018. Un premier essai a été mené en faisant varier le niveau du tube d'aspiration entre le toit de l'aquifère (3 m environ) et le fond de l'ouvrage (vers 5,5 m de profondeur).

Un deuxième essai a été réalisé en maintenant la canne d'aspiration à un niveau fixe vers 4,5 m de profondeur.

Pendant les essais ont été mesurés :

- $\Delta P$  et gaz saturant (CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>/CO/CO<sub>2</sub>/ H<sub>2</sub>S) dans chacun des ouvrages de monitoring.
- Photoioniseur (COV), Vgaz et T°C : mesures à pas réguliers en entrée et ponctuellement en sortie du charbon actif.

Pour l'essai réalisé au droit de la zone à proximité de l'ouvrage PZ4, un suivi des niveaux d'eau a été réalisé pendant l'essai par des sondes de pression « Diver. ». Une mesure par sonde piézométrique a également été réalisée.

Enfin, les prélèvements suivants ont été réalisés :

- un prélèvement d'air à la fin de l'essai ;
- un prélèvement d'eau dans l'ouvrage avant le démarrage de l'essai.

## 7.4.2 Essais au droit de l'ouvrage PZEMP1

### 7.4.2.1 Synthèse des données d'essais

Les principaux résultats sont les suivants :

- l'eau de nappe est aspirée à une dépression d'environ 750 mbar ; une arrivée d'eau en continu a ensuite lieu (phénomène de slurping) ;
- le débit d'eau pompée d'environ 140 l/h ;
- le couple débit/dépression n'est pas totalement stabilisé à la fin de l'essai ; il avoisine 500 mbar/4,3 m<sup>3</sup>/h.
- l'influence de l'EMP est enregistrée dans l'ouvrage de contrôle situé à une distance de 3 m par rapport à l'ouvrage d'extraction ; en fin d'essai, le rabattement semble se stabiliser au droit de cet ouvrage (rabattement mesurée compris entre 0,2 et 0,3 m). En appliquant la formule de Sichardt<sup>2</sup> pour une nappe libre au rabattement mesuré dans l'ouvrage de contrôle voisin et en prenant en considération une perméabilité de 10<sup>-6</sup> m/s, le rayon d'influence est de l'ordre de 6 à 8 m ;
- des traces d'H<sub>2</sub>S et de méthane sont mesurées ; les teneurs en H<sub>2</sub>S dépassent la valeur limite d'exposition, des moyens de surveillance seront donc à mettre en œuvre dans le cas d'un traitement par EMP ;
- dans les gaz des sols, les concentrations en COV mesurées au PID ainsi qu'en CO<sub>2</sub> diminuent tout au long de l'essai.

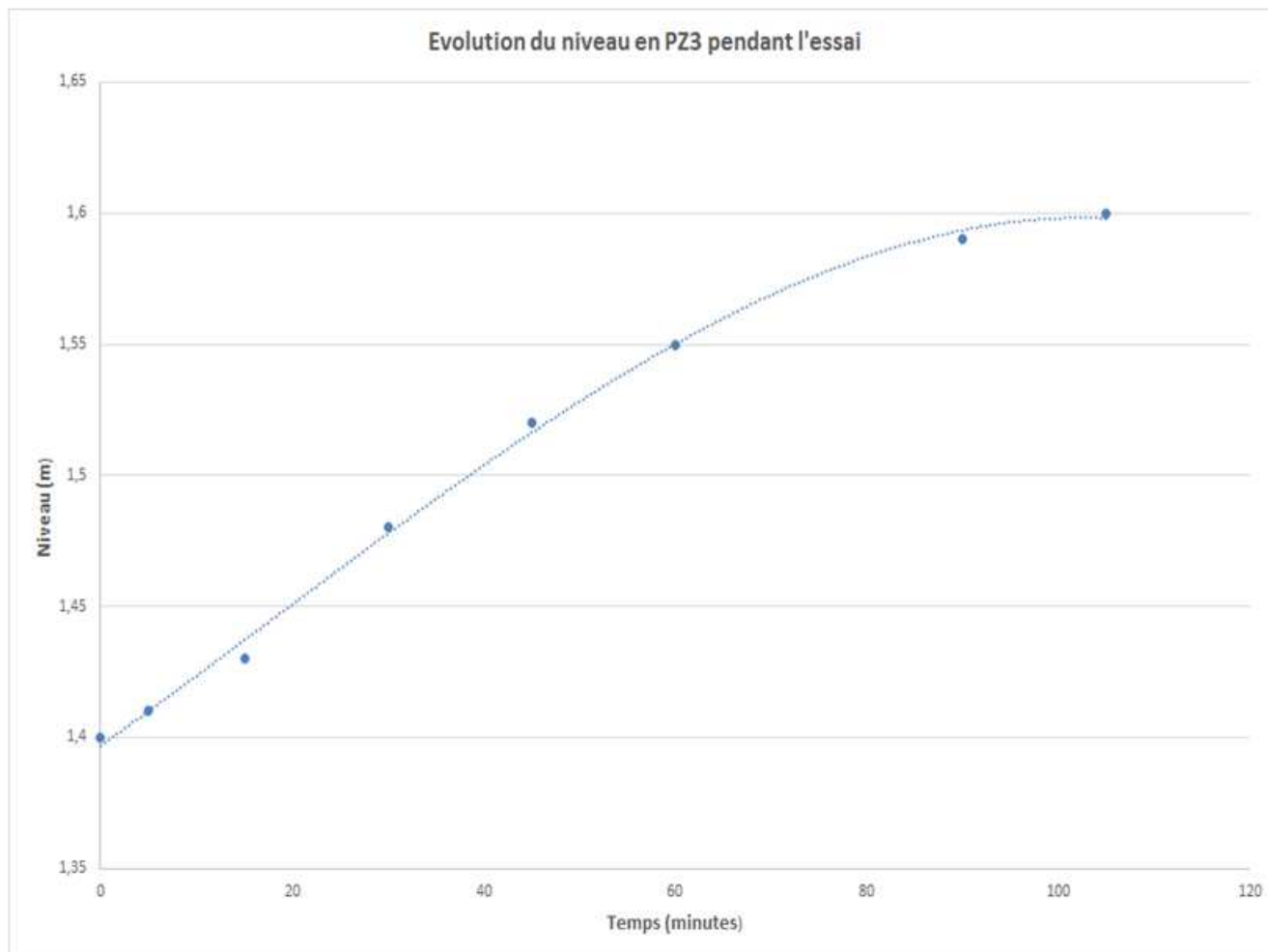
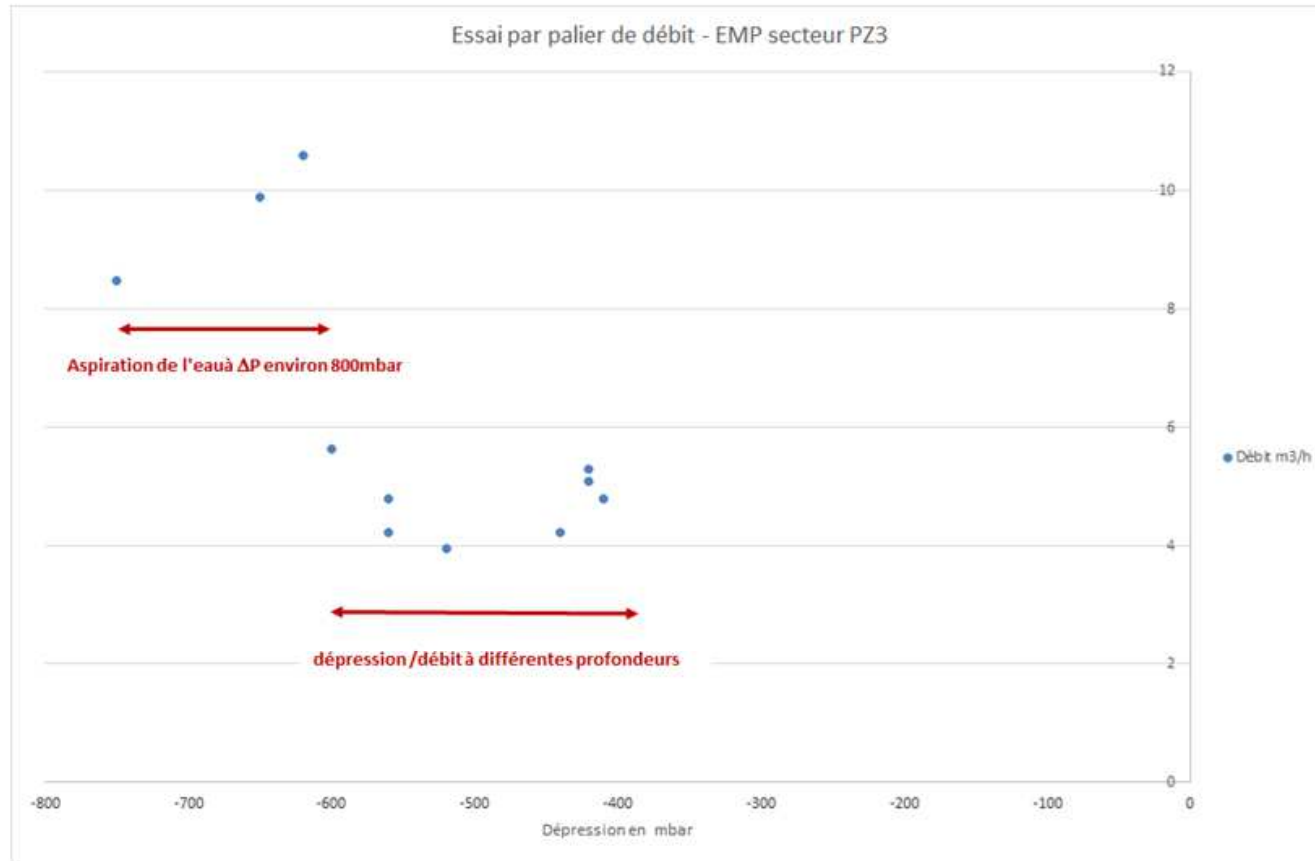
Les données d'essais sont présentées page suivante.

2

$$R = 3000(H - h)\sqrt{K}$$

Figure 11 : Essais d'EMP réalisés au droit de l'ouvrage PZEMP1

Horaire	Evènement	Hauteur	Temp. Air (°C)	Pression mbar	Débit m <sup>3</sup> /h	Vitesse m/s	PID	O2 %	CO2 ppm	H2S ppm	CH4 ppm	Vidange d'eau	Niveau (m)					
													PZ3	PZ3e	PZ4p1	PZ4p2		
													sommets tube					
10h00		3m	20	-75.0	8.48	1.2	>1000	20.9	1500	8			1.24	1.99	1.33	1.32		
				-65.0	9.99	1.4	737	20.9	1300	11								
10h10		3m50	29	-62.0	10.60	1.5	>1000	20.9	1300	27	44		1.32					
10h20		4m	32.8	-60.0	8.65	0.8	>1000	20.9	1500	18	58		1.38					
10h30		4m50	32.3	-66.0	4.80	0.68	>1000	20.9	1800	22.7	85		1.4					
10h40		5m	34.1	-66.0	4.24	0.6	>1000	20.9	2200	9.7	68		1.42					
10h50		max 5.5	37.5	-62.0	3.96	0.56	850	20.9	1600	7	71		1.45		1.33	1.32		
11h00		5m	38.3	-44.0	4.239	0.6	353	20.9	900		52							
11h10		4m	41	-42.0	5.29875	0.75	149	20.9	900	3	31		1.51					
11h20		3m	41	-42.0	8.0868	0.72	87	20.9	800	2.7	14							
		2m	40	-41.0	4.8042	0.68	87	20.9	800	1.9	19		1.54					
11h59		5,5													1.33	1.32		
ARRET																		
14h15		5.5m	24.3	-58.0	10.60	1.5	>1000	20.9	1700	2.7	70		0	1.4				
14.22	vidange auto pompe eau											200l	-0.01	1.41				
14h30		4m50	33.2	-62.0	5.65	0.8	866	20.9	900	3.9	28.5		-0.03	1.43				
14h45		4m50	38.8	-60.0	4.45	0.63	840	20.9	800	3.7			-0.08	1.48				
15h00		4m50	40.6	-60.0	4.24	0.6	812	20.9	700	3.4			-0.12	1.52				
15h15		4m50	41	-49.0	4.24	0.6	805	20.9	700	3.9	17.5		-0.15	1.55				
15h45	Prélèvement d'air 5 minutes		41.9	-48.0	4.38	0.62	960	20.9	700	2.2	18		-0.19	1.59				
15h50	vidange auto pompe eau											200l		1.6				
16h00		5m	44.7	-48.0	5.86	0.83	522	20.9	700	2.2	16.4		-0.2					
		1.504l										50 l						



### 7.4.2.2 Flux polluants extraits pour l'essai au droit de l'ouvrage PZEMP1

Le tableau 13 présente les résultats des analyses des eaux prélevées pendant l'essai au droit de l'ouvrage PZEMP1 et à la sortie du charbon actif eau. Les bordereaux d'analyses sont fournis en **Annexe 6**.

**Tableau 13 : Résultats d'analyses d'eau en fin d'essai au droit de l'ouvrage PZEMP1**

	Campagne de prélèvement du 31/05/2018		
	Pz3E - Entrée filtre CA	flux polluant extrait	Pz3E - Sortie filtre CA
<b>BTEX</b>	<b>µg/l</b>	<b>g/h</b>	<b>µg/l</b>
Benzène	<200		<0,2
Toluène	<500		<0,5
Ethylbenzène	<500		<0,5
m,p-Xylène	1 000	0,14	<0,2
o-Xylène	<500		<0,50
Somme xylènes	1 000		<LQ
Somme des BTEX	1 000		<LQ
<b>COHV</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Tétrachloroéthylène (PCE)	37 000	5,18	3,4
Trichloroéthylène (TCE)	5 300	0,74	<0,5
Somme TCE + PCE	42 300	5,92	3,4
cis-1,2-dichloroéthylène	8 100	1,13	<0,50
trans-1,2-dichloroéthylène	<500		<0,50
Somme cis + trans-1,2-DCE	8 100	1,13	<0,1
1,1-dichloroéthylène	<100		<0,1
Chlorure de Vinyle	430	0,06	<0,2
1,1,2 trichloroéthane	<500		<0,5
1,1,1 trichloroéthane	<500		<0,5
1,2 dichloroéthane	<500		<0,5
1,1 dichloroéthane	<500		<0,5
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	<100		<0,1
Trichlorométhane (chloroforme)	<500		<0,5
Dichlorométhane	<500		<0,5
Somme des COHV	50 830		3,4

Les résultats des analyses d'air des échantillons prélevés pendant l'essai au niveau de l'ouvrage PZEMP1 sont rassemblés dans le tableau 14. Les bordereaux d'analyses sont fournis en **Annexe 7**.

**Tableau 14 : Résultats d'analyses d'air en fin d'essai au droit de l'ouvrage PZEMP1**

	Campagne de prélèvement du 30/05/2018		
	EMP - Pz3 - Tf (5min) - ZM	Flux extrait	EMP - Pz3 - Tf (5min) - ZC
	mg/m <sup>3</sup>	g/h	mg/m <sup>3</sup>
Volume pompé (m3)	0,0015		0,0015
	mg/m <sup>3</sup>	g/h	mg/m <sup>3</sup>
<b>Hydrocarbures par TPH</b>			
Aliphatic nC>5-nC6	2,6	0,01	-
Aliphatic nC>6-nC8	16,0	0,07	4,1
Aliphatic nC>8-nC10 (4)	16,0	0,07	-
Aliphatic nC>10-nC12 (4)	20,0	0,09	6,2
Aromatic nC>6-nC7 benzène	5,0	0,02	-
Aromatic nC>7-nC8 toluène	7,3	0,03	-
Aromatic nC>8-nC10	28,0	0,13	-
Aromatic nC>10-nC12	<5		-
Somme des TPH	94,9	<b>0,43</b>	10,3
<b>BTEX</b>			
Benzene (2)	5,0	0,02	-
Toluene	7,4	0,03	-
Ethylbenzene	1,7	0,01	-
m+p - Xylene	14,9	0,07	-
o - Xylene	3,2	0,01	-
Somme des BTEX		<b>0,15</b>	
<b>Autres HAM</b>			
Naphtalène	<0,27	-	-
<b>COHV</b>			
Tétrachloroéthylène (PCE) (3)	1133,3	5,1	-
Trichloroéthylène (TCE)	113,3	0,5	-
cis-1,2-dichloroéthylène	73,3	0,3	-
trans-1d2-dichloroéthylène	<0,5	-	-
1,1-dichloroéthylène	0,6	0,0	-
Chlorure de Vinyle	7,3	0,0	-
Somme des COHV		<b>6,0</b>	

Le flux polluant extrait via la phase aqueuse avoisine 7,11 g/h en COHV et 0,14 g/h en BTEX, soit au total environ 200 g/jour pour une canne d'extraction.

Le flux polluant extrait via la phase gazeuse avoisine 6,58 g/h en somme des composés volatils.

Il est toutefois à noter que ce flux est en constante baisse pendant la durée de l'essai. Après traitement, soit en sortie du filtre à charbon actif eau, seules des traces de PCE sont retrouvées.

### 7.4.3 Essais au droit de l'ouvrage PZ4ESV

#### 7.4.3.1 Synthèse des données d'essais

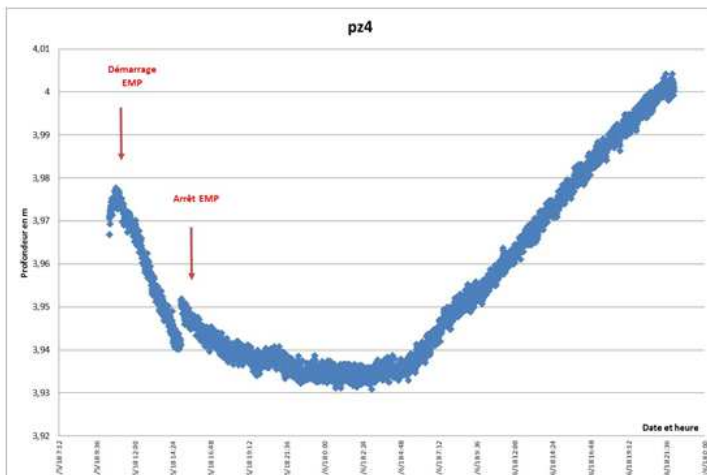
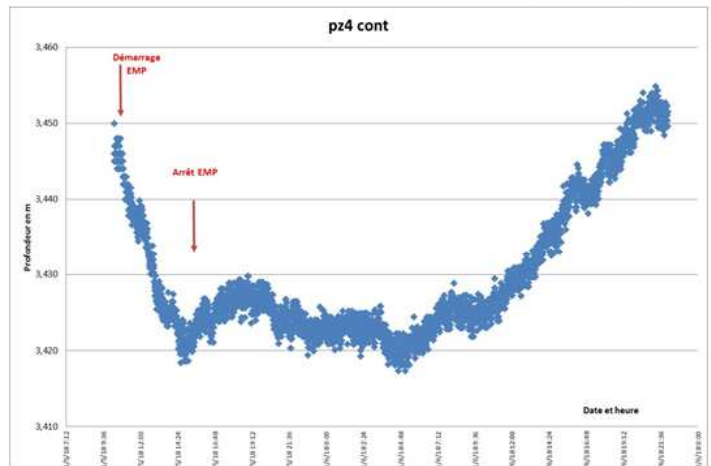
Les principaux résultats sont :

- l'eau de nappe est aspirée à une dépression d'environ 750 mbar ; une arrivée d'eau en continu a ensuite lieu (phénomène de slurping) ;
- le débit d'eau pompée est d'environ 100 l/h ;
- la température de l'air extrait augmente régulièrement ; l'essai a été arrêté alors que cette température atteignait 60°C, température excédant la plage de mesure de l'anémomètre ; la mesure de la vitesse est par conséquent faussée ;
- la dépression est en constante baisse pendant l'essai. Le couple débit /dépression mesuré n'est par conséquent pas stabilisé ; la valeur la plus fiable est celle mesurée au démarrage 180 mbar / 80 m<sup>3</sup>/h ;
- l'influence de l'EMP est enregistrée dans les ouvrages de contrôle situés respectivement à une distance de 4 m (rabattement mesuré compris entre 4 et 5 cm) et 8 m (rabattement mesuré compris entre 2 et 3 cm) ; le rayon d'influence est par conséquent supérieur à 8 m. Néanmoins, le retour à l'équilibre est très lent après l'essai (supérieur à 24h), le rayon d'influence doit donc se situer nettement au-delà de 8 m ;
- les teneurs en H<sub>2</sub>S et CH<sub>4</sub> restent à l'état de traces ;
- dans les gaz des sols, les concentrations en CO<sub>2</sub> diminuent tout au long de l'essai ; au démarrage de l'essai, le PID était saturé cependant il est tombé en panne pendant l'essai, on ne sait donc comment ont évolué les teneurs en COV.

Les données d'essais sont présentées page suivante.

Figure 12 : Essais d'EMP réalisés au droit de l'ouvrage PZ4ESV

Evènement	Profondeur m	Temp. air °C	Pression mbar	Vitesse m/s	Débit m3/h	PID	O2 %	CO2 ppm	H2S ppm	CH4 ppm	Niveau (m)		
											PZ4ESV	PZ4 somm tube	PZ4c
Arrage l'eau monte à 750 mbar de dépression environ)													
11h00	3m	23,3	-180	2,8	79,98	> 1000	20,9	1300		6		1,23	1,3
11h45	4m	37,5	-150	3,0	84,78	> 1000	20,9	1100	0,8	5,3			
	5m	41	-200	2,6	73,48	-	-	1100					
12h15	max 5,2 fond 5,97	44	-200	2,6	73,48	-	-	1200					
redémarrage													
13h40	EMP PZ4 T0	max 5,2	27	-210	3,0	84,78		1000					
Arrage l'eau monte à 750 mbar de dépression environ)													
13h45	prélèvement d'air 1 minute)												
13H45	0,307L		39	-190	3,1	87,61		1000					
13h50			44	-180	3,2	90,43		900					
13h55			50	-180	3,2	90,43		900					
14h00			52	-180	3,5	98,91		800					
14h05			55	-170	3,6	101,74		800					
14h10			57	-170	3,7	104,56		700					
14h15			58	-170	3,7	104,56		700					
14h20			59	-160	3,9	110,21		700		2,5ppm		1,27	1,34
14h30	vidange auto												
prélèvement d'air		1 minute	0,308l										





### 7.4.3.2 Flux polluants extraits pour l'essai au droit de l'ouvrage PZ4ESV

Les résultats des analyses des échantillons d'air prélevés pendant l'essai en PZ4ESV et le flux de polluants calculés correspondants sont fournis dans le tableau 15. Les bordereaux d'analyses sont fournis en **Annexe 7**.

**Tableau 15 : Résultats d'analyses d'air en début d'essai et en fin d'essai au droit de l'ouvrage PZ4ESV**

	Campagne de prélèvement du 31/5/2018			
	concentration à t0	Flux à t0	concentration à tf	Flux à tf
	mg/m3	g/h	mg/m3	g/h
Volume pompé	0,0003		0,0003	
Hydrocarbures par TPH				
Aliphatic nC>5-nC6	-			
Aliphatic nC>6-nC8	43,3	3,5	25,7	2,1
Aliphatic nC>8-nC10 (4)	16,3	1,3	16,0	1,3
Aliphatic nC>10-nC12 (4)	-			
Aromatic nC>6-nC7 benzène	126,7	10,1	53,3	4,3
Aromatic nC>7-nC8 toluène	123,3	9,9	63,3	5,1
Aromatic nC>8-nC10	116,7	9,3	80,0	6,4
Aromatic nC>10-nC12	-			
<b>Somme des TPH</b>	<b>426,3</b>	<b>34,1</b>	<b>238,3</b>	<b>19,1</b>
BTEX				
Benzene (2)	126,0	10,1	52,7	4,2
Toluene	122,0	9,8	63,0	5,0
Ethylbenzene	10,7	0,9	7,3	0,6
m+p - Xylene	83,3	6,7	56,0	4,5
o - Xylene	23,0	1,8	15,7	1,3
<b>Somme des BTEX</b>		<b>29,2</b>		<b>15,6</b>
Naphtalène				
COHV				
Tétrachloroéthylène (PCE) (3)	1500,0	120,0	1133,3	90,7
Trichloroéthylène (TCE)	800,0	64,0	400,0	32,0
cis-1,2-dichloroéthylène	566,7	45,3	197,3	15,8
trans-1d2-dichloroéthylène	4,3	0,3	1,7	0,1
1,1-dichloroéthylène	2,1	0,2	0,8	0,1
Chlorure de Vinyle	1,1	0,1	-	
<b>Somme des COHV</b>		<b>229,9</b>		<b>138,6</b>

Le flux des polluants extraits via la phase gazeuse avoisine 138 g/h en COHV et 16 g/h en BTEX. Les concentrations sont en nette baisse entre le flux initial et le flux en fin d'essai.

### 7.4.3.3 Conclusion de l'essai d'EMP

Les deux essais réalisés sur deux secteurs montrent des comportements du milieu très différents.

- les rayons d'influence évalués pour l'eau souterraine sont :
  - entre 6 et 8 m lorsque la lithologie marneuse prédomine (PZEMP1, zone sud);
  - au-delà de 8 m en zone centrale où l'aquifère est plus argileux (PZ4ESV zone centrale).
- les débits extraits sont de l'ordre de 100 à 150 l/h ;
- pour l'essai réalisé en zone sud (au droit de l'ouvrage PZEMP1), les flux d'air extraits sont importants, mais la dépression n'est pas stabilisée pendant l'essai (en baisse constante) et l'échauffement de l'air extrait fausse la mesure de vitesse ;
- pour l'essai réalisé en zone centrale (au droit de l'ouvrage PZ4ESV), les débits extraits sont moindres (4-5 m<sup>3</sup>/h) ;
- en zone Sud, le flux polluant extrait via la phase aqueuse estimé avoisine 7,11 g/h pour les COHV et 0,14 g/h pour les BTEX, soit au total environ 200 g/jour de COV pour une canne d'extraction ;
- le flux polluant extrait en phase gazeuse est en constante baisse pendant la durée de l'essai.

En synthèse, **l'EMP est fonctionnelle**. Aucune phase n'a été récupérée pendant l'essai, ce qui indique l'absence de phase d'une manière générale en zone source, ou en faible proportion<sup>3</sup>.

Les flux de COV extraits pour l'essai en zone Sud avoisinent 6,58 g/h dans l'air et 7,3 g/h dans les eaux.

Le rayon d'influence d'un ouvrage d'extraction au minimum sera de 6 à 8 m ou plus, avec un débit qui n'excèdera pas 100 à 150 l/h par pointe.

Au vu des problèmes d'échauffement d'air, il sera préférable en cas de traitement par extraction multiphasées de fonctionner avec un réseau air/eau séparatif.

<sup>3</sup> Ce constat est cohérent avec les calculs réalisés avec le logiciel OREOS®, qui établit l'absence de phase ou sa présence à faible proportion en zone source à l'exception du secteur du sondage T34.

## 8. Conclusions des essais de traitement

Les essais réalisés ont permis d'identifier des voies de traitement adaptées, soit :

### Pour la zone non saturée :

- le venting, pour les chloroéthènes et pour les BTEX. Les flux extraits sont significatifs ;
- le bioventing pour les BTEX : il est probable que les BTEX pourront être dégradés par bioventing, au vu des teneurs élevées en CO<sub>2</sub> m. Toutefois, ce processus n'a pas été démontré, le CO<sub>2</sub> pouvant provenir de la dégradation aérobie d'autres molécules comme les hydrocarbures aliphatiques

Le rayon d'action du venting / bioventing est évalué à environ 3 m. Une attention particulière devra être portée aux variations de lithologie pour traiter l'ensemble des lithologies de la zone non saturée.

### Pour la zone saturée :

- la réduction chimique pour les chloroéthènes ;
- la réduction chimique ou biologique pour les BTEX.

Les taux d'abattement mesurés atteignent au moins 90%. Le processus d'abattement des BTEX n'a toutefois pas été caractérisé, pouvant être d'origine chimique ou biologique. Pour une meilleure maîtrise du traitement, il sera nécessaire de comprendre ce processus au préalable.

Le rayon d'action de l'injection dans les marnes est évalué entre 1 et 1,50 m.

L'extraction multiphase, quoi que fonctionnelle, apparait peu prometteuse. Elle devra être réservée aux secteurs où de la phase libre mobile est présente puisqu'elle permet la récupération simultanée des phases gazeuses et aqueuses polluées et de la phase organique (cas du secteur du sondage T34 uniquement).



## **Annexe 1. Coupes des nouveaux ouvrages**

<b>Nom d'ouvrage :</b> PzV3 Intervenant BURGEAP : GUG Date : 25/05/2018 Heure : 9h30 Conditions météorologiques : Ensoleillé		<b>Sous-traitant (société / intervenant) :</b> ATME  Technique de forage : Tarière mécanique Profondeur atteinte (m/sol) : 6 Diamètre de foration (mm) : 88		<b>Nature équipement :</b> <input type="checkbox"/> PVC <input checked="" type="checkbox"/> PEHD <input type="checkbox"/> Autre : ... Diamètre équipement (mm) : 52/60 Profondeur du piézomètre (m/repère) : 5,8 Prof. Haut de la crépine (m/rep) : 5,8 Prof. Base de la crépine (m/rep) : 5,8 Fente et largeur de crépine (mm) : 2 Diamètre (gamme) des graviers du massif filtrant (mm) :	
<b>Localisation</b> Système de projection : X : Y : Nature du repère : Zrepère (m. NGF) : Nature du sol en surface :		Nature équipement en tête d'ouvrage : <input type="checkbox"/> Capot hors sol <input checked="" type="checkbox"/> Bouche à clé <input type="checkbox"/> Autre, préciser : ... Hauteur du repère (m/sol) : 0		<b>Développement / Nettoyage du piézomètre</b> Méthode de développement : Pompage Niveau d'eau avant nettoyage (m/rep.) = Niveau d'eau après nettoyage (m/rep.) =	
Niveau de nappe dans un ouvrage proche : n° : NS (m/sol) :		Méthode de nettoyage : Durée de Nettoyage : Etat du fond après nettoyage :		Débit de Nettoyage :	

COUPE GEOLOGIQUE		POLLUTION			COUPE EQUIPEMENT	
Prof (m)	Description	Observations (aspect, couleur, odeur)	Mesures de terrain	Ech. de sols (n°)	Prof (m)	Préciser l'équipement
0	granulométrique, lithologique et venues d'eau		...	(n°)		
	Béton					
1	Limons argileux	Couleur brun foncé				
2	Marnes	Couleur brun clair Forte odeur				
3						
4	Argiles	Couleur vert/bleu Forte odeur				
5						
6						
7						
8						
9						
10						

<b>Légende (coupe technique) :</b> <input type="checkbox"/> Tube crépiné <input type="checkbox"/> Tube plein <input type="checkbox"/> Bouchon de fond		<input checked="" type="checkbox"/> Cimentation <input type="checkbox"/> Bentonite - ciment <input type="checkbox"/> Bentonite <input type="checkbox"/> Massif filtrant		<b>Remarques :</b> Volume de massif filtrant utilisé : Volume de coulis bentonite utilisé : Si mesure de terrain ou diagraphies, préciser les paramètres et méthodes Si éch. de sol, mode de confection et flaconnage : ...	
--	--	--	--	--	--

<b>Nom d'ouvrage :</b> PzV4 <b>Foreur :</b> ATME <b>Intervenant BURGEAP :</b> GUG <b>Date :</b> 25/05/2018 <b>Heure :</b> 11h00 <b>Conditions météorologiques :</b>	<b>Technique de forage :</b> Tarrière mécanique <b>Nature du recouvrement de surface :</b> Béton <b>Nature équipement en tête d'ouvrage :</b>	<b>Profondeur de foration (m/sol) :</b> 1 <b>Prof. Haut de la crépine (m/rep) :</b> 0,3 <b>Prof. Base de la crépine (m/rep) :</b> 1 <b>Diamètre de foration (mm) :</b> 52/60 <b>Diamètre équipement (mm) :</b> 25
	<b>Nature du repère :</b> Sol <b>Hauteur du repère par rapport au sol :</b>	<b>Nature équipement :</b> PEHD <b>Fente et largeur de crépine (mm) :</b> 2
<b>Localisation</b> <b>Système de projection :</b> <b>X :</b> <b>Y :</b> <b>Zrep (m. NGF) :</b>	<b>Vérification de l'étanchéité</b> <b>CO2 stabilisé (%) :</b> <b>CO2 air (%) :</b> <b>O2 stabilisé (%) :</b> <b>O2 air (%) :</b> <b>Temps de stabilisation (min) :</b> <b>Débit de l'essai (l/min) :</b>	

COUPE GEOLOGIQUE		POLLUTION			COUPE EQUIPEMENT		
Prof (m)	Description	Observations (aspect, couleur, odeur)	Mesures de terrain	Ech. de sols (n°)	Prof (m)	Préciser l'équipement	
0	granulométrique, lithologique et venues d'eau		...		0	###	Cimentation de tête
	Béton					###	Bentonite
	Limons argileux					###	Massif filtrant
1					1		
2							
3							

<b>Légende (coupe technique) :</b> Tube crépiné Tube plein Bouchon de fond Cimentation Bentonite -ciment Bentonite Massif filtrant	<b>Remarques :</b> Volume de massif filtrant utilisé : Volume de coulis bentonite utilisé : Si éch. de sol, mode de confection et flaconnage : ...
---	--

<b>Nom d'ouvrage :</b> PzV5 <b>Foreur :</b> ATME <b>Intervenant BURGEAP :</b> GUG <b>Date :</b> 25/05/2018 <b>Heure :</b> 11h00 <b>Conditions météorologiques :</b>	<b>Technique de forage :</b> Tarière mécanique <b>Nature du recouvrement de surface :</b> Béton <b>Nature équipement en tête d'ouvrage :</b> <b>Nature du repère :</b> Sol <b>Hauteur du repère par rapport au sol :</b>	<b>Profondeur de foration (m/sol) :</b> 1 <b>Prof. Haut de la crépine (m/rep) :</b> 0,3 <b>Prof. Base de la crépine (m/rep) :</b> 1 <b>Diamètre de foration (mm) :</b> 52/60 <b>Diamètre équipement (mm) :</b> 25
<b>Localisation</b> <b>Système de projection :</b> <b>X :</b> <b>Y :</b> <b>Zrep (m. NGF) :</b>	<b>Vérification de l'étanchéité</b> <b>CO2 stabilisé (%) :</b> <b>CO2 air (%) :</b> <b>O2 stabilisé (%) :</b> <b>O2 air (%) :</b> <b>Temps de stabilisation (min) :</b> <b>Débit de l'essai (l/min) :</b>	<b>Nature équipement :</b> PEHD <b>Fente et largeur de crépine (mm) :</b> 2

COUPE GEOLOGIQUE		POLLUTION			COUPE EQUIPEMENT		
Prof (m)	Description	Observations	Mesures de terrain	Ech. de sols	Prof (m)	Préciser l'équipement	
	granulométrique, lithologique et venues d'eau	(aspect, couleur, odeur)	...	(n°)			
0	Béton				0	###	Cimentation de tête
						###	Bentonite
	Limons argileux	Couleur brun foncé				###	Massif filtrant
1					1		
2							
3							

<b>Légende (coupe technique) :</b> Tube crépiné Tube plein Bouchon de fond Cimentation Bentonite -ciment Bentonite Massif filtrant	<b>Remarques :</b> Volume de massif filtrant utilisé : Volume de coulis bentonite utilisé : Si éch. de sol, mode de confection et flaconnage : ...
---	--



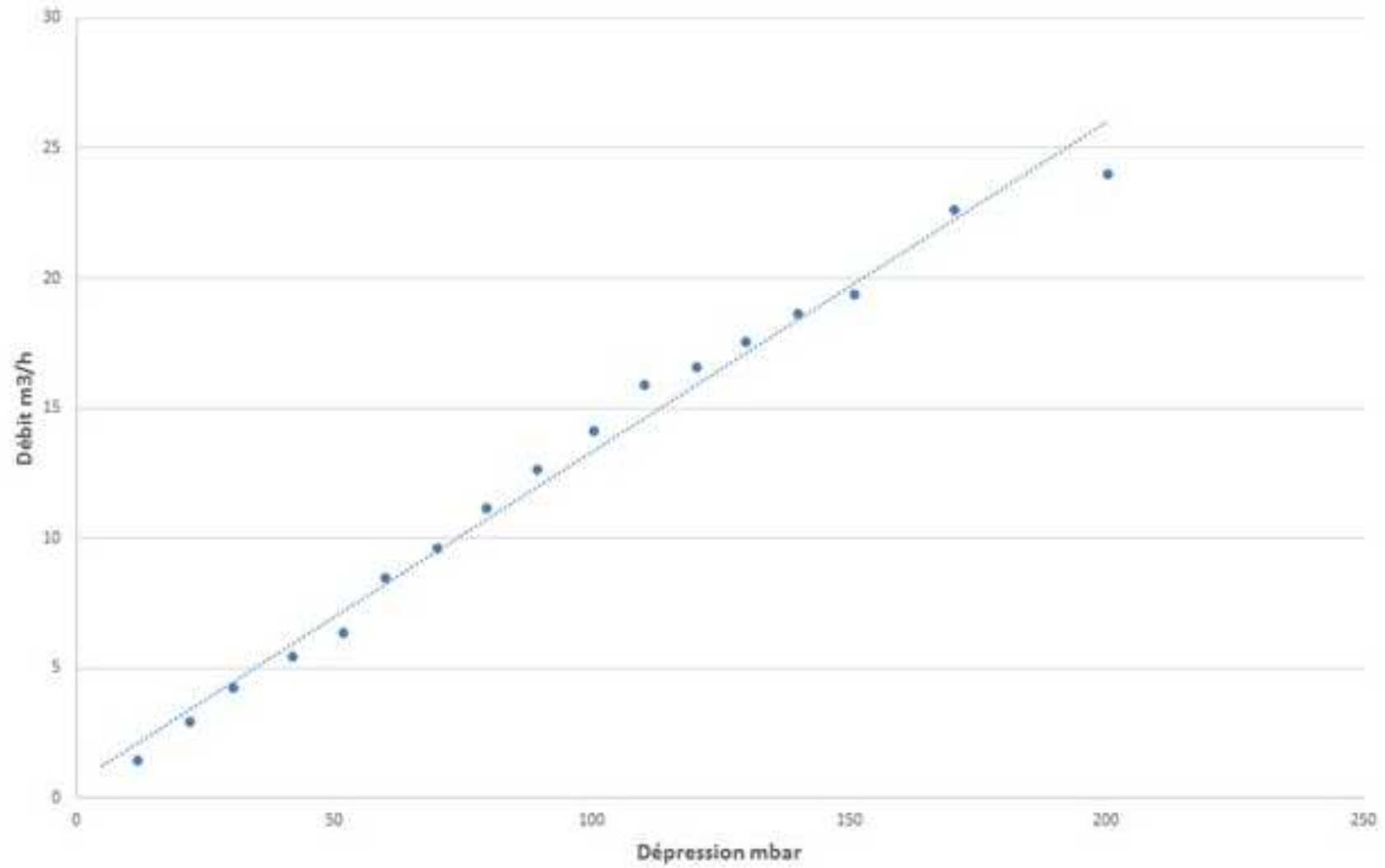
<b>Nom d'ouvrage :</b> PzV6 <b>Foreur :</b> ATME <b>Intervenant BURGEAP :</b> GUG <b>Date :</b> 25/05/2018 <b>Heure :</b> 14h00 <b>Conditions météorologiques :</b>	<b>Technique de forage :</b> Tarière mécanique <b>Nature du recouvrement de surface :</b> Béton <b>Nature équipement en tête d'ouvrage :</b> <b>Nature du repère :</b> Sol <b>Hauteur du repère par rapport au sol :</b>	<b>Profondeur de foration (m/sol) :</b> 1 <b>Prof. Haut de la crépine (m/rep) :</b> 0,3 <b>Prof. Base de la crépine (m/rep) :</b> 1 <b>Diamètre de foration (mm) :</b> 52 <b>Diamètre équipement (mm) :</b> 25
<b>Localisation</b> <b>Système de projection :</b> <b>X :</b> <b>Y :</b> <b>Zrep (m. NGF) :</b>	<b>Vérification de l'étanchéité</b> <b>CO2 stabilisé (%) :</b> <b>CO2 air (%) :</b> <b>O2 stabilisé (%) :</b> <b>O2 air (%) :</b> <b>Temps de stabilisation (min) :</b> <b>Débit de l'essai (l/min) :</b>	<b>Nature équipement :</b> PEHD <b>Fente et largeur de crépine (mm) :</b> 2

COUPE GEOLOGIQUE		POLLUTION			COUPE EQUIPEMENT		
Prof (m)	Description	Observations	Mesures de terrain	Ech. de sols	Prof (m)	Préciser l'équipement	
	granulométrique, lithologique et venues d'eau	(aspect, couleur, odeur)	...	(n°)			
0	Béton				0	###	Cimentation de tête
						###	Bentonite
	Limons argileux	Couleur brun foncé				###	Massif filtrant
1					1		
2							
3							

<b>Légende (coupe technique) :</b> Tube crépiné Tube plein Bouchon de fond Cimentation Bentonite -ciment Bentonite Massif filtrant	<b>Remarques :</b> Volume de massif filtrant utilisé : Volume de coulis bentonite utilisé : Si éch. de sol, mode de confection et flaconnage : ...
---	--

## **Annexe 2. Monitoring du venting**

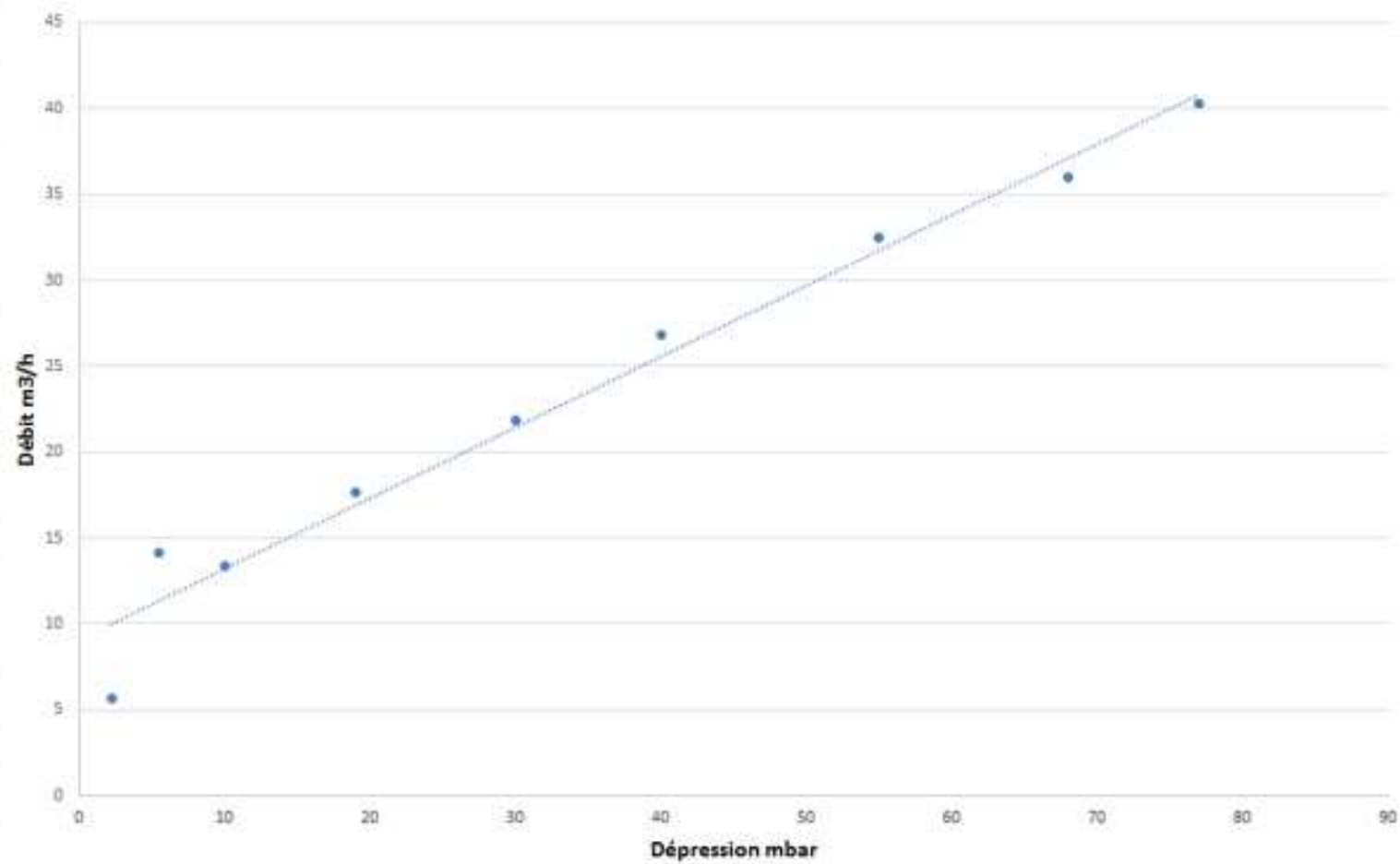
Essais par palier - PZV4 courbe débit-dépression



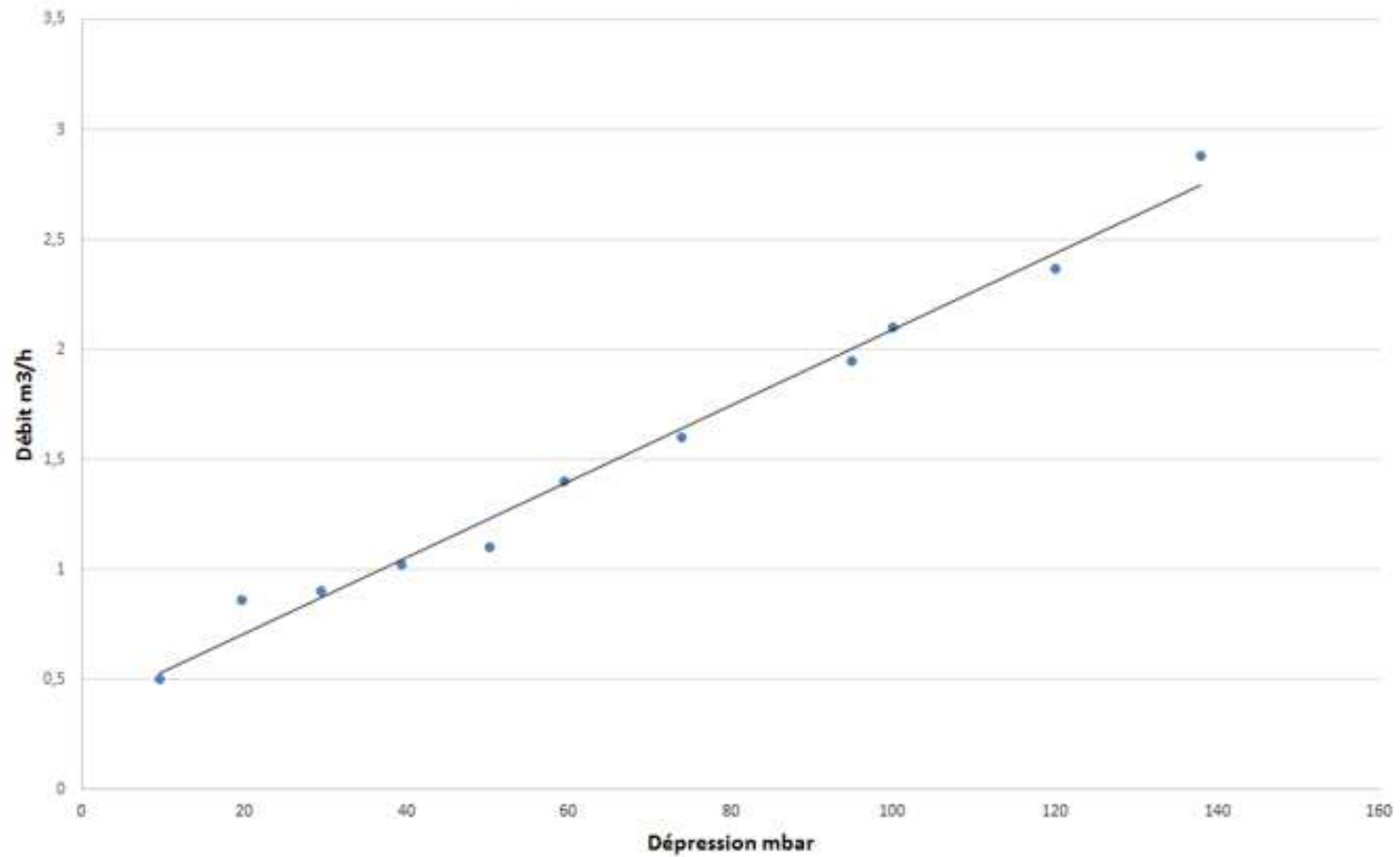
PUITS D'EXTRACTION				SKID DE VENTING		PUITS DE CONTRÔLE							
Diamètre (mm)		50		Points de mesure		PZV6				PZV5			
PZV4													
Temps (min)	Pression en tête d'ouvrage (en mbar)	Vitesse m/s	Q m3/h	T°C air extrait	Mesure PID ppmV (Isobut.)	O2 %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	CO	O2 %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	O2 %
0					972	20,9		503	0	20,9		115	20,9
10	5	0,08		21	140	20,90	0	660,00	1,00	20,40	-0,1	60	20,9
20	11,8	0,2	1,413	20,4	194	20,90	0	880,00	3,00	19,80	-0,1	341	21
30	22	0,41	2,89665		284	20,90	0	>1000	3	19,40	0	400	20,9
40	30,4	0,6	4,239		420	20,20	0	>1000	4	19,10	0	453	20,9
50	41,9	0,77	5,44005	19,6	>1000	20,00	0	>1000	4	18,80	0	503	20,9
60	51,7	0,9	6,3585		>1000	20,10	0	>1000	3	19	0	463	20,9
70	60	1,2	8,478	19,6	>1000	19,90		>1000	2,00	19,00	0	466	20,9
80	70	1,36	9,6084	19,7	>1000	19,80	0,00	>1000	2,00	19,30	0	450	20,8
90	79,7	1,58	11,1627		>1000	19,80	0,00	>1000	2,00	19,10	0	431	20,9
100	89,5	1,79	12,64635		>1000	19,80	0,00	>1000	2,00	19,10	-0,1	449,00	20,9
110	100,4	2	14,13		>1000	19,70	0,00	>1000	1,00	19,20	0,00	446,00	20,9
120	110,3	2,25	15,89625		>1000	19,90	0,00		1,00	19,30	0,00	442,00	20,90
130	120,5	2,35	16,60275		>1000	19,80	0,00	-1000	1,00	19,50	0,00	453,00	20,90
140	130	2,48	17,5212		>1000	20,00	0,00	-1000	1,00	19,50	0,00	508,00	20,90
150	140,1	2,64	18,6516		>1000	20,10	0,00	>1000	1,00	19,60	0,00	425,00	20,90
160	151	2,74	19,3581	19,50	>1000	20,10	0,00	>1000	0,00	19,70	0,00	441,00	20,90
170	170,6	3,2	22,608	19,50	>1000	20,10	0,00	>1000	0,00	19,70	0,00	424,00	20,90
180	200,2	3,4	24,021	19,60	>1000	20,10	0,00	>1000	0,00	19,80	0,00	432,00	20,90

PUITS D'EXTRACTION		SKID DE VENTING			PUITS DE CONTRÔLE										
		Points de mesure			Piézair 1,5m = PZG1				PZv3 3m			PZv2 5m			
PZV1															
Temps( min)	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	CO2 ppm	O2 %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	CO2 ppm	O2 %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	O2 %	Pression en tête d'ouvrage (mbar)	Mesure PID ppmV (Isobut.)	O2 %	
0	0	750	7100		0	380	6700	20,50	0,00	>1000	20,50				
10	2,2	>1000								>1000					
20	5,5	>1000		20,20	0,00	370		20,50		>1000		0,00	> 1000		
30	10	>1000							0,00	625	20,50				
40	19	>1000								625	19,90		>1000	19,70	
50	30	>1000								664,00	20,20	0,00	>1000	19,40	
60	40	>1000			0,00	270	2700	19,60	0,00	710			>1000	19,60	
70	55	>1000	1400	20,40	0,00	130			-0,10	>1000	20,00		>1000	19,70	
80	68	>1000			0,00	98		19,60		966,00	18,20	0,00	>1000	19,60	
94	77	>1000	1400	20,40			2500	19,60	0,00	892,00	19,50	0,00	>1000	19,60	

Essais par palier -PZV1-couples débits/ dépression



Essais par palier -PZV2-couples débits/ dépression



## **Annexe 3.**

# **Bordereaux des analyses d'air lors du venting**



# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 05.06.2018  
N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557828

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<4,0 <sup>pg)</sup>	4		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<4,0 <sup>pg)</sup>	4		Méthode interne

pg) La limite de détection a été augmentée car la quantité de charbon actif contenue dans le tube était supérieure à 100mg+50mg.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 31.05.2018

Fin des analyses: 05.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.



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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 05.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557828

N° Cde 771631 2018/05/30 - B18/2674 - MO/CACH - Prélèvements venting  
N° échant. 557828 Air  
Date de validation 31.05.2018  
Prélèvement 29.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons Venting longue durée - TF - 5 min - ZC

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	n.d.			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,50 <sup>pgl</sup>	0,5		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne

### TPH

Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) *	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) *	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 05.06.2018  
N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557827

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<8,0 <sup>pg)</sup>	8		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<8,0 <sup>pg)</sup>	8		Méthode interne

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

pg) La limite de détection a été augmentée car la quantité de charbon actif contenue dans le tube était supérieure à 100mg+50mg.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 31.05.2018

Fin des analyses: 05.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.



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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 05.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557827

N° Cde 771631 2018/05/30 - B18/2674 - MO/CACH - Prélèvements venting  
N° échant. 557827 Air  
Date de validation 31.05.2018  
Prélèvement 29.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons Venting longue durée - TF - 5 min - ZM

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	0,47	0,05	+/- 13	Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	2,9	0,1	+/- 28	Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	0,80	0,1	+/- 25	Méthode interne
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	3,7			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	0,92	0,1	+/- 30	Méthode interne
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)	µg/tube	210		+/- 11	Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<1,0 <sup>pgl</sup>	1		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	3,0	0,2	+/- 10	Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	210	0,2	+/- 10	Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	130	0,05	+/- 10	Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	8400	0,2	+/- 38	Méthode interne

### TPH

Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *	µg/tube	47 <sup>x)</sup>		+/- 30	Méthode interne
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *	µg/tube	9,0 <sup>x)</sup>		+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) *	µg/tube	<8,0 <sup>pgl</sup>	8		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) *	µg/tube	8,7	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	19	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) *	µg/tube	10	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) *	µg/tube	9,3	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) *	µg/tube	0,47	0,05	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) *	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	8,5	2	+/- 30	Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 05.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557826

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<4,0 <sup>pg)</sup>	4		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<4,0 <sup>pg)</sup>	4		Méthode interne

pg) La limite de détection a été augmentée car la quantité de charbon actif contenue dans le tube était supérieure à 100mg+50mg.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 31.05.2018

Fin des analyses: 05.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.



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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 05.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557826

N° Cde 771631 2018/05/30 - B18/2674 - MO/CACH - Prélèvements venting  
N° échant. 557826 Air  
Date de validation 31.05.2018  
Prélèvement 29.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons Venting longue durée - T0 - 30 sec - ZC

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<b>Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,50 <sup>pgl</sup>	0,5		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne

### TPH

<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C5-C6 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C6-C8 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C10-C12 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C12-C16 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C6-C7 (tube) *</i>	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C7-C8 (tube) *</i>	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 05.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557825

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<8,0 <sup>pg)</sup>	8		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<8,0 <sup>pg)</sup>	8		Méthode interne

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

pg) La limite de détection a été augmentée car la quantité de charbon actif contenue dans le tube était supérieure à 100mg+50mg.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 31.05.2018

Fin des analyses: 05.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.



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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 05.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557825

N° Cde 771631 2018/05/30 - B18/2674 - MO/CACH - Prélèvements venting  
N° échant. 557825 Air  
Date de validation 31.05.2018  
Prélèvement 29.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons Venting longue durée - T0 - 30 sec - ZM

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	1,5	0,1	+/- 28	Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	1,5 <sup>xj</sup>			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)	µg/tube	49 <sup>xj</sup>		+/- 11	Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<1,0 <sup>pgl</sup>	1		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	49,2	0,2	+/- 10	Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	24,5	0,05	+/- 10	Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	1500	0,2	+/- 38	Méthode interne

### TPH

Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) *	µg/tube	<8,0 <sup>pgl</sup>	8		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) *	µg/tube	<8,0 <sup>pgl</sup>	8		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	<8,0 <sup>pgl</sup>	8		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) *	µg/tube	<8,0 <sup>pgl</sup>	8		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) *	µg/tube	<8,0 <sup>pgl</sup>	8		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) *	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) *	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	<8,0 <sup>pgl</sup>	8		Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 05.06.2018  
N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557824

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<4,0 <sup>pg)</sup>	4		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<4,0 <sup>pg)</sup>	4		Méthode interne

pg) La limite de détection a été augmentée car la quantité de charbon actif contenue dans le tube était supérieure à 100mg+50mg.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 31.05.2018

Fin des analyses: 05.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.

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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 05.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557824

N° Cde 771631 2018/05/30 - B18/2674 - MO/CACH - Prélèvements venting  
N° échant. 557824 Air  
Date de validation 31.05.2018  
Prélèvement 29.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons Venting par paliers - T0 - ZC

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<b>Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,50 <sup>pgl</sup>	0,5		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne

### TPH

<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C5-C6 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C6-C8 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C10-C12 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C12-C16 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C6-C7 (tube) *</i>	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C7-C8 (tube) *</i>	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 05.06.2018  
N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557823

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<8,0 <sup>pg)</sup>	8		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<8,0 <sup>pg)</sup>	8		Méthode interne

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

pg) La limite de détection a été augmentée car la quantité de charbon actif contenue dans le tube était supérieure à 100mg+50mg.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 31.05.2018

Fin des analyses: 05.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.

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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 05.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 771631 - 557823

N° Cde 771631 2018/05/30 - B18/2674 - MO/CACH - Prélèvements venting  
N° échant. 557823 Air  
Date de validation 31.05.2018  
Prélèvement 29.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons Venting par paliers - T0 - ZM

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pg</sup>	0,4		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	0,70	0,05	+/- 13	Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	2,5	0,1	+/- 20	Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	2,0	0,1	+/- 24	Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	25,8	0,1	+/- 28	Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	5,6	0,1	+/- 25	Méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>31</b>			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pg</sup>	0,4		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	0,63	0,1	+/- 30	Méthode interne
<b>Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>280</b>		+/- 11	Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<1,0 <sup>pg</sup>	1		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	3,7	0,2	+/- 10	Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pg</sup>	0,8		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	280	0,2	+/- 10	Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pg</sup>	0,8		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pg</sup>	0,8		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pg</sup>	0,8		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pg</sup>	0,8		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	24,6	0,05	+/- 10	Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pg</sup>	0,8		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	120	0,2	+/- 38	Méthode interne

### TPH

<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>40<sup>x)</sup></b>		+/- 30	Méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>42<sup>x)</sup></b>		+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C5-C6 (tube) *</i>	µg/tube	<8,0 <sup>pg</sup>	8		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C6-C8 (tube) *</i>	µg/tube	14	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	26	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C10-C12 (tube) *</i>	µg/tube	<8,0 <sup>pg</sup>	8		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C12-C16 (tube) *</i>	µg/tube	<8,0 <sup>pg</sup>	8		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C6-C7 (tube) *</i>	µg/tube	0,70	0,05	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C7-C8 (tube) *</i>	µg/tube	2,5	0,1	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	39	2	+/- 30	Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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

page 1 de 2



## **Annexe 4. Bordereaux des analyses d'eaux lors du pilote ENOVEO**



		Bouteille suivi physico													Pilote				
B2	Point	T0													T1 - pilote	T2-pilote	T3-Pilote	T4 pilote	T5 pilote
	Date	06/04/2018	07/04/2018	09/04/2018	13/04/2018	16/04/2018	19/04/2018	24/04/2018	07/05/2018	16/05/2018	01/06/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018	16/04/2018	07/05/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018
	Jours	0	1	3	7	10	13	18	31	40	56	60	87	143	10	31	60	87	143
	O2		0,76	0,6	0,5	0,71	0,65	0,9	0,73	0,92		0,54	0,36	0,27	0,93	0,63	0,61	0,29	0,27
	redox		7	-370	-472	-481	-474	-279	-304	-118	-110	-120	-354	-390	-449	-346	-267	-461	-390
	pH		6,71	6,7	6,3	6,27	6,28	6,12	6,21	6,3	6,35	6,37	6,38	6,35	5,92	5,99	5,92	6,29	6,35
C1	Point	T0													T1 pilote	T2-Pilote	T3-Pilote	T4 pilote	T5 pilote
	Date	16/04/2018	18/04/2018	19/04/2018	24/04/2018	07/05/2018	01/06/2018	14/06/2018	02/07/2018	27/08/2018					26/04/2018	16/05/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018
	Jours	0	2	3	8	21	46	59	77	133					10	30	50	77	133
	O2		0,58	0,46	0,55	0,69		0,56	0,5	0,27					0,47	0,64	0,5	0,46	0,29
	redox		-395	-348	-334	-290	-99	-156	-126	-328					-226	-152	-126	-175	6
	pH		6,59	6,19	5,71	5,75	6	5,95	5,94	6,26					5,56	5,89	5,94	5,87	5,68

		Bouteille suivi physico													Pilote				
Cont	Point														T1 - pilote	T2-pilote	T3-Pilote	T4 pilote	T5 pilote
	Date	06/04/2018	07/04/2018	09/04/2018	13/04/2018	16/04/2018	19/04/2018	24/04/2018	07/05/2018	16/05/2018	01/06/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018	16/04/2018	07/05/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018
	Jours	0	1	3	7	10	13	18	31	40	56	60	87	143	10	31	60	87	143
	O2		0,93	0,9	0,7	0,85	0,58	0,77	0,74	2,36		1,49	1,46	0,86	1,05	1,4	1,85	0,48	0,76
	redox		198	100	105	70	82	125	155	54	130	53	82	33	242	-192	181	88	196
	pH		6,65	6,6	6,7	6,7	6,72	6,63	6,67	6,22	6,65	6,68	6,56	6,62	6,49	6,59	6,53	6,63	6,39
A1	Point	T0													T1 - pilote	T2-pilote	T3-Pilote	T4 pilote	T5 pilote
	Date	06/04/2018	07/04/2018	09/04/2018	13/04/2018	16/04/2018	19/04/2018	24/04/2018	07/05/2018	16/05/2018	01/06/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018	16/04/2018	07/05/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018
	Jours	0	1	3	7	10	13	18	31	40	56	60	87	143	10	31	60	87	143
	O2		0,63	0,6	0,6	2,02	0,76	0,65	0,43	1,4		0,43	0,36	0,31	0,5	0,54	0,39	0,46	0,39
	redox		-300	-480	-440	-451	-456	-305	-334	-221	-340	-433	-630	-375	-501	-367	-357	-423	-374
	pH		6,8	6,9	7	6,93	7,03	6,79	6,85	6,43	7,14	7	6,92	8,92	6,74	6,89	7,23	6,4	9,13
A2	Point	T0													T1 - pilote	T2-pilote	T3-Pilote	T4 pilote	T5 pilote
	Date	06/04/2018	07/04/2018	09/04/2018	13/04/2018	16/04/2018	19/04/2018	24/04/2018	07/05/2018	16/05/2018	01/06/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018	16/04/2018	07/05/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018
	Jours	0	1	3	7	10	13	18	31	40	56	60	87	143	10	31	60	87	143
	O2		1,45	0,8	0,5	0,88	0,47	0,4	0,44	1,6		0,9	0,34	0,25	0,55	0,55	0,55	0,38	0,36
	redox		-228	-480	-460	-444	-453	-297	-334	-265	-353	-400	-604	-446	-440	-370	-358	-443	-418
	pH		6,72	6,9	7	6,99	7	6,8	6,64	6,55	6,8	7,16	6,98	9,08	6,73	7,01	6,97	6,67	8,1
B1	Point	T0													T1 - pilote	T2-pilote	T3-Pilote	T4 pilote	T5 pilote
	Date	06/04/2018	07/04/2018	09/04/2018	13/04/2018	16/04/2018	19/04/2018	24/04/2018	07/05/2018	16/05/2018	01/06/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018	16/04/2018	07/05/2018	05/06/2018	02/07/2018	27/08/2018
	Jours	0	1	3	7	10	13	18	31	40	56	60	87	143	10	31	60	87	143
	O2		1,23	0,7	0,4	0,66	0,51	0,81	0,51	0,62		0,56	0,5	0,3	1,35	5,75	0,61	0,63	0,3
	redox		-34	-100	-460	-508	-456	-277	-320	-238	-88	-32	-301	-320	-371	-59	-310	-400	-320
	pH		6,69	6,7	6,6	6,3	6,35	6,28	6,2	6,23	6,2	6,24	6,24	7,86	6,7	6,6	5,93	6,05	7,86



### 5.3 Résultats du suivi physicochimique

	2019		pceA		tceA		bvca		vcrA		KR		808		816		821	
	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN
Eau T0	8,50E+1 0	1,37E+1 2	8,39E+0 6	1,50E+0 6	n.d.	8,23E+0 7	6,14E+0 7	2,99E+0 5	1,28E+0 7	5,08E+0 6	5,91E+0 7	1,24E+0 8	<L.Q.	<L.Q.	7,67E+0 5	1,73E+0 7	2,92E+0 9	2,80E+0 6
Cont T2	3,88E+1 0	1,96E+1 1	3,91E+0 8	8,65E+0 5	5,83E+0 7	n.d.	1,16E+0 8	2,19E+0 5	5,94E+0 8	8,79E+0 5	2,26E+0 6	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	3,20E+0 8	1,12E+0 7	2,84E+0 9	7,47E+0 5
A1 T2	9,87E+0 9	1,76E+1 1	9,39E+0 7	2,29E+0 5	1,10E+0 7	n.d.	4,03E+0 7	1,57E+0 5	1,89E+0 8	4,59E+0 5	8,78E+0 5	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	1,56E+0 7	1,62E+0 7	7,02E+0 8	2,14E+0 5
A2-T2	6,24E+0 6	1,28E+0 9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4,68E+0 4	8,21E+0 4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	2,25E+0 8	7,53E+0 6	7,50E+0 5	1,01E+0 4
B1-T2	3,64E+1 0	8,07E+1 1	7,99E+0 7	2,29E+0 5	1,12E+0 7	n.d.	2,96E+0 7	1,53E+0 5	1,19E+0 8	6,20E+0 4	1,03E+0 5	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	4,67E+0 5	5,81E+0 6	1,15E+0 9	3,22E+0 5
B2-T2	7,74E+1 1	7,74E+1 1	9,64E+0 7	1,76E+0 5	9,13E+0 6	n.d.	2,49E+0 7	6,47E+0 4	1,16E+0 8	3,55E+0 5	7,50E+0 5	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	2,94E+0 8	8,44E+0 7	2,42E+0 8	1,19E+0 5
C-T2	7,74E+1 1	7,74E+1 1	3,18E+0 6	1,37E+0 4	5,91E+0 5	n.d.	n.d.	7,78E+0 4	4,94E+0 7	n.d.	n.d.	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	4,78E+0 7	8,37E+0 6	1,44E+0 7	2,53E+0 4
Cont-T4	7,91E+0 9	5,48E+1 1	2,30E+0 5	7,31E+0 4	4,84E+0 4	2,24E+0 4	1,71E+0 5	n.d.	n.d.	n.d.	6,28E+0 6	1,62E+0 6	<L.Q.	<L.Q.	3,99E+0 6	8,68E+0 7	1,85E+0 8	2,79E+0 5
A1-T4	4,86E+0 7	6,03E+0 7	n.d.	8,42E+0 4	n.d.	n.d.	2,09E+0 4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	5,92E+0 5	n.d.	2,21E+0 6	1,49E+0 5
A2-T4	2,57E+1 0	8,43E+1 1	1,62E+0 5	1,98E+0 4	4,64E+0 4	1,86E+0 6	1,62E+0 5	n.d.	3,39E+0 5	n.d.	1,56E+0 6	4,36E+0 5	<L.Q.	<L.Q.	8,22E+0 6	n.d.	1,22E+0 8	2,27E+0 5
B1-T4	2,86E+1 0	8,51E+1 1	2,31E+0 5	1,31E+0 5	1,46E+0 5	2,44E+0 5	8,49E+0 5	<L.Q.	8,65E+0 5	4,97E+0 4	2,20E+0 7	2,76E+0 6	<L.Q.	<L.Q.	8,03E+0 6	n.d.	1,12E+0 8	6,36E+0 5
B2-T4	1,80E+1 0	7,98E+1 1	3,09E+0 5	6,33E+0 4	5,32E+0 4	2,69E+0 4	6,40E+0 5	3,65E+0 4	5,02E+0 5	n.d.	8,30E+0 6	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	1,14E+0 7	n.d.	8,18E+0 7	4,25E+0 5
C-T4	1,36E+1 0	4,32E+1 2	5,52E+0 4	2,76E+0 5	5,58E+0 4	1,15E+0 5	6,77E+0 5	3,66E+0 4	1,03E+0 5	n.d.	6,09E+0 5	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	3,72E+0 6	n.d.	1,26E+0 7	3,40E+0 5
Control-T5	1,43E+1 0	3,94E+1 1	1,38E+0 5	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	1,10E+0 5	<L.Q.	1,50E+0 5	<L.Q.	4,44E+0 6	2,39E+0 5	3,90E+0 6	5,42E+0 4	6,41E+0 7	5,54E+0 4	4,03E+0 8	9,48E+0 4
A1-T5	9,99E+0 7	6,54E+0 8	<L.Q.	<L.Q.	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	4,79E+0 4	<L.Q.	7,34E+0 4	1,31E+0 4	6,98E+0 5	5,45E+0 3	7,31E+0 6	6,93E+0 3
A2-T5	1,51E+1 0	2,66E+1 1	n.d.	<L.Q.	<L.Q.	n.d.	1,40E+0 4	<L.Q.	4,06E+0 4	<L.Q.	6,90E+0 4	n.d.	5,08E+0 5	1,40E+0 4	3,74E+0 7	6,97E+0 4	3,15E+0 7	1,20E+0 5
B1-T5	1,13E+1 0	5,61E+1 1	8,09E+0 3	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	4,10E+0 4	<L.Q.	9,74E+0 4	1,29E+0 4	5,10E+0 6	1,65E+0 5	6,13E+0 7	2,01E+0 4	1,62E+0 8	4,81E+0 4	6,58E+0 7	8,82E+0 4
B2-T5	3,30E+1 0	5,03E+1 1	1,20E+0 4	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	1,84E+0 5	<L.Q.	2,38E+0 4	<L.Q.	3,90E+0 5	1,47E+0 5	7,04E+0 5	1,87E+0 4	1,54E+0 7	5,08E+0 5	2,61E+0 7	4,57E+0 4
C-T5	3,26E+1 1	2,21E+1 3	<L.Q.	4,10E+0 4	6,93E+0 3	1,17E+0 5	7,29E+0 6	<L.Q.	3,15E+0 4	<L.Q.	1,79E+0 4	<L.Q.	9,75E+0 5	1,06E+0 5	1,09E+0 8	7,85E+0 6	6,65E+0 7	5,69E+0 5

n.d. : non détecté ; <L.Q. : inférieur à la LQ

## 5.2 Résultats du suivi biologique

		C					
		T0	T1	T2	T3	T4	T5
<b>Autres paramètres</b>							
Nitrates	mg NO3/l	<1.00		<1.77		<13.3	<3.54
Azote nitrique	mg N-NO3/l	<0.20		<0.40		<3.00	<0.80
Ammonium						0,38	
Azote kjehldahl						141	
Chlorures	mg/l	1110		1200		1070	1110
Sulfates	mg/l	207		178		203	211
Carbone organique dissous (COD)	mg C/l	14	2400	1900	28 (COT)	9500	2700
Fer (Fe)	mg/l	12,2	906	916	1400	713	493
Manganèse (Mn)	µg/l	4370		7970	10100	7080	2680
<b>Aromatique</b>							
Benzène	µg/l	3790	2410	1640	1430	1470	540
Toluène	µg/l	3160	1680	1070	1120	1040	417
Ethylbenzène	µg/l	325	110	105	44,8	123	44,3
o-Xylène	µg/l	2270	810	685	373	719	343
Xylène (méta-, para-)	µg/l	2160	631	572	233	633	234
<b>Chloré</b>							
Dichlorométhane	µg/l	<5.00	<5.00	5,8	<5.00	<5.00	<5.00
1,2-dichloroéthane	µg/l	7,3	8,3	<1.00	<2.00	<1.00	2,2
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	25,6	18,3	10,8	<1.00	<5.00	<5.00
1,1-Dichloroéthène	µg/l	87,7	40,9	26,4	5	19,9	4,9
Tetrachloroéthène	µg/l	1350	569	575	210	515	108
Trichloroéthène	µg/l	2220	1090	595	246	345	42,1
cis 1,2-Dichloroéthène	µg/l	479000	274000	265000	198000	264000	54600
Trans-1,2-dichloroéthène	µg/l	1100	425	348	150	220	27,7
Chlorure de vinyle	µg/l	2780	1100	1450	587	675	222
Somme des COHV		486450	277184	267968			
Ethane	µg/l	6		15		49	
Ethylene	µg/l	16		35		180	
Methane	µg/l	13		31		92	

		B2					
		T0	T1	T2	T3	T4	T5
<b>Autres paramètres</b>							
Nitrates	mg NO3/l	<1.00		<1.00		<1.00	<1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	<0.20		<0.20		<0.20	<0.20
Ammonium						0,22	
Azote kjehldahl						4,6	
Chlorures	mg/l	1080		1120		1140	1080
Sulfates	mg/l	231		233		64,7	767
Carbone organique dissous (COD)	mg C/l	16	470	390	370	460	500
Fer (Fe)	mg/l	1,7	2,42	2,69	2,65	0,54	19,7
Manganèse (Mn)	µg/l	4030		3160	5140	3030	1700
<b>Aromatique</b>							
Benzène	µg/l	3680	1730	2400	1720	311	1890
Toluène	µg/l	4540	2220	7520	2610	551	2610
Ethylbenzène	µg/l	1550	410	4690	459	279	627
o-Xylène	µg/l	3970	1120	15800	1430	806	2130
Xylène (méta-, para-)	µg/l	7480	2570	37000	3490	1880	4840
<b>Chloré</b>							
Dichlorométhane	µg/l	<5.00	<5.00	5,2	<5.00	<5.00	<5.00
1,2-dichloroéthane	µg/l	<1.00	6,3	8,6	5,2	<1.00	4,5
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<5.00	<5.00	20,8	27,8	<5.00	12,1
1,1-Dichloroéthène	µg/l	98,2	199	170	234	10,4	278
Tetrachloroéthène	µg/l	27700	40400	133000	15200	18300	7950
Trichloroéthène	µg/l	7820	3850	10000	5520	884	3320
cis 1,2-Dichloroéthène	µg/l	436000	429000	405000	319000	70600	345000
Trans-1,2-dichloroéthène	µg/l	1120	753	1090	772	79,6	537
Chlorure de vinyle	µg/l	3950	3260	4650	2670	260	2150
Somme des COHV		476590	48263	553740	343162		
Ethane	µg/l	5		3		<2	
Ethylene	µg/l	24		33		<2	
Methane	µg/l	14		6		<2	

		B1					
		T0	T1	T2	T3	T4	T5
<b>Autres paramètres</b>							
Nitrates	mg NO3/l	<1.00		<1.00		<1.00	<1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	<0.20		<0.20		<0.20	<0.20
Ammonium						0,08	
Azote kjehldahl						3,1	
Chlorures	mg/l	1080		1050		1060	1090
Sulfates	mg/l	231		233		226	828
Carbone organique dissous (COD)	mg C/l	16	680	680	510	580	720
Fer (Fe)	mg/l	1,7	0,68	1,57	1,94	2,47	30,8
Manganèse (Mn)	µg/l	4030		3980	3870	3820	1700
<b>Aromatique</b>							
Benzène	µg/l	3680	3040	1090	3140	4860	3660
Toluène	µg/l	4540	3450	1060	3710	5420	4360
Ethylbenzène	µg/l	1550	1410	416	1200	1440	1740
o-Xylène	µg/l	3970	4030	1310	4330	3690	5880
Xylène (méta-, para-)	µg/l	7480	10200	2640	10600	11100	9910
<b>Chloré</b>							
Dichlorométhane	µg/l	<5.00	6	8,2	<5.00	<5.00	<5.00
1,2-dichloroéthane	µg/l	<1.00	<1.00	3,3	5,3	<1.00	6,3
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<5.00	<5.00	12,5	24,3	<5.00	24,5
1,1-Dichloroéthène	µg/l	98,2	106	36,9	92,7	90,3	121
Tetrachloroéthène	µg/l	27700	53600	15400	64300	84600	76500
Trichloroéthène	µg/l	7820	8070	1680	8560	13600	10800
cis 1,2-Dichloroéthène	µg/l	436000	429000	170000	407000	390000	420000
Trans-1,2-dichloroéthène	µg/l	1120	891	275	887	745	675
Chlorure de vinyle	µg/l	3950	1950	641	1710	1350	1520
Somme des COHV		476590	493511	187996	482457		
Ethane	µg/l	5		<2.0		2	
Ethylene	µg/l	24		2		25	
Methane	µg/l	14		<2.0		3	

		A2					
		T0	T1	T2	T3	T4	T5
<b>Autres paramètres</b>							
Nitrates	mg NO3/l	<1.00		<1.00		<1.00	<1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	<0.20		<0.20		<0.20	<0.20
Ammonium						0,57	
Azote kjehldahl						1,5	
Chlorures	mg/l	1080		1100		1280	1320
Sulfates	mg/l	231		236		223	670
Carbone organique dissous (COD)	mg C/l	16	18	19	19	21	760
Fer (Fe)	mg/l	1,7	50,9	64,5	74,4	54,1	84,5
Manganèse (Mn)	µg/l	4030		1720	2550	1500	721
<b>Aromatique</b>							
Benzène	µg/l	3680	4500	1880	3080	2780	142
Toluène	µg/l	4540	5650	2130	4270	3580	62,5
Ethylbenzène	µg/l	1550	1910	745	1420	909	9,7
o-Xylène	µg/l	3970	5390	2480	4460	3030	114
Xylène (méta-, para-)	µg/l	7480	12100	5300	10900	7050	96,1
<b>Chloré</b>							
Dichlorométhane	µg/l	<5.00	<5.00	<5.00	8,2	<5.00	<5.00
1,2-dichloroéthane	µg/l	<1.00	5,5	4,4	3,7	<1.00	1,8
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<5.00	21,2	16,2	21,7	<5.00	<5.00
1,1-Dichloroéthène	µg/l	98,2	128	83,9	98,3	8,5	<2.00
Tetrachloroéthène	µg/l	27700	57200	16900	53900	4920	13,4
Trichloroéthène	µg/l	7820	8600	1170	1410	62,1	1,8
cis 1,2-Dichloroéthène	µg/l	436000	456000	286000	398000	197000	1150
Trans-1,2-dichloroéthène	µg/l	1120	1130	422	384	41	<2.00
Chlorure de vinyle	µg/l	3950	3630	1980	2600	1530	78,9
Somme des COHV		476590	526560	306472	456294		
Ethane	µg/l	5		150		1800	
Ethylene	µg/l	24		830		5600	
Methane	µg/l	14		2		29	

		T0	T1	T2	T3	T4	T5
<b>Autres paramètres</b>							
Nitrates	mg NO3/l	<1.00		<1.00		<1.00	<1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	<0.20		<0.20		<0.20	<0.20
Ammonium						<0.05	
Azote kjehldahl						3	
Chlorures	mg/l	1080		1100		1240	1220
Sulfates	mg/l	231		275		210	195
Carbone organique dissous (COD)	mg C/l	16	19	18	22	570	17
Fer (Fe)	mg/l	1,7	36,3	65	80,8	239	11,6
Manganèse (Mn)	µg/l	4030		2170	2280	1510	142
<b>Aromatique</b>							
Benzène	µg/l	3680	3340	3270	2890	2780	1070
Toluène	µg/l	4540	4640	4610	4140	3200	828
Ethylbenzène	µg/l	1550	1710	1660	1190	909	201
o-Xylène	µg/l	3970	4880	5200	3650	2230	870
Xylène (méta-, para-)	µg/l	7480	11400	11600	7860	5200	958
<b>Chloré</b>							
Dichlorométhane	µg/l	<5.00	<5.00	<5.00	7,6	9	<5.00
1,2-dichloroéthane	µg/l	<1.00	4,8	4,8	6,1	5,8	3,7
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<5.00	19,4	19,7	21,6	6,9	<5.00
1,1-Dichloroéthène	µg/l	98,2	119	138	116	13,4	<2.00
Tetrachloroéthène	µg/l	27700	53600	55500	15500	486	6,9
Trichloroéthène	µg/l	7820	6680	4230	3220	105	<1.00
cis 1,2-Dichloroéthène	µg/l	436000	422000	423000	405000	209000	3910
Trans-1,2-dichloroéthène	µg/l	1120	959	566	376	51,1	<2.00
Chlorure de vinyle	µg/l	3950	3470	3520	2700	3030	277
Somme des COHV		476590	486709	486816	426796		
Ethane	µg/l	5		430		250	
Ethylene	µg/l	24		2100		1200	
Methane	µg/l	14		8		3	



## 5 Annexe

### 5.1 Résultats du suivi chimique

		Contrôle					
		T0	T1	T2	T3	T4	T5
<b>Autres paramètres</b>							
Nitrates	mg NO3/l	<1.00		<1.00		<1.00	<1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	<0.20		<0.20		<0.20	<0.20
Ammonium						0,83	
Azote kjehldahl						2,1	
Chlorures	mg/l	1080		1060		1030	1080
Sulfates	mg/l	231		254		247	235
Carbone organique dissous (COD)	mg C/l	16	16	19	17	18	17
Fer (Fe)	mg/l	1,7	0,56	0,86	0,38	1,19	0,6
Manganèse (Mn)	µg/l	4030		2730	2930	3020	2570
<b>Aromatique</b>							
Benzène	µg/l	3680	4530	2850	3170	4050	3090
Toluène	µg/l	4540	5230	3460	4110	5050	3760
Ethylbenzène	µg/l	1550	1370	1060	1190	1310	935
o-Xylène	µg/l	3970	4540	3390	4530	3790	4630
Xylène (méta-, para-)	µg/l	7480	7100	6880	9370	9340	6720
<b>Chloré</b>							
Dichlorométhane	µg/l	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
1,2-dichloroéthane	µg/l	<1.00	5,3	6,9	5,3	<1.00	4,5
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<5.00	21	27,1	24,7	<5.00	<5.00
1,1-Dichloroéthène	µg/l	98,2	141	132	130	102	75,4
Tetrachloroéthène	µg/l	27700	34700	44100	70600	93300	43100
Trichloroéthène	µg/l	7820	9670	8060	9720	105	6560
cis 1,2-Dichloroéthène	µg/l	436000	533000	536000	434000	449000	247000
Trans-1,2-dichloroéthène	µg/l	1120	1290	1070	1060	800	488
Chlorure de vinyle	µg/l	3950	4150	3670	2690	6660	2070
Somme des COHV		476590	582810	592900	518070		
<b>Gaz dissous</b>							
Ethane	µg/l	5		2		2	
Ethylene	µg/l	24		17		23	
Methane	µg/l	14		5		8	

## 4 Conclusion

---

Ginger-Burgeap a chargé ENOVEO de réaliser un test afin d'évaluer l'efficacité d'un traitement par réduction chimique (FZV), par bioremédiation (ajout d'une source de carbone) et par une technique combinée (FZV + source de carbone ou EHCr), d'une nappe contaminée par des éthènes chlorés et BTEX.

Les résultats des analyses de biologie moléculaire montrent que les potentiels de bioremédiation pour la dégradation des chloroéthènes et pour la dégradation des BTEX en condition anaérobie sont présents. Pourtant, les résultats expérimentaux de cette étude montrent que la dégradation des chloroéthènes semble principalement conditionnée par la présence de FZV, indépendamment de la présence d'une source de carbone, à une concentration comprise entre 16 et 19g/L de FZV.

Les pilotes A1 et A2 présentent un abattement de 99% des concentrations en chloroéthènes après avoir effectué le deuxième amendement en FZV peu avant le T3. Les deux conditions diffèrent par l'ajout d'une source de carbone dans la condition A2 après la réalisation du T3. La présence de la source de carbone a favorisé la formation importante d'éthène dans ce pilote. Cette différence pourrait être due à une priorisation de l'hydrogénéolyse dans le cas du pilote A2.

Le pilote C amendé avec l'EHCr présente également un abattement conséquent de 88% de la somme des chloroéthènes. L'efficacité de l'abattement reste globalement inférieure à celui obtenu avec le FZV seul, malgré des concentrations initiales inférieures.

En termes de cinétique de réaction, il est difficile de conclure en raison de l'amendement en deux fois du FZV dans les pilotes A1 et A2. En effet le premier amendement réalisé (calcul de l'amendement basé sur les résultats des analyses chimiques à T0) n'a pas eu d'effet mesurable à l'exception de la chute du potentiel d'oxydoréduction et d'un effet délétère sur les populations en présence (Figure 18). Le deuxième amendement, conséquent puisqu'il représente 5 fois la masse initiale et ayant permis d'atteindre une concentration théorique similaire à celle du pilote C, a eu immédiatement des effets sur les concentrations en chloroéthènes et sur les BTEX. Une concentration cible comprise entre 16 et 19 g/L de fer devrait donc permettre d'obtenir les mêmes effets que dans les conditions A1 et A2.

La concentration finale en FZV semble critique probablement en raison des fortes concentrations en polluant. Ainsi la concentration en FZV devrait être d'environ 16 g/L. Ceci représente un rapport stœchiométrique de 1,6mg de FZV par  $\mu$ mole de chlore dans les molécules chlorés cibles.

L'utilisation d'une source de carbone ne permet pas d'améliorer les cinétiques. Néanmoins, dans une application *in situ*, cet amendement pourrait permettre de maintenir et de stimuler des activités métaboliques déjà en place comme le montre les résultats de biologie moléculaire à T0. Les effets toxiques relevés sur la flore bactérienne totale sont généralement très localisés et la présence d'une source de carbone adéquate pourrait maintenir une activité de microbienne dans un panache de traitement.

Pour tous les pilotes, les concentrations en ADN et ARN du biomarqueur EP808 confirment son absence d'implication dans la baisse des concentrations en BTEX. Pourtant le biomarqueur EP821 indique qu'une activité de dégradation du benzoylCoA a bien lieu. Ce dernier est spécifique de la dégradation du benzoylCoA qui est le métabolite commun à l'ensemble processus connus de dégradation anaérobie des composés aromatiques. La densité et l'activité de EP821 sont des indicateurs qu'une activité de dégradation de molécules aromatiques est bien effective mais les résultats de chimie sur B1 et B2 montrent que cette activité n'est pas responsable de la baisse observée en A1 et A2.

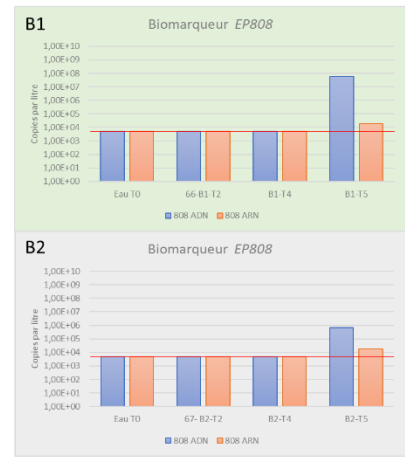
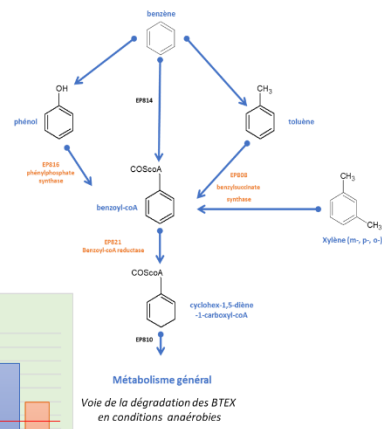
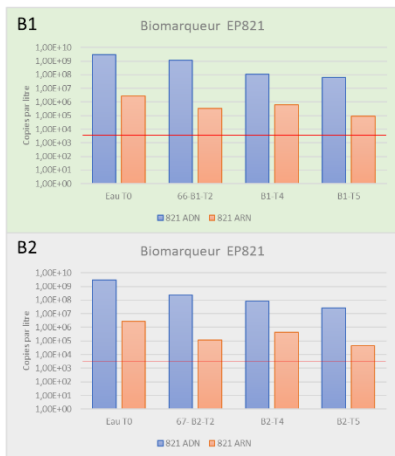
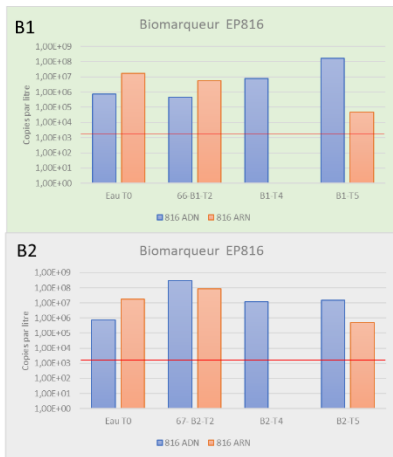
En parallèle des phénomènes étudiés par le biais des analyses de biologie moléculaire, une autre hypothèse expliquant l'évolution des concentrations en BTEX pourrait être émise. En effet, dans certains cas, les molécules aromatiques pourraient être utilisés comme donneur d'électron pour la réduction des solvants chlorés. Toutefois, dans le cadre de cette étude, il est peu probable qu'un tel processus puisse affecter simultanément toutes les molécules aromatiques.

La présence et l'activité du biomarqueur EP821 qui est impliqué dans la biodégradation d'un métabolite central des mécanismes de biodégradation anaérobie des BTEX, laisse penser qu'une origine microbienne puisse être à l'origine des abattements en BTEX observés dans les pilotes A1, A2 et C. En effet, le FZV n'ayant pas de réactivité chimique connue avec les molécules aromatiques, l'ajout de cet élément dans le milieu peut avoir généré un environnement favorable à l'activation de voie de biodégradation alternatives.

Par ailleurs, même si le FZV ne réagit pas directement avec les composés aromatiques, il est pertinent de garder à l'esprit que les acides de Lewis sont des catalyseurs de certaines réactions chimiques des composés aromatiques. Ainsi, la transformation dans les pilotes, du Fer Zéro Valent en Chlorure de Fer II ou Chlorure de Fer III peut impliquer des réactions chimiques et donc une dégradation des BTEX.

#### Conclusion sur la dégradation des BTEX :

- Les conditions Contrôle, B1 et B2 ne montrent pas d'évolution significative des concentrations quel que soit le BTEX.
- Les BTEX sont abattus significativement dans trois conditions : A1, A2 et C.
- La baisse des BTEX est significative après le deuxième amendement dans les conditions A1 et A2.
- L'ajout du FZV a donc permis la baisse des concentrations des BTEX.
- Les différents BTEX sont affectés par le même processus.
- Les processus de dégradation biologiques connus ne permettent pas d'expliquer la baisse des concentrations en BTEX.
- Les BTEX n'interagissent pas directement avec les FZV, d'autres processus sont donc en cause (acide de Lewis).



- Limite de quantification

Figure 28: Suivi des biomarqueurs de la dégradation anaérobie des BTEX dans les pilotes B1 et B2.

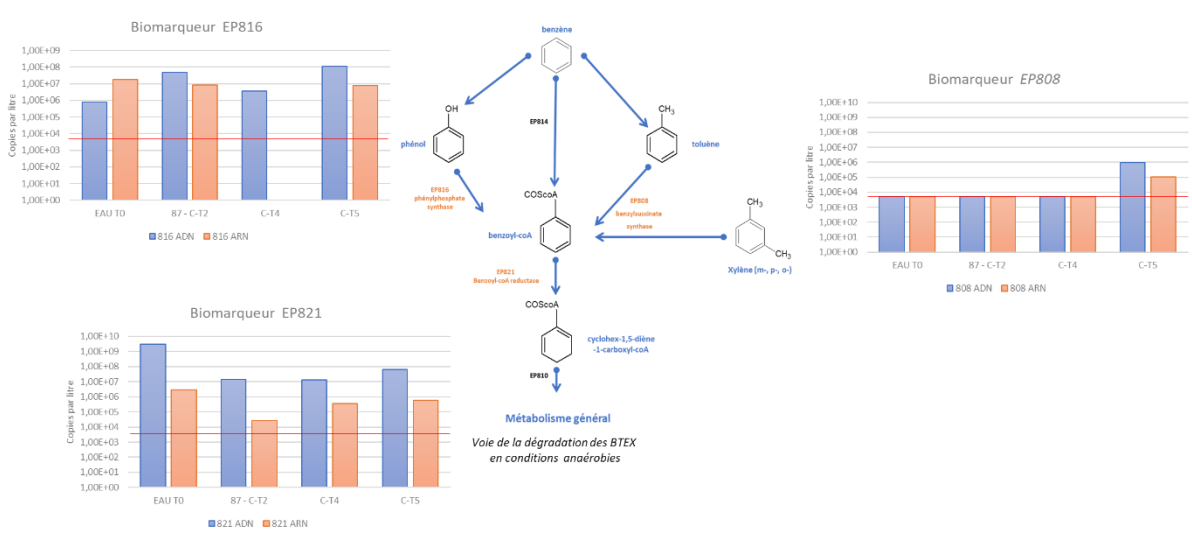
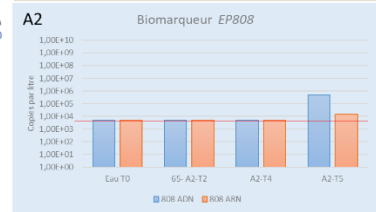
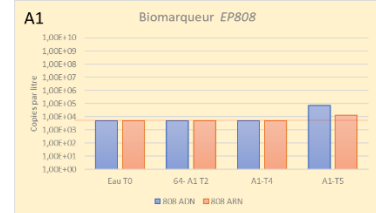
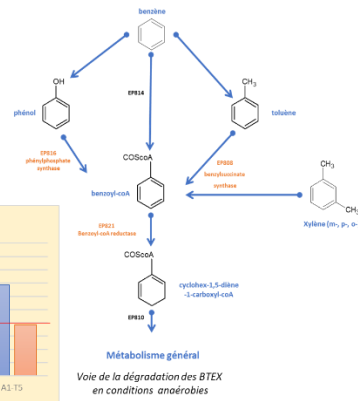
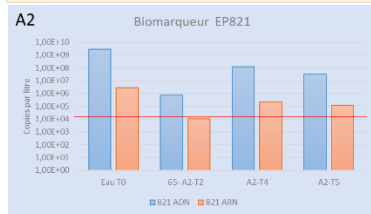
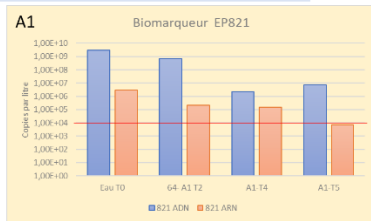
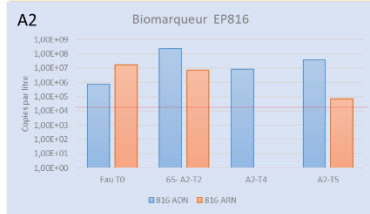
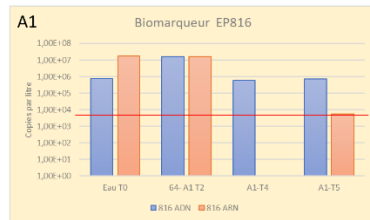


Figure 29: Suivi des biomarqueurs de la dégradation anaérobie des BTEX dans le pilote C.



- Limite de quantification

Figure 27: Suivi des biomarqueurs de la dégradation anaérobie des BTEX dans le pilote A1 et A2.

Une forte baisse pour tous les BTEX est observée pour les conditions A1 et A2 après le point T3 qui correspond au deuxième amendement en FZV.

Chimiquement, les BTEX ne sont pas connus pour réagir avec le FZV, cependant des processus biologiques peuvent s'activer et conduire à la dégradation biologique de ces molécules en présence de fer.

Dans tous les pilotes, le suivi des biomarqueurs de la dégradation des BTEX montrent la présence et l'activité de gènes spécifiques de la dégradation du benzène en condition anaérobie (Figure 26, Figure 27, Figure 28, Figure 29) sans qu'il n'y ait de différences notables entre les conditions.

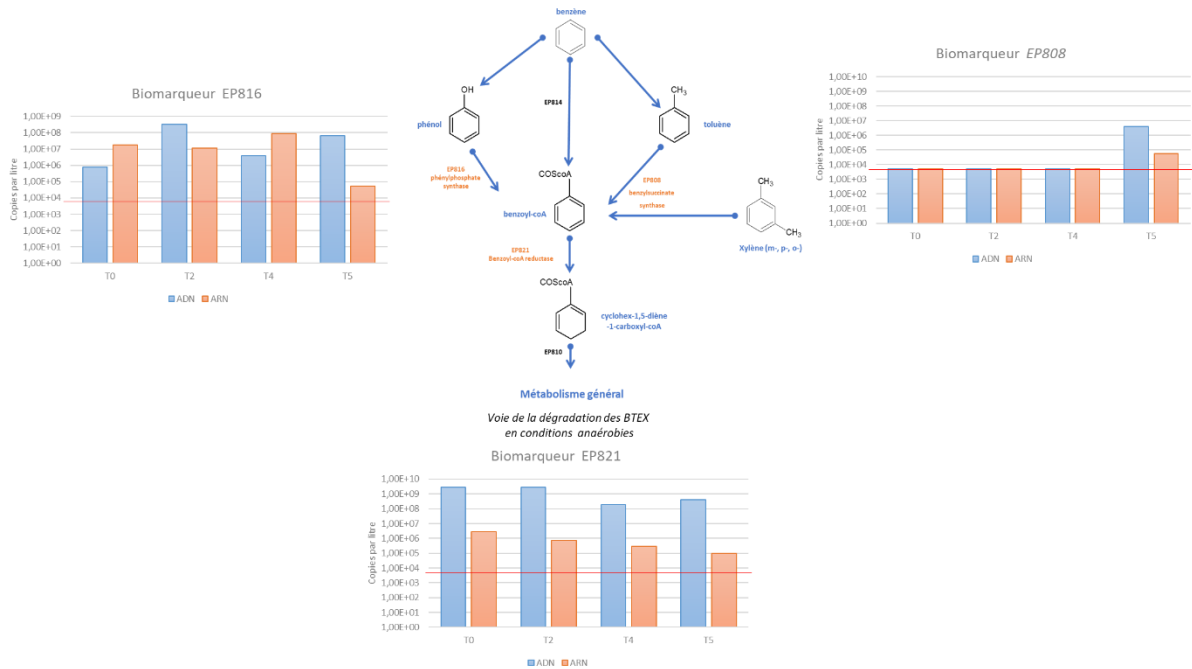


Figure 26: Suivi des biomarqueurs de la dégradation anaérobie des BTEX dans le pilote Contrôle.

Le Contrôle et les deux conditions B1 et B2 ne montrent pas d'évolution significative des BTEX, tandis que A1 et A2, d'une part, et C, d'autre part, présentent un abattement des concentrations avec des cinétiques différentes.

La Figure 25 présentent l'évolution des concentrations molaires de chaque composé ainsi que la médiane des concentrations. Cette figure met en évidence une évolution importante des BTEX dans les conditions A1, A2 et C.

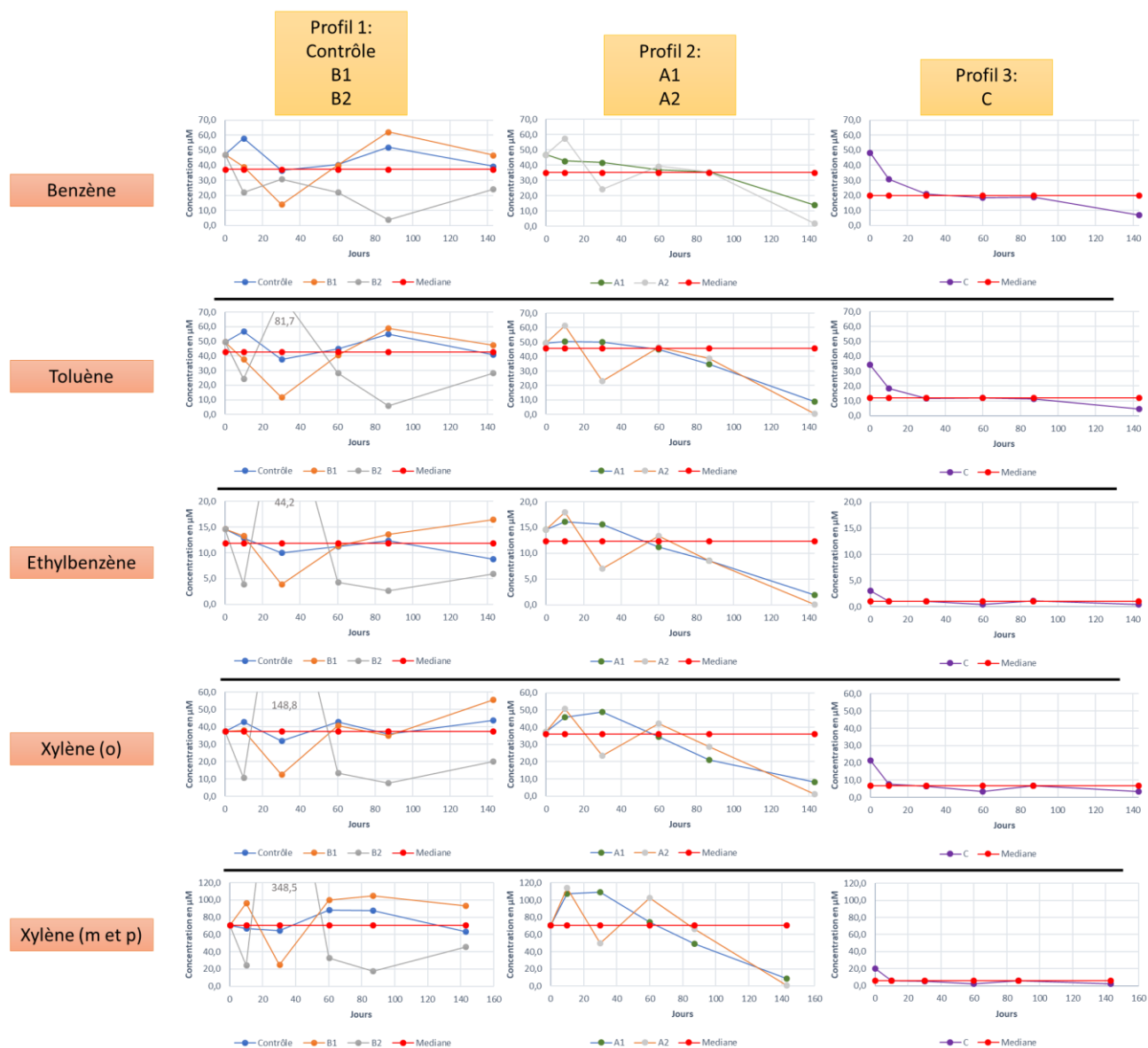


Figure 25: Évolution des concentrations molaires ( $\mu\text{M}$ ) de chacun des BTEX par profil. La médiane de l'ensemble des valeurs est représentée en rouge.

La condition B2 présente une évolution légèrement différente de celle du Contrôle et du pilote B1. Il est possible que l'huile de soja (présent dans la source de carbone) présente dans le pilote B2 (et non en B1) soit responsable de la baisse en BTEX observés par solubilisation. La consommation/fermentation de l'huile au cours du temps a pu conduire à la libération de composés amenant ainsi les concentrations vers le niveau des autres pilotes Contrôle et B1 en fin d'expérimentation (T5).

### 3.2.2 Évolution des composés aromatiques volatils (BTEX)

La dégradation des BTEX est également un enjeu sur ce site. La Figure 24 présente les évolutions en concentrations massiques des différents BTEX durant la réalisation du pilote. Les pilotes B1 et B2 présentent chacun un point de mesure considéré comme non significatif en T2. Le pilote C présente des concentrations en BTEX inférieures aux autres pilotes en début d'expérimentation.



Figure 24: Évolution des concentrations massiques des BTEX.



Le suivi des gènes de dégradation dans cette condition montre également une décroissance de la densité et de l'activité des gènes au cours de l'étude.

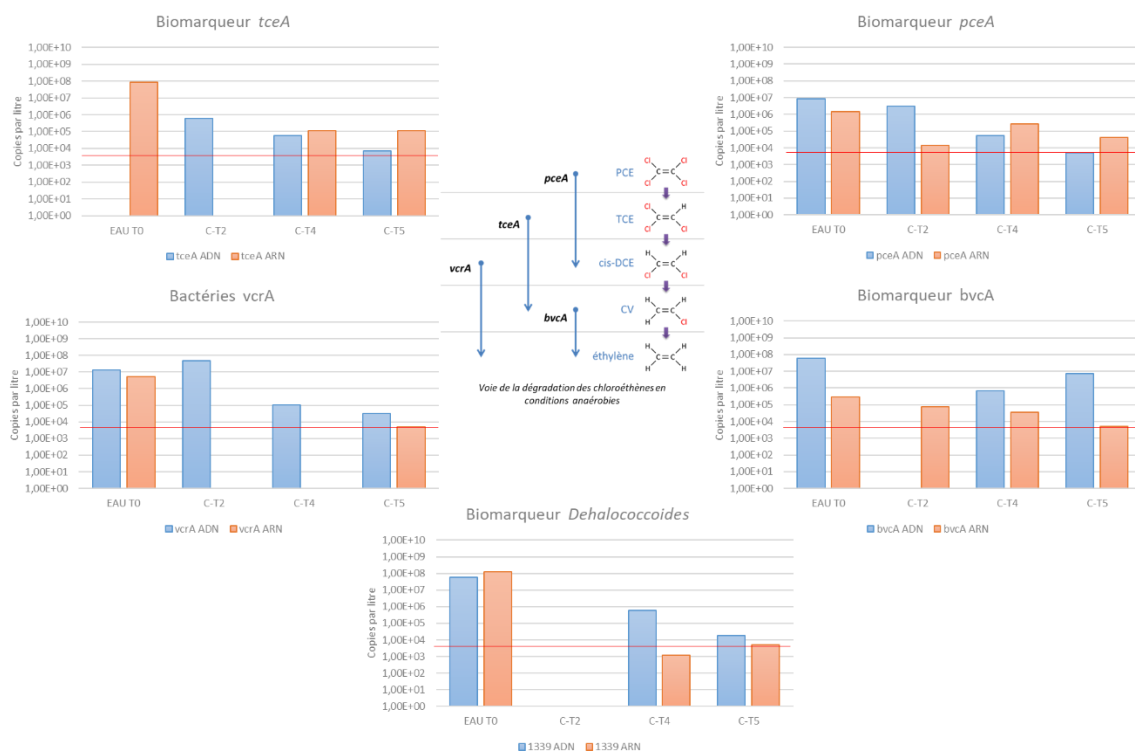


Figure 23: Évolution des biomarqueurs de la dégradation des CE dans la condition C.

#### Conclusion sur la dégradation des chloroéthènes :

- La dégradation significative des CE est observée dans les pilotes amendés avec du FZV.
- Une concentration minimale en FZV pourrait être un paramètre critique pour observer cette dégradation. Cette concentration minimale se situe entre 3,4g/L (premier amendement) et 19g/L (somme des deux amendements) sachant que la dégradation efficace n'a démarré qu'à partir de l'amendement supplémentaire de 16 g/L.
- L'amendement en source de carbone effectué en A2 après le T3 n'a pas apporté d'effet mesurable positif ou négatif important sur la dégradation de CE mais a conduit à une production supplémentaire d'éthène.
- Les amendements de FZV sont plus efficaces (cinétiques et abattement) que l'EHCr (abattement sur la somme des CE : 99% par le FZV, 89 % par l'EHCr).
- Les amendements en source de carbone ne permettent pas de promouvoir une biodégradation durable des CE sur la durée du pilote (Vrai pour B1 et B2 mais également pour C) comme le montre le suivi des biomarqueurs de la dégradation.

Figure 21: Évolution des biomarqueurs de la dégradation des CE dans la condition B2.

### 3.2.1.4 Série C :

Le lancement du pilote C a été retardé en raison du délai d'approvisionnement de la formulation EHCr.

Dans cette condition un abattement immédiat des concentrations en CE est relevé. Bien que cet abattement soit significatif, les concentrations en éthène mesurées aux différents points sont plus faibles que celles observées dans les pilotes A1 et A2.

Ces informations démontrent que les abattements observés dans la série A et dans le pilote C ne se déroulent pas exactement suivant les mêmes mécanismes. Cette différence pourrait être imputable à la forme du FZV (micrométrique pour A1 et A2, granulométrie inconnue pour C) ou encore à des conditions différentes liés à la formulation commerciale dans le cas du pilote C : par exemple, l'ORP des pilotes A1 et A2 (moyennes respectives de -404 et -405 mV) diffèrent de celui mesuré pour le pilote C (moyenne = -134 mV).

La Figure 22 présente l'évolution des concentrations molaires dans le pilote C.

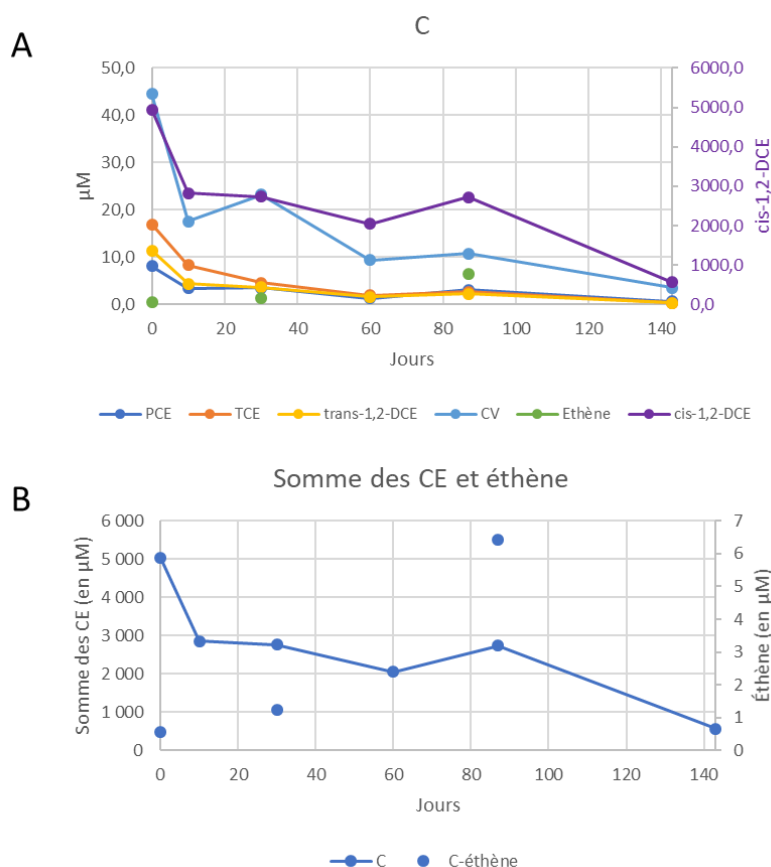


Figure 22: Évolution des CE et de l'éthène (A) et de la somme des CE (B) dans le pilote C.

Bien qu'en B2 il ne peut pas être exclue une activité biologique de dégradation, les variations analytiques chimiques et les résultats d'analyses ne soutiennent pas cette hypothèse.

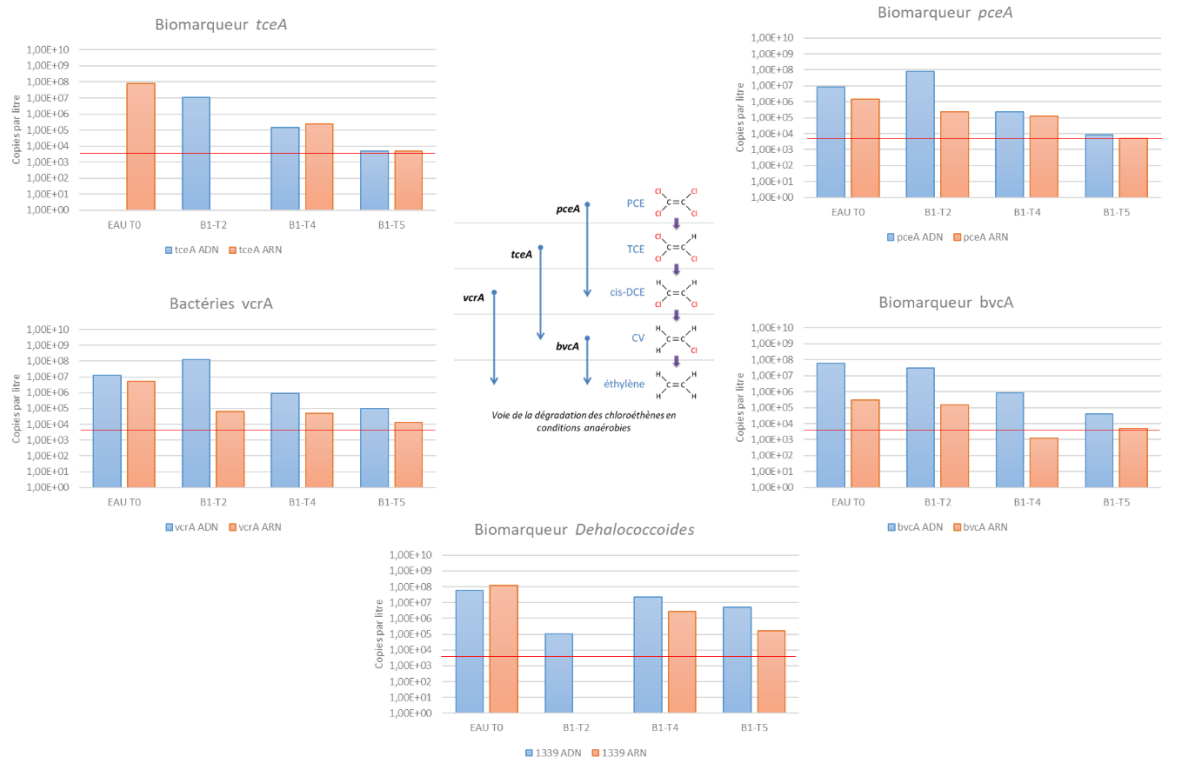
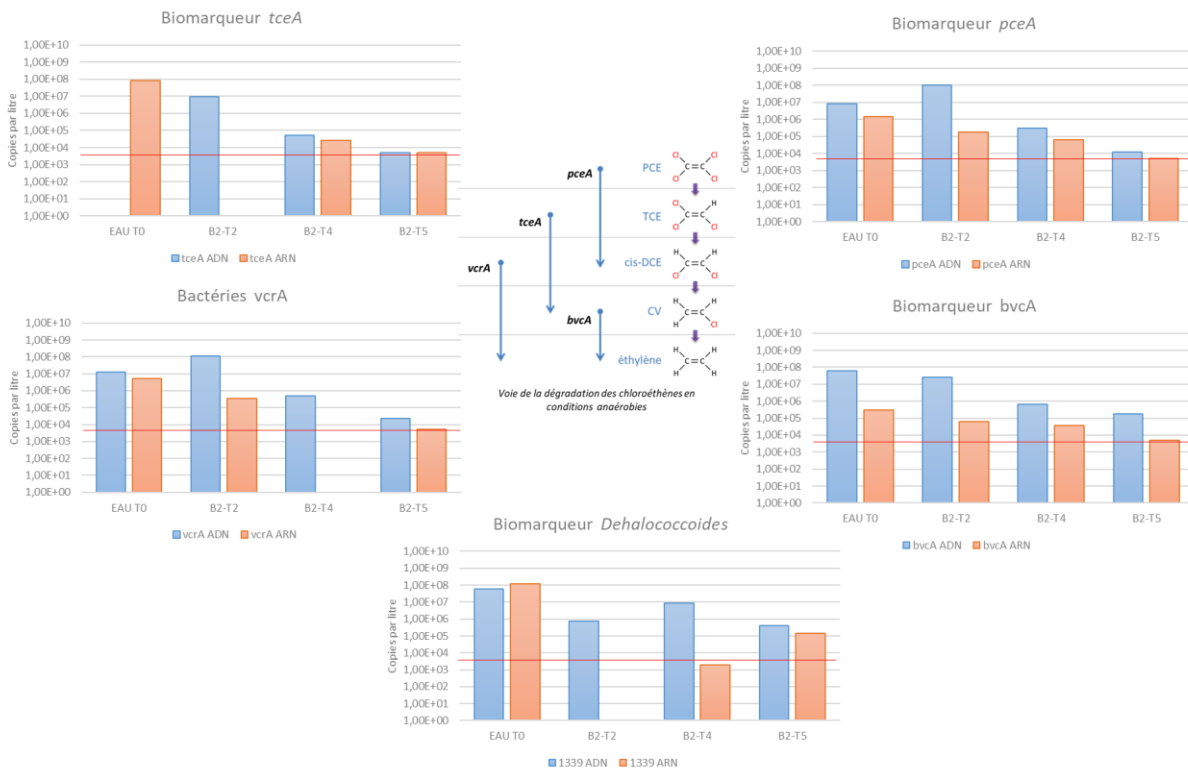


Figure 20: Évolution des biomarqueurs de la dégradation des CE dans la condition B1.



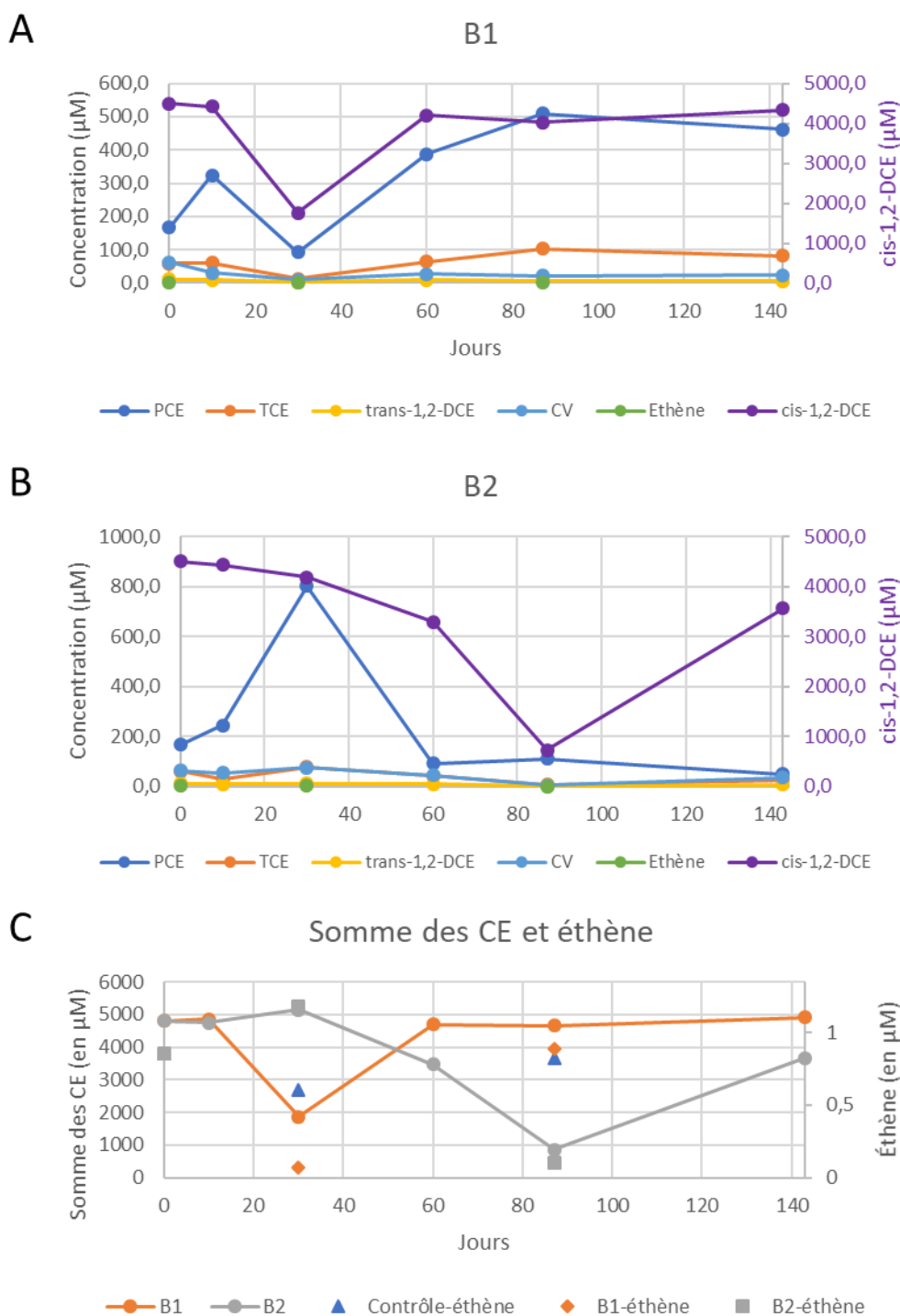


Figure 19: Évolution des concentrations en CE et éthène dans les pilotes B1 et B2 (A et B) et de la somme des CE (C).

Le suivi de l'activité biologique au sein de ces pilotes indique que les gènes de la dégradation sont présents. Toutefois, la densité et l'activité décroissent au cours du temps tandis que les concentrations en CE restent stable. Il semble donc qu'un, ou plusieurs, facteurs limitent l'activité de dégradation malgré des conditions propices pour ce type de mécanisme (ORP et nutriments).

La figure 18 présente les résultats d'analyses de l'ADN et l'ARN de la flore microbienne totale. Globalement, la présence du FZV peut avoir un effet néfaste pour les communautés bactériennes après le deuxième amendement dans le cas de A1 et dès le premier amendement dans le cas de A2. Toutefois dans le cas de A2, après l'ajout de la source de carbone une résilience des communautés semble prendre forme. Cet amendement réalisé lors du T3 pourrait avoir levé un effet délétère du FZV sur les populations bactériennes.

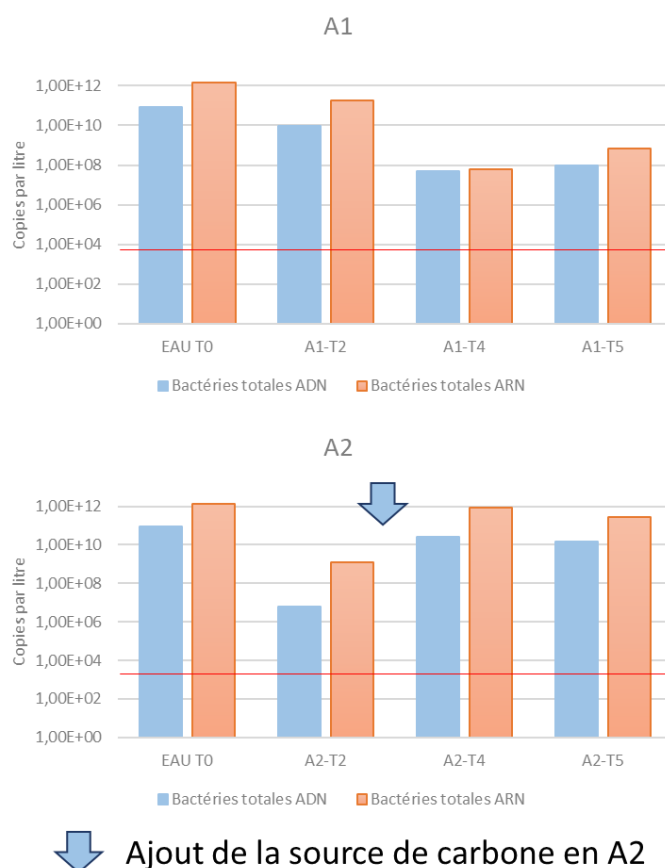


Figure 18: Suivi des bactéries totales dans les conditions A1 et A2.

Enfin, même s'il n'y a pas de différence notable dans l'évolution des concentrations de CE entre les deux pilotes, les concentrations en éthène relevées entre les deux pilotes diffèrent fortement (Voir Figure 14-C).

Ainsi, il semblerait que les conditions générées en A2 favorisent la formation d'éthène.

### 3.2.1.3 Série B :

Les deux conditions de la série B ont été amendées à T0 avec deux sources de carbone distinctes. Les résultats de suivi chimique ne montrent pas d'évolution significative de la chimie. De même, le suivi biologique ne diffère pas de résultats obtenus pour les autres conditions de pilotes.

La Figure 19 présente le suivi chimique des pilotes B1 et B2. Malgré des variations, probablement lié aux mesures, il semble que dans les deux conditions il n'y ait pas de dégradation des CE.

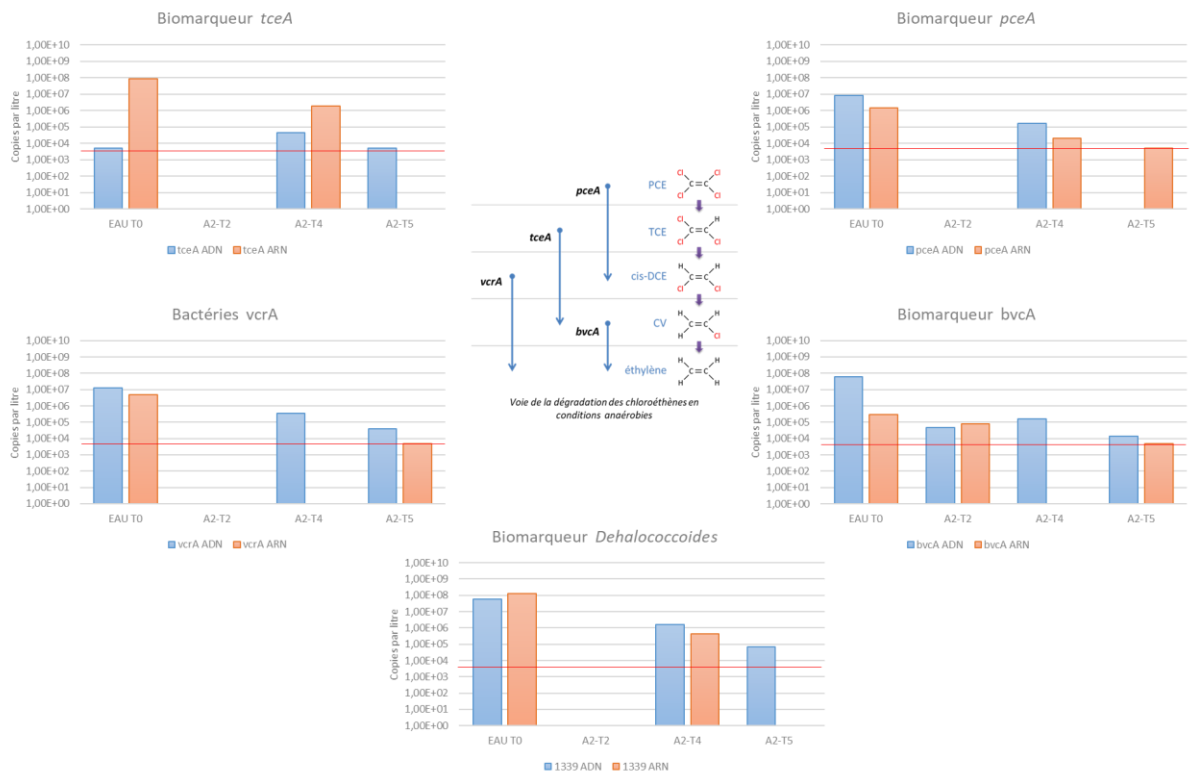


Figure 16: Évolution des biomarqueurs de la dégradation des CE dans la condition A1.

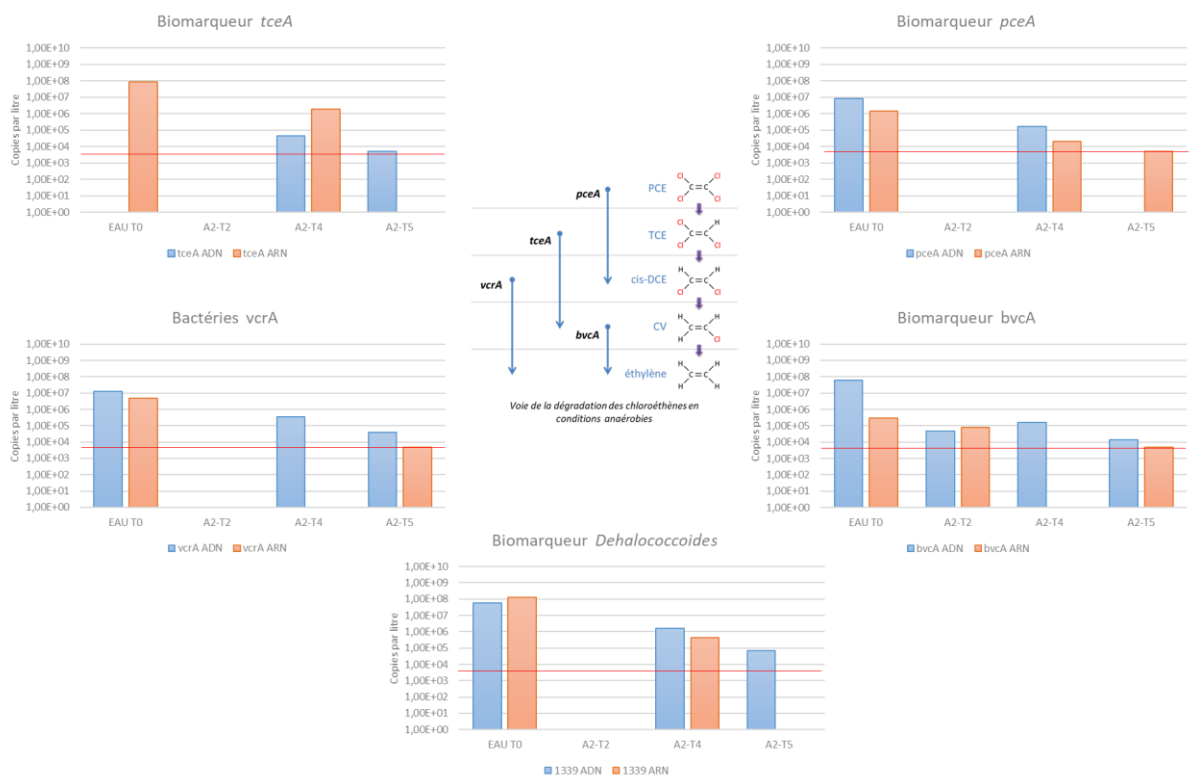


Figure 17: Évolution des biomarqueurs de la dégradation des CE dans la condition A2.

D'une manière générale, les productions d'éthène dans ces conditions sont très élevées. La Figure 15 rappelle le mécanisme de réduction chimique des CE par le FZV. Cette figure rappelle que l'éthène peut être produit à partir de l'acétylène et du chlorure de vinyle.

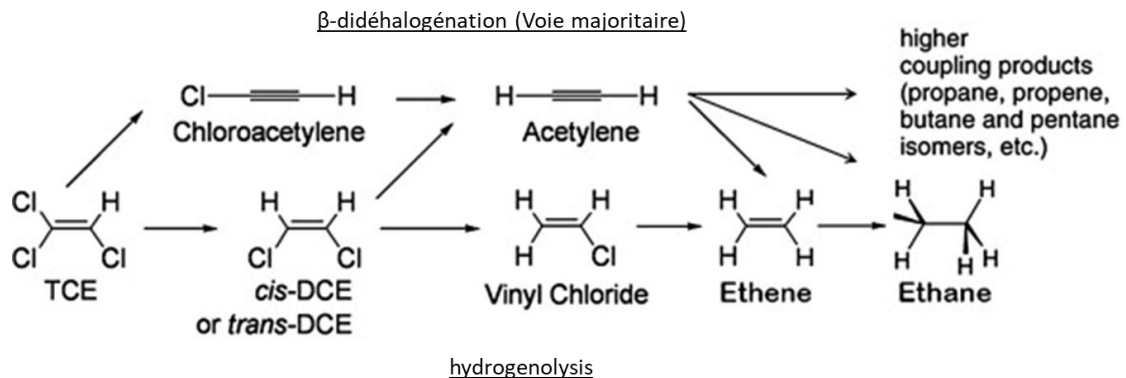


Figure 15: Voie de dégradation possible par réduction chimique des CE par le FZV. La voie majoritaire est la  $\beta$ -didéhalogénéation.

Les conditions A1 et A2 ont été amendés deux fois en FZV lors du T0 (3,4g/L, concentration calculée sur la base des analyses chimiques à T0) et peu avant le T3 (amendement supplémentaire de 16 g /L). La concentration en FZV a été ajustée à 5 fois la concentration théorique qui a conduit à un abattement important.

Plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour expliquer la différence de production d'éthène entre A1 et A2.

- L'hydrogénolyse est favorisée dans la condition A2 éventuellement en raison de l'amendement en source de carbone,
- Une part de l'éthène produit pourrait être lié à une activation des bactéries en réponse à la biostimulation par la source de carbone ce qui mène à la formation de CV et d'éthène,
- Enfin le FZV réagit avec une fraction de la source de carbone amenant à une production d'éthène supplémentaire (cette hypothèse pourrait être affirmée ou infirmée en établissant une condition axénique avec ajout de SC et de FZV).

Le suivi des gènes de dégradation des CE montrent la présence de la voie de biodégradation tout au long du pilote pour les deux conditions A1 (Figure 16) et A2 (Figure 17). Néanmoins les densités (ADN) et activités (ARN) décroissent rapidement ce qui réduit l'importance de la participation des mécanismes microbiens dans la diminution des concentrations.

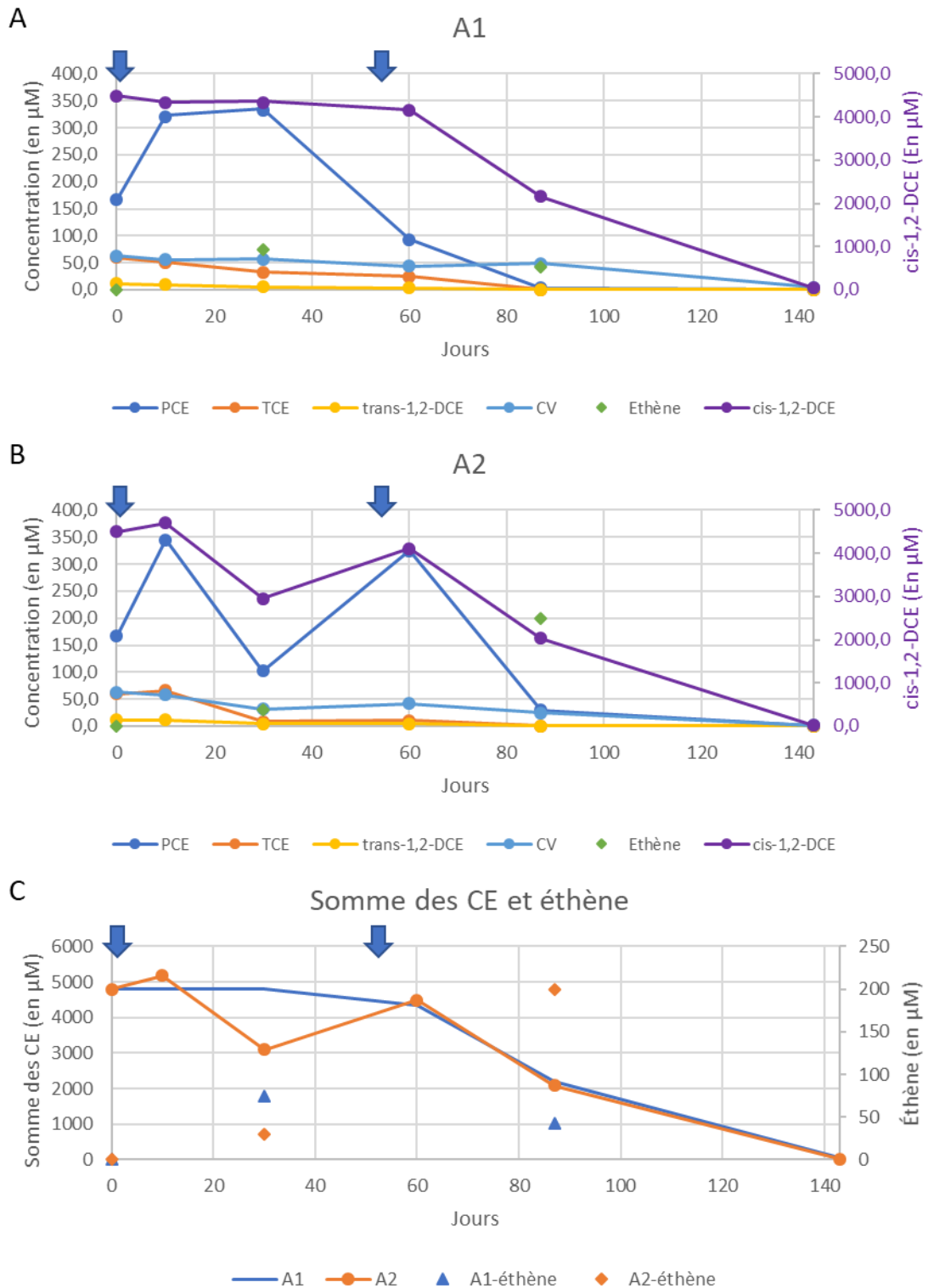


Figure 14: Évolution des concentrations molaires de chaque CE et éthène en A1 et A2 (A et B) et de la somme des CE (C). Les flèches bleues indiquent les amendements en FZV

Les deux conditions A1 et A2 présentent, aux variations de mesures près, des évolutions identiques, à l'exception de la production d'éthène qui est plus importante dans la condition A2.



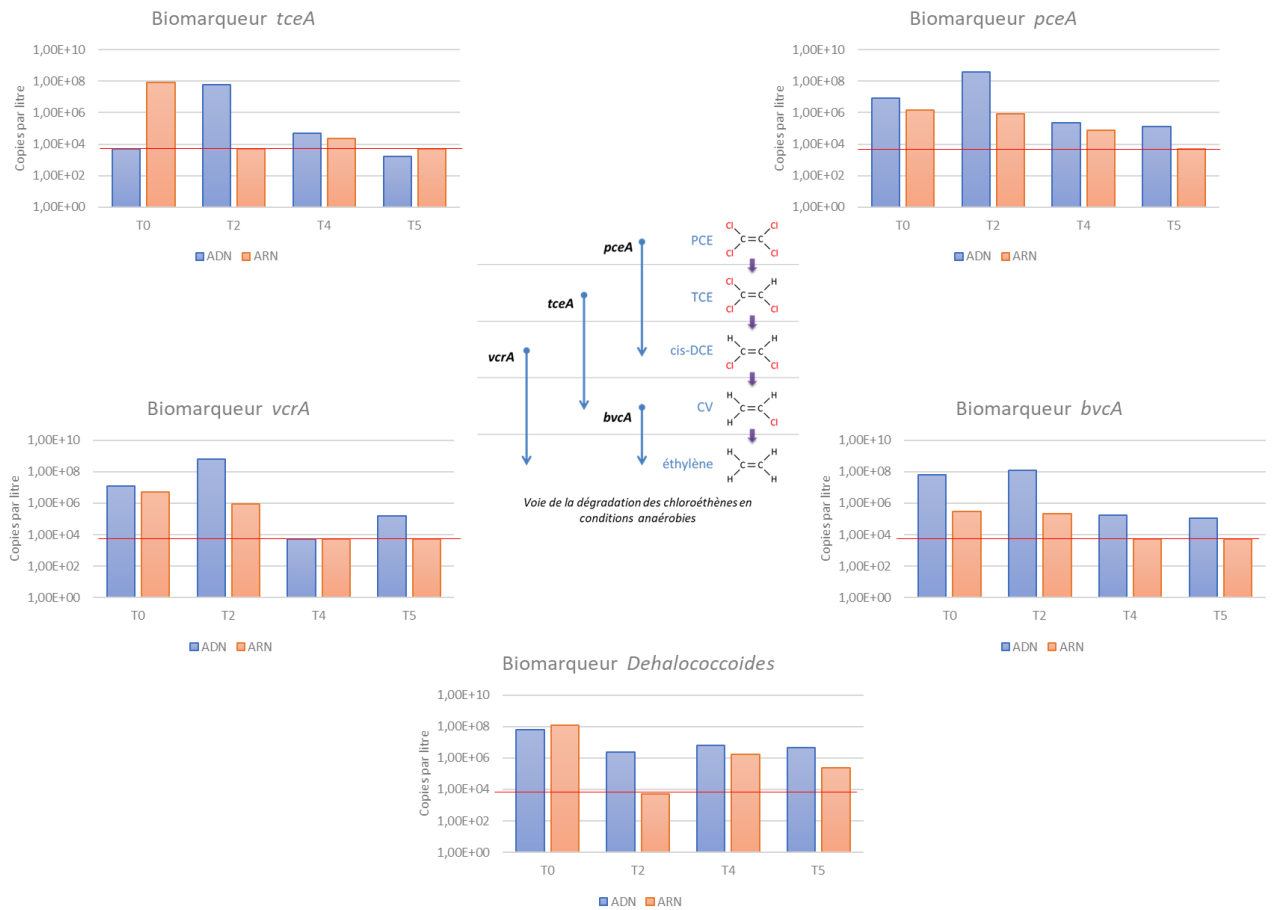


Figure 13: Évolution de la densité et de l'activité des biomarqueurs de la biodégradation anaérobie des CE (LQ indiquée en rouge).

### 3.2.1.2 Série A:

Rappel :

A1 = Amendement en FZV à T0 et avant le T3

A2 = Amendement en FZV à T0 et avant le T3 ; ajout à T3 d'une source de carbone.

Pour les conditions A1 et A2, une évolution lente a lieu durant les premiers pas de temps (T0 à T3). Après le point T3 un abattement significatif des concentrations est observé.

### 3.2.1.1 Contrôle :

La Figure 12 présente les concentrations molaires au cours du temps. Le Contrôle présente une légère baisse de la somme des CE d'environ 40% (T0 vs T5).

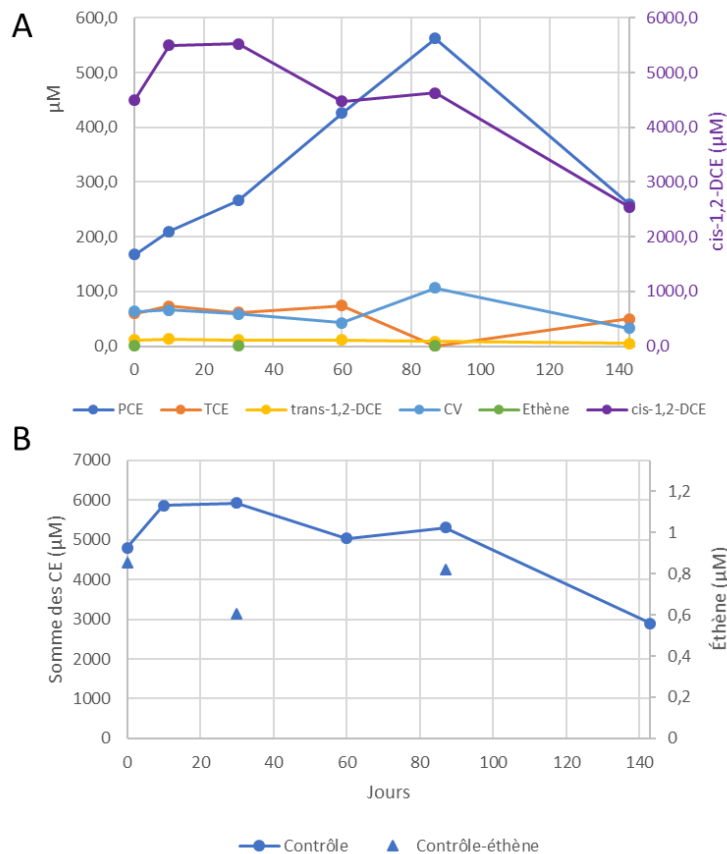


Figure 12: Évolution des concentrations molaires de chaque CE et éthène (A) ; et de la somme des CE et de l'éthène (B) dans le Contrôle.

De légères productions de chlorure de vinyle et d'éthène sont mesurées. Ces deux molécules sont des indicateurs d'une activité biologique de dégradation des CE. Le suivi des gènes impliqués dans la dégradation des CE abonde dans ce sens puisque la voie de dégradation est complète avec notamment la cascade *pceA*, *tceA* et *vcrA* présente en densité importante en début de pilote avec toutefois des activités réduites (Figure 13). La densité (concentration en ADN) et l'activité (ARN) de ces biomarqueurs, diminue au cours du temps.

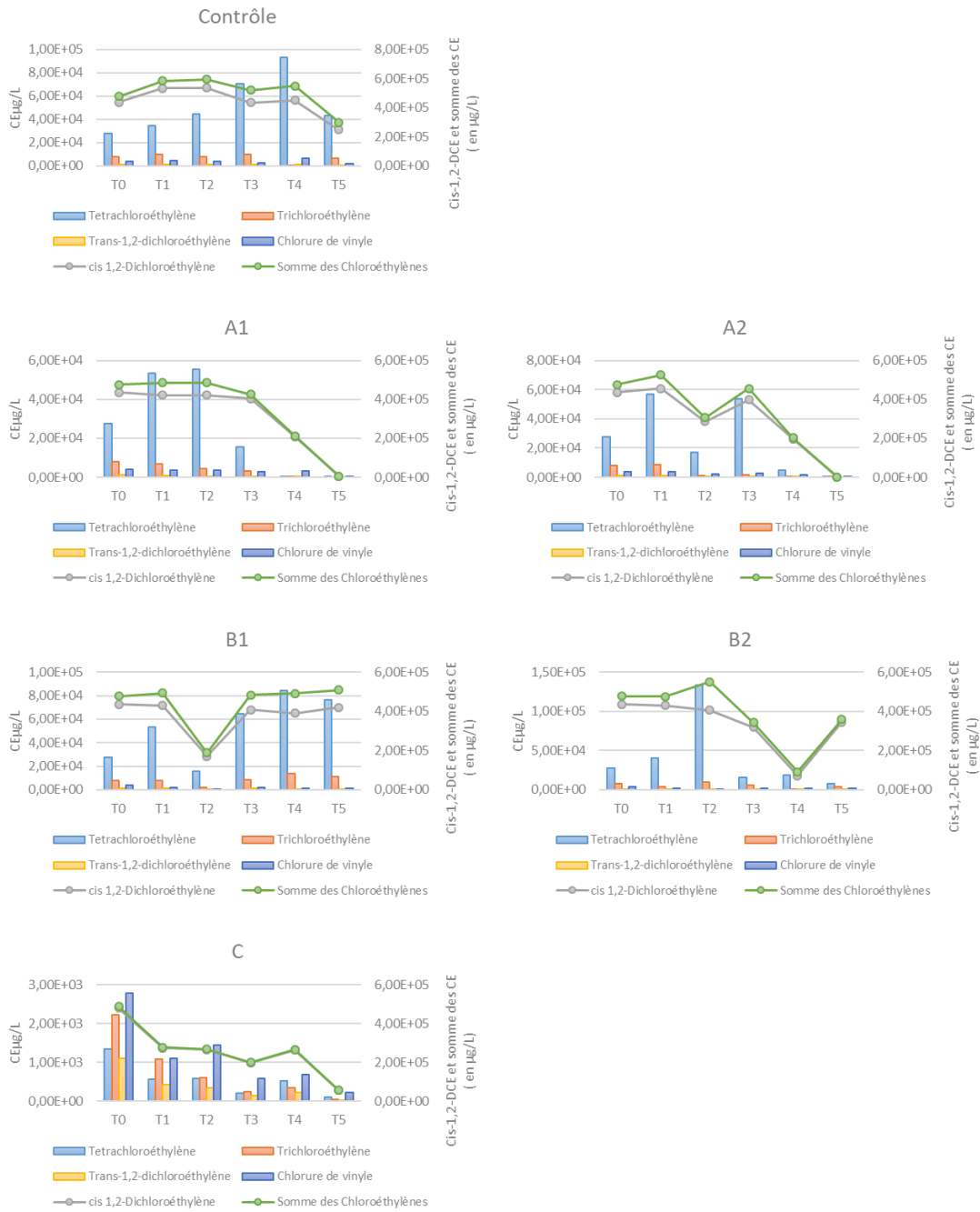


Figure 11: Évolution des concentrations massiques des chloroéthènes.  
Le cis-1,2-DCE est représenté sous forme de courbe en raison des concentrations très importantes.

relativement bas en début de d'essai, augmente légèrement afin de stabiliser vers une valeur moyenne de -300 mV.

L'évolution de l'ORP sur le pilote C est similaire aux autres conditions, mais après un mois l'ORP se stabilise légèrement en-dessous de -100 mV. Cette valeur d'ORP est compatible avec la réduction biologique des solvants les plus fortement chlorés (PCE et TCE).

### **3.2 Suivi analytique chimique et biologique**

Dans le cadre de cette étude, la stratégie de traitement vise la dégradation des chloroéthènes et des BTEX.

#### **3.2.1 Évolution des chloroéthènes (CE)**

Les chloroéthènes ont été mesurés lors des 6 points de suivis de T0 à T5 (Figure 11). La molécule largement majoritaire est le cis-1,2-DCE pour tous les pilotes. Il est à noter que plusieurs points de chimie semblent aberrants. Pour ces points, l'analyse du cis-1,2-DCE semble être la principale source d'erreurs, ceci pourrait provenir des fortes concentrations.

La condition C présente des concentrations massiques en COHV inférieures aux autres pilotes.

### 3.1.3 Évolution du potentiel d'oxydoréduction (ORP)

La Figure 10 présente le suivi de l'ORP. Ce paramètre est important dans la mise en œuvre des mécanismes puisqu'il détermine la « faisabilité » biologique/enzymatique des processus de bioréduction chimique.

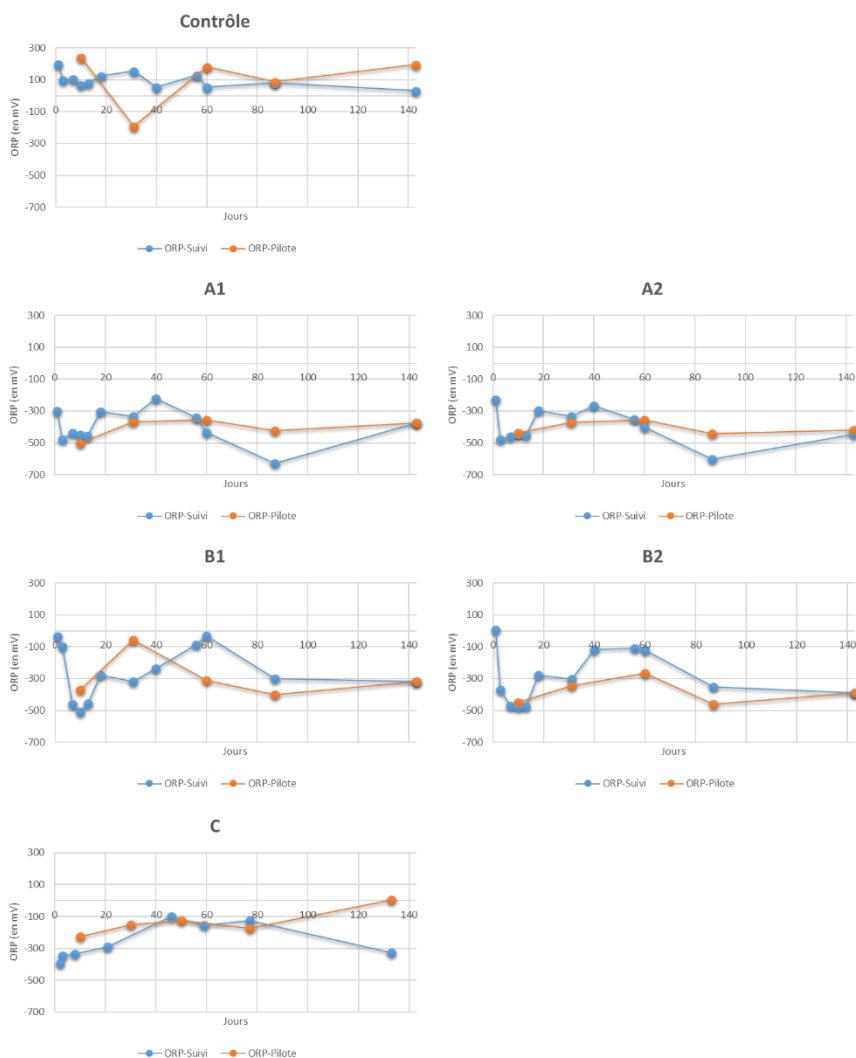


Figure 10: Évolution du potentiel d'oxydoréduction.

En bleu est représenté le suivi réalisé sur les bouteilles dédiés et en orange le suivi réalisé sur les mésocosmes sacrifiés lors des prélèvements.

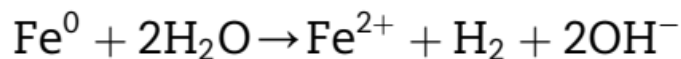
Le Contrôle est resté stable tout au long de l'expérimentation, il ne semble pas y avoir eu de modification significative des accepteurs d'électrons présents. Le Contrôle reste dans une gamme d'ORP compatible avec la respiration des nitrates, mais incompatible avec la respiration des éthylènes chlorés.

En raison des différents amendements, les autres pilotes présentent des conditions fortement réductrices susceptibles de permettre la respiration microbienne des éthènes chlorés. Dans le cas des pilotes A (A1 et A2) l'ORP, initialement négatif, augmente progressivement jusqu'au deuxième amendement en FZV qui provoque une nouvelle chute. L'ORP reste bas et stable par la suite.

Bien que les sources de carbone soient de compositions différentes, les pilotes de la série B (B1 et B2) se comportent de manière similaire. Le potentiel d'oxydoréduction

Les variations de pH observées au niveau des pilotes A1 et A2 sont directement induites par la réaction chimique de corrosion du Fer au contact de l'eau.

Les ions OH<sup>-</sup> produits provoquent une augmentation du pH. Généralement, en condition naturelle, cette évolution est souvent tamponnée par le sol de la zone saturée.



Dans le cas des tests en batch, la quantité de sol relativement faible peut limiter ce pouvoir tampon.

Pour la condition C, l'ajout de la formulation commerciale ne génère aucune évolution du pH.

### 3.1.2 Evolution de l'oxygène dissous :

La Figure 9 présente le suivi de l'oxygène dissous. Ces mesures montrent, pour tous les pilotes, une concentration en oxygène dissous faible voire nulle. Cette observation est corrélée aux mesures du potentiel d'oxydoréduction (ORP) qui indiquent des potentiels bas, voire négatif.

La valeur mesurée dans le pilote B1 au point T1 ne semble pas significative et probablement liée à un artéfact.

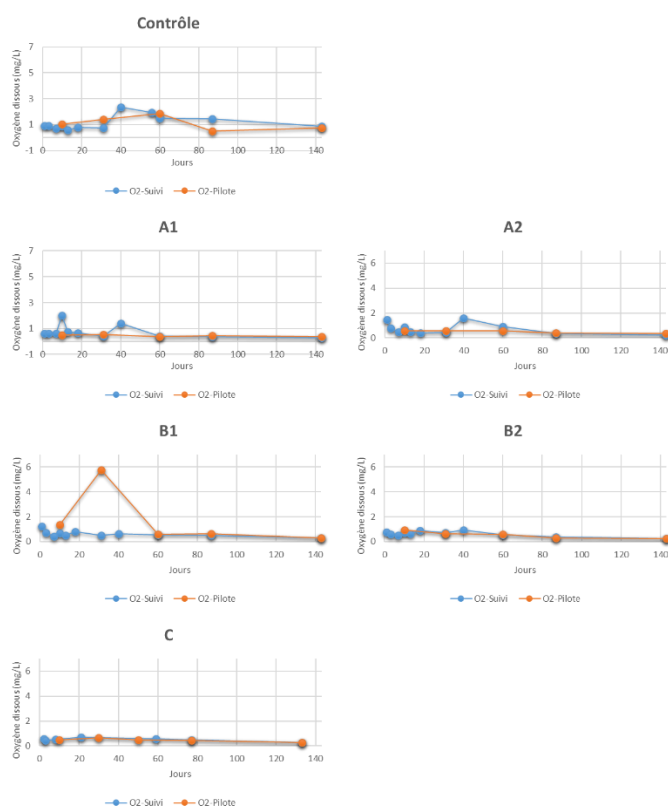


Figure 9: Évolution de l'oxygène dissous.

En bleu est représenté le suivi réalisé sur les bouteilles dédiés et en orange le suivi réalisé sur les mésocosmes sacrifiés lors des prélèvements.

### 3 Résultats

#### 3.1 Suivi physicochimique

##### 3.1.1 Evolution du pH durant l'essai

La Figure 8 présente le suivi du pH au cours du temps.

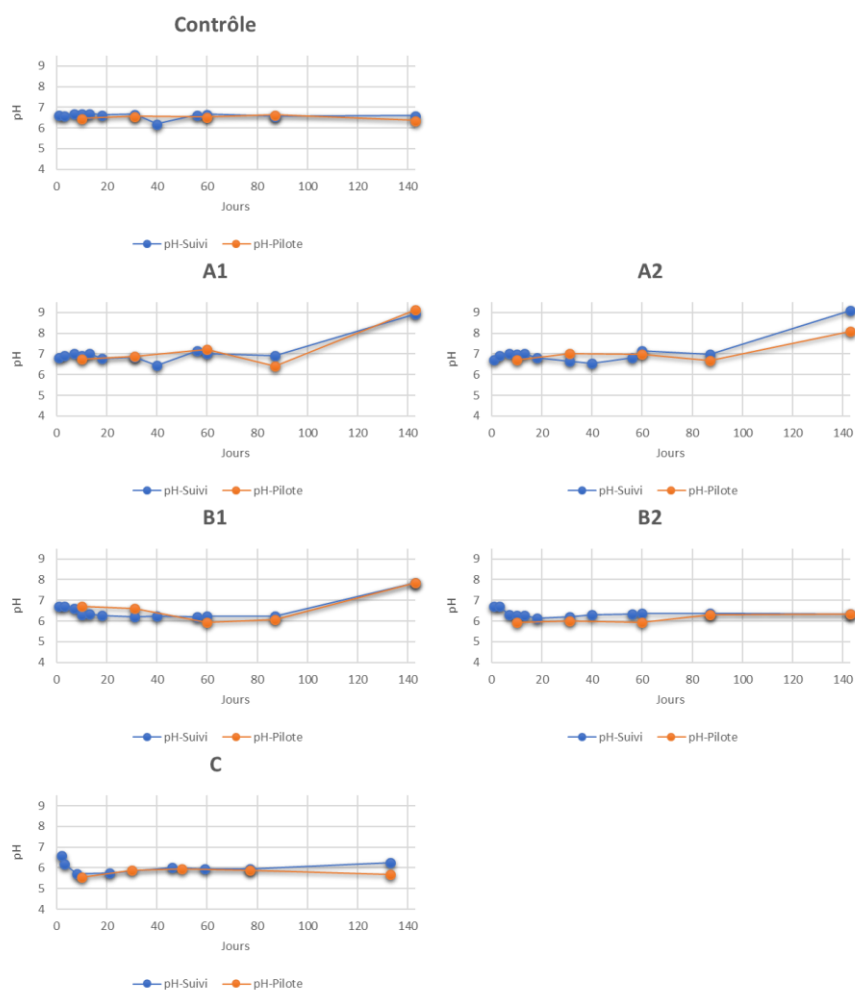


Figure 8: Évolution du pH au cours du temps.

En bleu est représenté le suivi réalisé sur les bouteilles dédiés et en orange le suivi réalisé sur les mésocosmes sacrifiés lors des prélèvements.

Les conditions A1 et A2 dans lesquelles du FZV a été ajouté montrent une augmentation en fin de pilote de plus de deux unités de pH. La condition B1, dans laquelle une source de carbone (Lactate + mélasse) a été ajoutée, présente également une augmentation d'une unité de pH.

Les pilotes Contrôle, B2 et C ne présentent pas d'évolution significative du pH.

## 2.5 Réalisation des Analyses chimiques

Durant le déroulement des pilotes, deux programmes (réduit ou complet) d'analyses chimiques sont déterminés en fonction du point de prélèvement (tableau 5).

Tableau 5: Programme analytique chimique

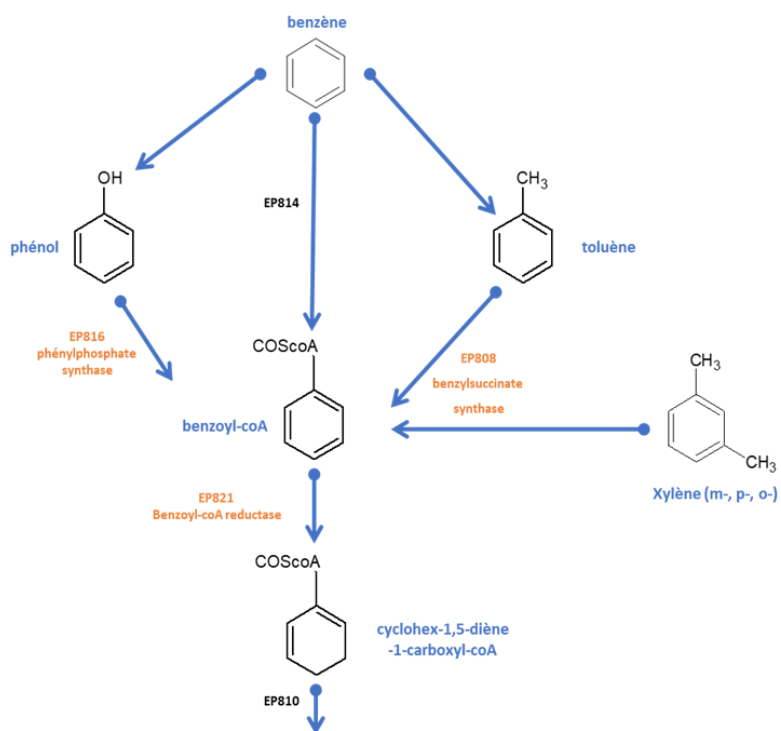
Programme chimique	
Complet	Réduit
COHV	COHV
BTEX	BTEX
Fe Total	Fer total
Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>
Manganèse dissous	
COT	COT
Nitrates	
Sulfates	
Sulfures	
Éthane	
Éthène	
Méthane	

## 2.6 Réalisation des mesures physicochimiques

Le suivi physicochimique porte sur l'oxygène dissous, le pH et le potentiel d'oxydoréduction (ORP).

Un suivi fréquent est réalisé sur des bouteilles dédiées. Ce suivi est complété par les mesures réalisées sur les mésocosmes du pilote lors des sacrifices liés au point de prélèvement.





**Métabolisme général**

*Voie de la dégradation des BTEX  
en conditions anaérobies*

Figure 7: Voie de la dégradation des BTEX en conditions anaérobies.

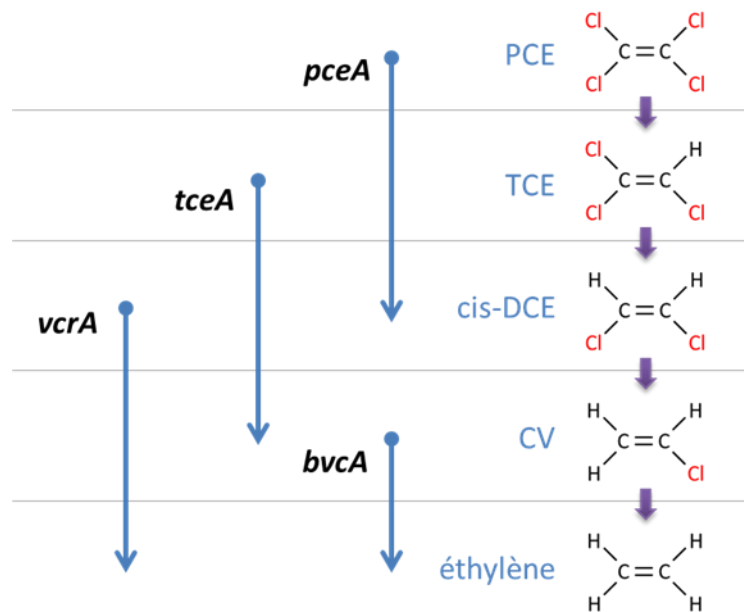


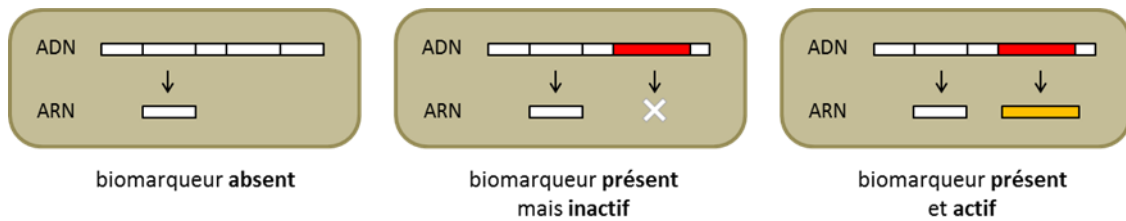
Figure 6 : Gènes impliqués dans la biodégradation anaérobie des éthylènes chlorés (PCE=perchloroéthylène, TCE=trichloroéthylène, cis-DCE=cis-dichloroéthylène, VC=chlorure de vinyle).

À partir des prélèvements réalisés lors de l'essai, ENOVEO a recherché 5 biomarqueurs impliqués dans la biodégradation anaérobie des éthylènes chlorés :

- **pceA** : réduction du PCE en cis-DCE (TCE comme intermédiaire).
- **tceA** : réduction du TCE en CV (cis-DCE comme intermédiaire).
- **vcrA** : réduction du cis-DCE en éthylène (CV comme intermédiaire).
- **bvcA** : réduction du CV en éthylène.
- **EP1339 : 16S Dehalococcoides** : genre bactérien regroupant différentes espèces bactériennes connues pour leur implication dans le mécanisme de déchloration réductive des molécules organiques halogénées.

#### 2.4.3 Biomarqueurs de la dégradation anaérobie des BTEX

La dégradation en conditions anaérobies des BTEX a été démontrée. Dans ces conditions, les accepteurs finaux d'électrons peuvent être les nitrates, les sulfates, le fer... Les détails des voies de dégradation des différents BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et o-, m et p-xylènes) ont été mis en évidence et toutes ces voies ont un intermédiaire commun le benzoyl-coA. Ce dernier est lui-même réduit et converti en acétyl-coA et en dioxyde de carbone. Dans le cadre de cette étude, trois biomarqueurs ont été recherchés : EP816, EP808 et EP821 (Figure 7).



**Figure 5** : Illustrations des situations possibles lors de la recherche de biomarqueurs.

L'amplification et la quantification des biomarqueurs sont réalisées avec un Rotorgene series 6000 (Corbett Life Science). Chaque réaction, réalisée en triplicat, s'accompagne d'un contrôle négatif (absence de matrice), d'un minimum de cinq contrôles positifs constituant une gamme étalon permettant de quantifier les ADN et ARN cibles, d'un contrôle par dénaturation des produits d'amplification en fin de réaction afin de vérifier la spécificité des fragments d'ADN amplifiés. Le seuil de détection de cette technologie est théoriquement de 1 copie par réaction, mais est généralement considéré comme reproductible lorsque qu'un minimum de 10 copies par réaction est présent. Dans le cas de cette étude, la limite de quantification est fixée à 5 000 copies / l d'eau.

#### 2.4.2 Biomarqueurs de la dégradation anaérobie des éthylènes chlorés

La recherche et la quantification des biomarqueurs de dégradation des éthylènes chlorés en conditions anaérobies ont été réalisées à partir des ADN (présence) et des ARN (activité) extraits. Pour l'ensemble des échantillons, 5 biomarqueurs fonctionnels de la réduction des éthylènes chlorés en conditions anaérobies et 1 biomarqueur taxinomique (genre bactérien *Dehalococcoides*) ont été recherchés (Figure 6). Les gènes fonctionnels anaérobies ont été caractérisés dans plusieurs genres bactériens capables d'effectuer la réduction des éthylènes chlorés (ex : *Dehalobacter*, *Geobacter*,...). Toutefois *Dehalococcoides*, genre bactérien communément associé à la réduction des composés halogénés, est le seul capable d'effectuer la réduction complète du PCE jusqu'à l'éthylène. Ce genre bactérien a donc également été recherché en quantifiant son gène *rrs*.

contrôle qualité des acides nucléiques (concentration, qualité, pureté, contaminants) est ensuite effectué avant de réaliser les étapes de criblage et de quantification par PCR quantitative.

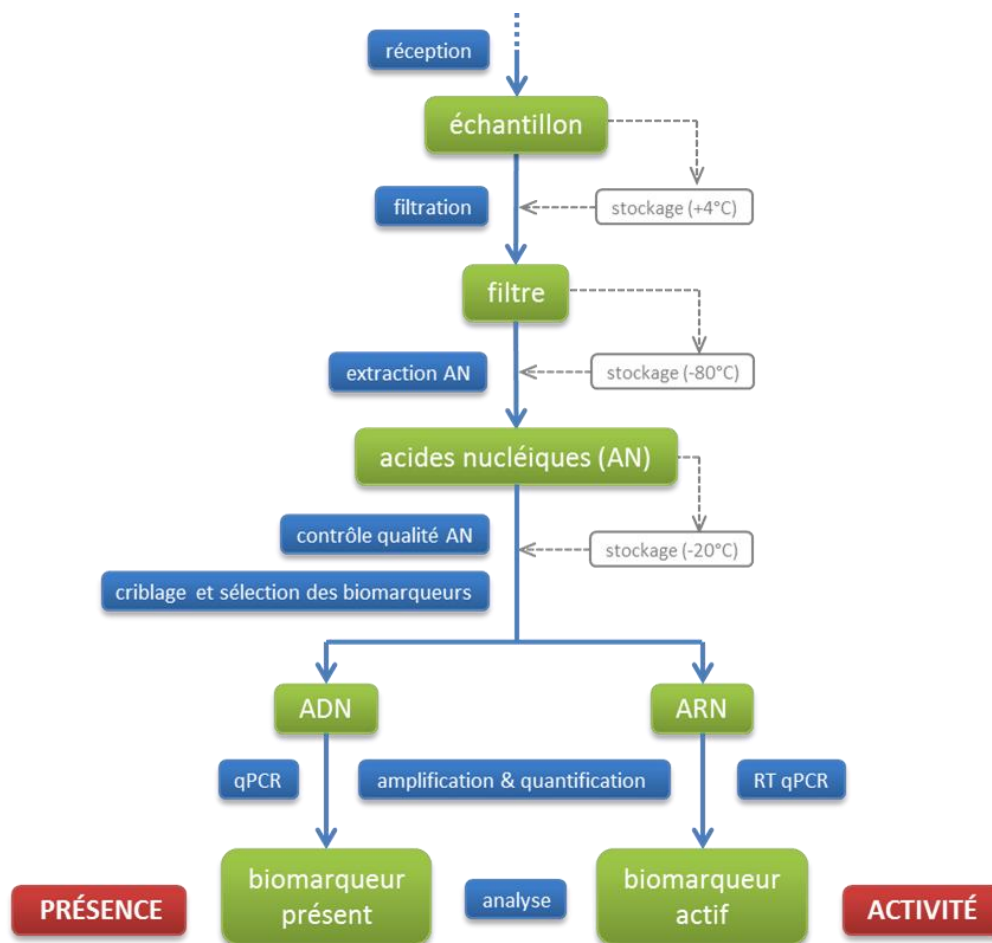


Figure 4 : Etapes de traitement des échantillons.

#### 2.4.1 Quantification des biomarqueurs par PCR quantitative

La recherche des biomarqueurs est réalisée par des approches de biologie moléculaire basées sur l'amplification par PCR (réaction en chaîne par polymérisation). La qPCR est utilisée pour quantifier des séquences cibles d'ADN et permet de dire si un biomarqueur donné est présent. La RT-qPCR est utilisée pour quantifier des séquences cibles d'ARN et permet de dire si un biomarqueur est actif. Lors de la recherche de biomarqueurs, 3 situations peuvent se présenter : (1) le biomarqueur est absent, (2) le biomarqueur est présent mais n'est pas actif (présent seulement dans l'ADN extrait) et (3) le biomarqueur est présent et actif (présent dans l'ADN et dans l'ARN extraits) :

Tableau 2: Plan de prélèvement et programme analytique réalisé pour les pilotes Contrôle, A1, A2 B1 et B2. C= chimie, BM =biologie

Condition Cont, A et B	Point de prélèvement	Date	Jours	Analyses	Programme analytique
	T0	06/04/2018	0	C/BM	Complet
	T1	16/04/2018	10	C	Réduit
	T2	06/05/2018	30	C/BM	Complet
	T3	05/06/2018	60	C	Réduit
	T4	02/07/2018	87	C/BM	Complet
	T5	27/08/2018	143	C	Réduit

Tableau 3: Plan de prélèvement et programme analytique réalisé pour le pilote C. C= chimie, BM =biologie

Condition C	Point de prélèvement	Date	Jours	Analyses	Programme analytique
	T0	16/04/2018	0	C/BM	Complet
	T1	26/04/2018	10	C	Réduit
	T2	16/05/2018	30	C/BM	Complet
	T3	15/06/2018	60	C	Réduit
	T4	02/07/2018	77	C/BM	Complet
	T5	27/08/2018	133	C	Réduit

## 2.3 Amendements

Les amendements sont décrits dans le Tableau 4.

Tableau 4: Amendements réalisés dans les conditions respectives au cours de l'étude.

	0 jours									56 jours			69 jours			95 jours									
	SC = L+M (en ml)			SC = L+M+HS (en ml)			FZV (en g)			EHCr (en g)			FZV (en g)			SC = L+M (en ml)			DAP (en mg)			FeSO4 (en mg)			
	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	
Cont.																									
A1							1	5	8,5				6	20	30				390	1950		360			
A2							1	5	8,5				6	20	30	1,5	5	8,5	390	1950		360	1800		
B1	0,9	4,5	7,5	0,9	4,5	7,5													390	1950		360	1800		
B2	0,9	4,5	7,5	0,9	4,5	7,5													390	1950		450	2250		
C										6	30	50							390	1950					

L : lactate de sodium ; M : Mélasse ; HS : Huile de soja

Le FZV utilisé dans l'étude est micrométrique (Mesh < 325).

Les sources de carbone ont été préparés à partir de lactate de sodium (source industrielle), mélasse (commerce) et huile de soja (source industriel).

L'EHCr a été fourni par la société Peroxychem.

## 2.4 Réalisation des analyses biologiques

Après avoir réalisé le prélèvement pour les analyses chimiques, les échantillons subissent différentes étapes de préparation (Figure 4) afin d'extraire les acides nucléiques nécessaires à la quantification des différents biomarqueurs de dégradation recherchés. Un

Tableau 2 et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présentent les plans de prélèvements chimiques et biologiques.

Des mesures physicochimiques ont été réalisées sur des mésocosmes supplémentaires dédiés exclusivement à ce suivi. L'intérêt de cette approche préserve les conditions expérimentales des pilotes en cours. Également, lors du prélèvement par sacrifice pour analyses chimiques et /ou microbiologiques, ces mêmes mesures sont réalisées sur la condition concernée.

Enfin des amendements supplémentaires ont été réalisés tout au long du pilote (Voir § 2.2 et 2.3).

## 2.2 Calendrier de l'étude

La Figure 3 présente le chronogramme de l'étude. Plusieurs amendements complémentaires ont été réalisés tout au long de l'étude.

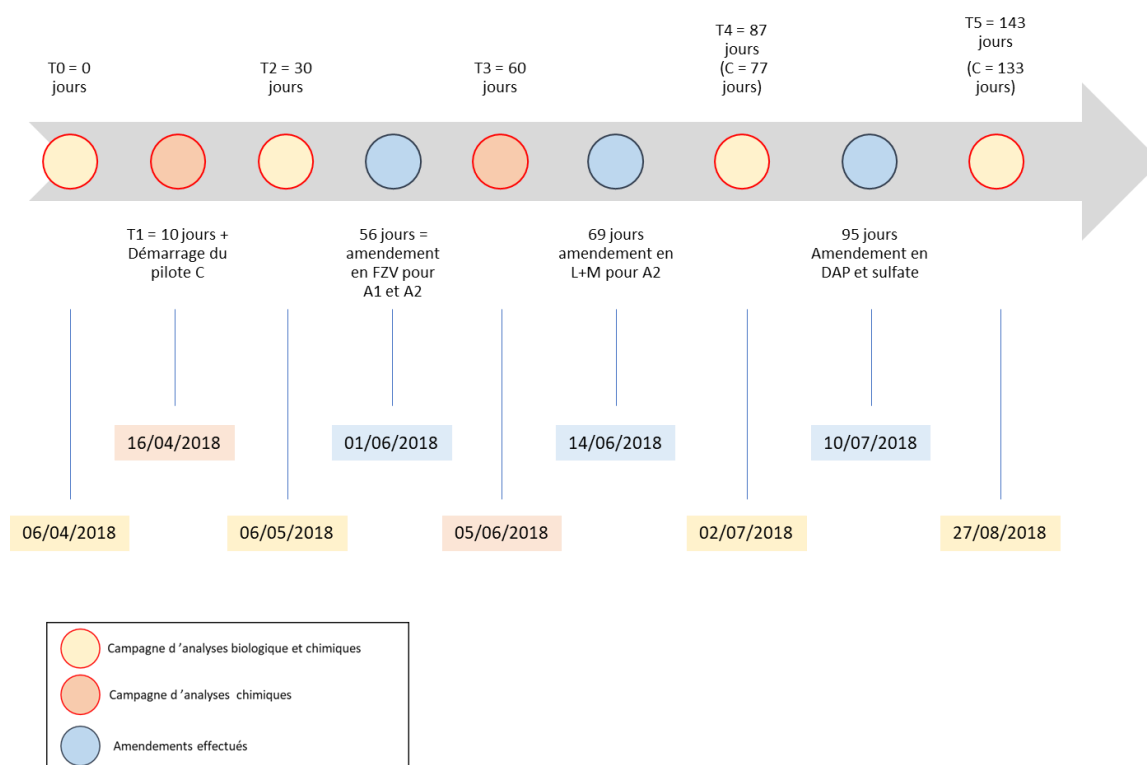


Figure 3: Chronogramme de l'étude

Les



*Microcosmes mis en place  
Conditions Cont, A1, A2, B1 et B2*

Figure 2: Pilotes mis en place le 06/04/2018.



## 2 Méthodologie

---

### 2.1 Mise en place des pilotes

Plusieurs pilotes ont été mis en place afin d'évaluer l'efficacité de différents traitements :

- **Pilote Contrôle** : Pilote dans lequel l'eau de nappe est mise en contact avec du sol sans autres modifications.
  
- La série **pilote A** évalue la réduction chimique par un amendement en fer zéro valent (FZV). Cette série est scindée en deux conditions :
  - o La **condition A1** dans laquelle seul du **FZV** est ajouté; et
  - o La **condition A2** dans laquelle une première étape de dégradation chimique est induite par le **FZV** , avant ajout d'une **source de carbone** permettant la biostimulation des communautés microbiennes impliquées dans la dégradation des éthylènes chlorés.
  
- La série **pilote B** évalue l'impact d'un amendement en source de carbone sur les processus de réduction biologique. Cette série pilote est scindée en deux conditions :
  - o La **condition B1** dans laquelle la source de carbone, émulsionnée dans de l'eau, est composée de lactate de sodium additionné de mélasse (ratio **eau/Lactate/mélasse** : 1/1/1).
  - o La **condition B2** dans laquelle la source de carbone, émulsionnée dans de l'eau, est composée de lactate de sodium additionnée de mélasse et d'huile de soja (ratio **eau/lactate/mélasse/huile** : 1/1/1/1).
  
- La série **pilote C** évalue l'effet de la formulation **commerciale EHCr (Peroxychem)**.

Les pilotes sont réalisés dans des mésocosmes de différents volumes. Afin de pouvoir réaliser les analyses chimiques, des bouteilles Schott de 1,5l sont utilisées. Pour la réalisation des analyses chimiques et biologiques ces bouteilles Schott seront de 2,5l. Chaque bouteille est préparée à partir d'eau de nappe et de sol prélevé par carottage proche de la zone à traiter.

Les différentes conditions ont été mise en place de manière concomitante à l'exception de la série pilote C dont le lancement a été différé en raison de l'attente de la formulation commerciale (lancement retardé de 10 jours).

Les différentes pilotes ont été incubés à l'abri de la lumière et à température ambiante.

Le suivi de l'évolution des pilotes a été réalisé par le biais d'analyses biologiques (ENOVEO), analyses chimiques (sous-traitées par GINGER-BURGEAP) et par des mesures physicochimiques (ENOVEO).

Lors du point de prélèvement, pour chaque analyses biologiques et chimiques, les mésocosmes sont sacrifiés (En l'occurrence 5 points de suivis).

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte de l'étude

Ginger-Burgeap a chargé ENOVEO d'évaluer la faisabilité de traitement d'une nappe phréatique située au droit d'un site industriel à Montreuil (93). Sur ce site, la zone saturée présente une pollution importante en Composés Organohalogénés Volatils (COHV) et composés aromatiques volatiles : Benzène, Toluène, Ethyl-Benzène et Xylènes (BTEX). D'après les informations sur les conditions physico-chimiques fournies par GINGER BURGEAP, les conditions semblent être réductrices. Dans ce contexte, deux stratégies de traitement par réduction chimiques et biologiques ont été évaluées.

## 1.2 Echantillons

Les échantillons ont été reçus en plusieurs étapes avec d'une part des carottes de sol réceptionnées le 23/02/2018 et des échantillons d'eau de nappe reçus le 23/03/2018.

Tableau 1 : Liste des échantillons réceptionnés.

Référence	Date de Réception	matrice	Quantité
Carottes de 1m (0 à 6m) - T25	24/02/2018	Sol	6 carottes
4 bidons de 20L	23/03/2018	Eau	4 x 20L



Figure 1: Photo de la carotte T25 1 à 2 m et d'un échantillon d'eaux de nappe.

## Table des matières

---

1	Introduction.....	3
1.1	Contexte de l'étude.....	3
1.2	Echantillons.....	3
2	Méthodologie.....	4
2.1	Mise en place des pilotes.....	4
2.2	Calendrier de l'étude.....	6
2.3	Amendements.....	8
2.4	Réalisation des analyses biologiques.....	8
2.4.1	Quantification des biomarqueurs par PCR quantitative.....	9
2.4.2	Biomarqueurs de la dégradation anaérobie des éthylènes chlorés.....	10
2.4.3	Biomarqueurs de la dégradation anaérobie des BTEX.....	11
2.5	Réalisation des Analyses chimiques.....	13
2.6	Réalisation des mesures physicochimiques.....	13
3	Résultats.....	14
3.1	Suivi physicochimique.....	14
3.1.1	Evolution du pH durant l'essai.....	14
3.1.2	Evolution de l'oxygène dissous :.....	15
3.1.3	Évolution du potentiel d'oxydoréduction (ORP).....	16
3.2	Suivi analytique chimique et biologique.....	17
3.2.1	Évolution des chloroéthènes (CE).....	17
3.2.2	Évolution des composés aromatiques volatils (BTEX).....	29
4	Conclusion.....	35
5	Annexe.....	36
5.1	Résultats du suivi chimique.....	36
5.2	Résultats du suivi biologique.....	42
5.3	Résultats du suivi physicochimique.....	44

**Ginger-Burgeap**  
M. Jacques Villemagne  
27, rue de Vanves  
92772 Boulogne Billancourt

Lyon, le 25 Octobre 2018

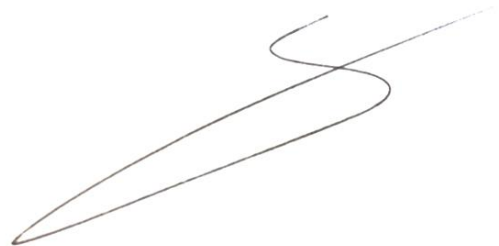
## **Pilote en Réalisation d'un pilote de traitement d'une nappe phréatique impactée par des solvants chlorés et des BTEX**

*N° de Rapport :*  
ENOVERAP016-1802v1  
*Référence Projet :*  
Murs à pêches

*Responsable de l'étude :*      *Validation :*



Malandain Cédric  
tél : 06.18.00.67.59  
c.malandain@enoveo.com

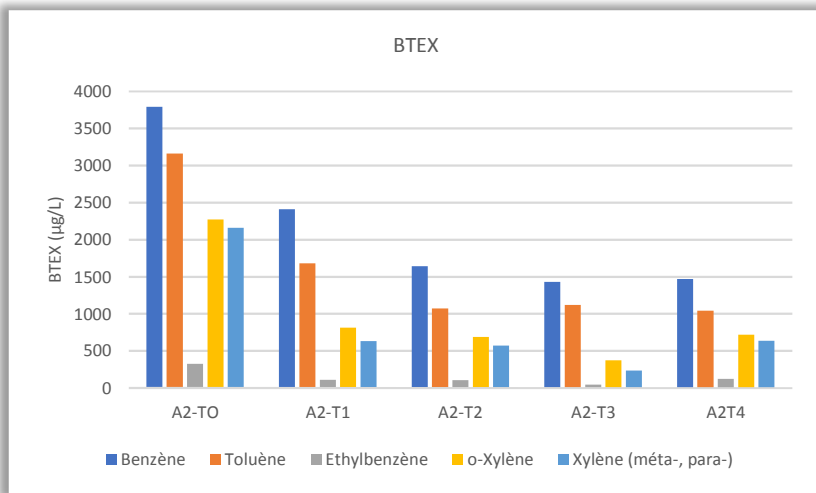
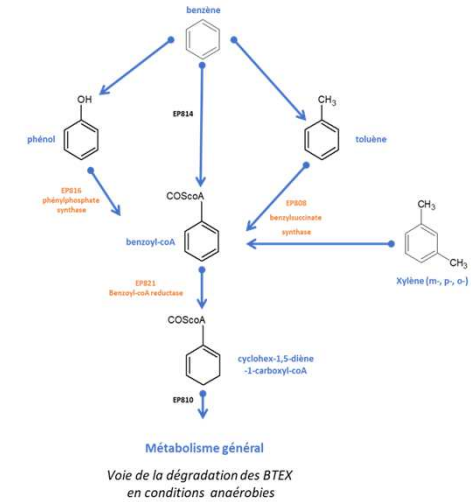
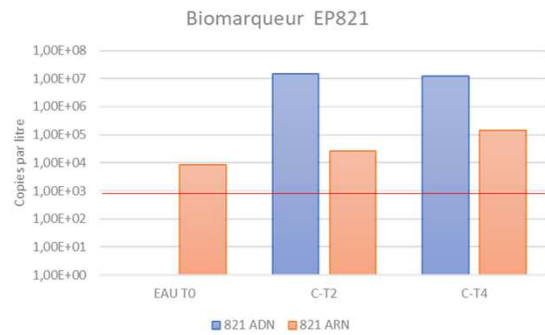
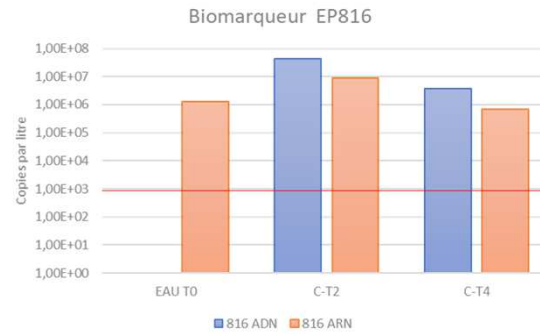
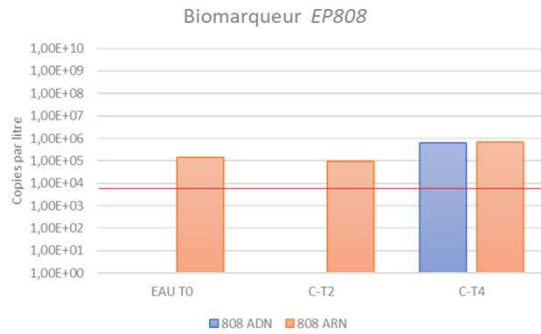


Olivier Sibourg

*Référence devis :*  
ENO1802-022v2

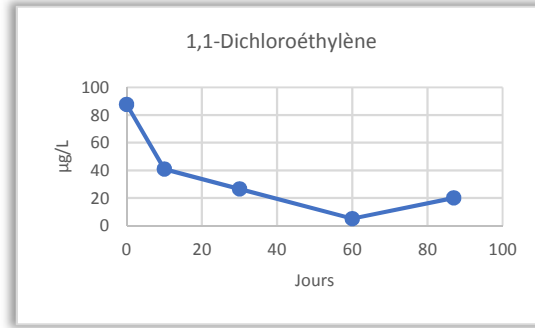
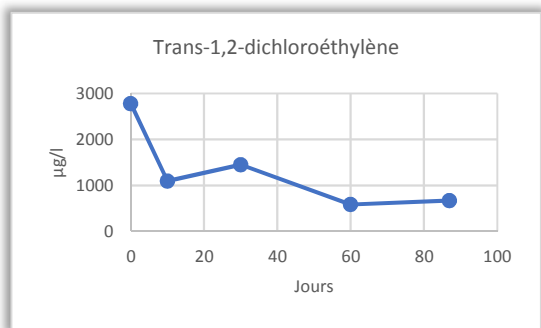
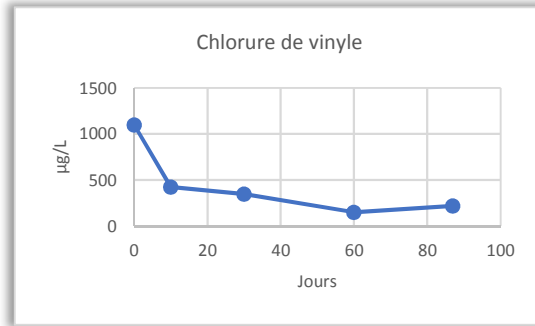
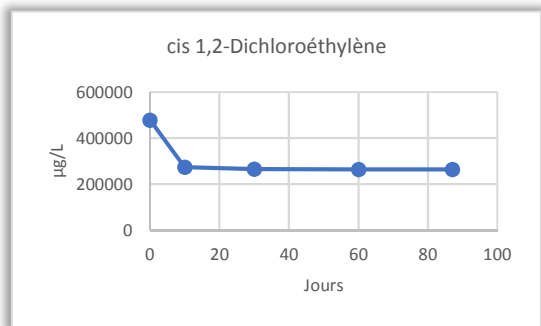
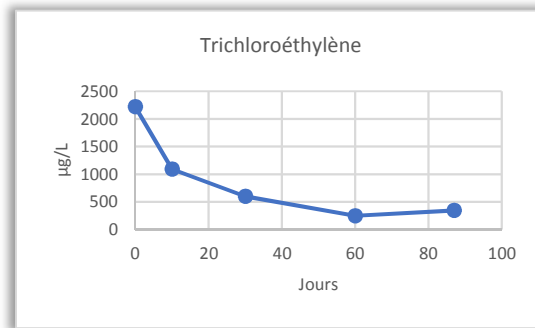
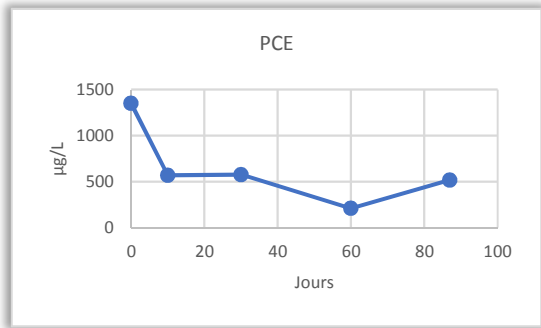
## **Annexe 5. Rapport d'ENOVEO**

# Suivi de la dégradation des BTEX: C

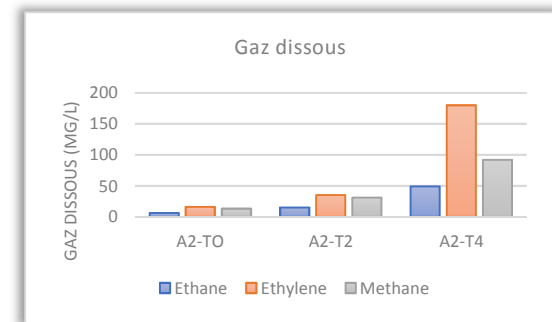


- Les COHV présente un abattement important après le T0 puis se stabilisent.
- Les biomarqueurs EP816 et 821 indiquent une augmentation de densité et d'activité à T2 puis se maintiennent au T4.

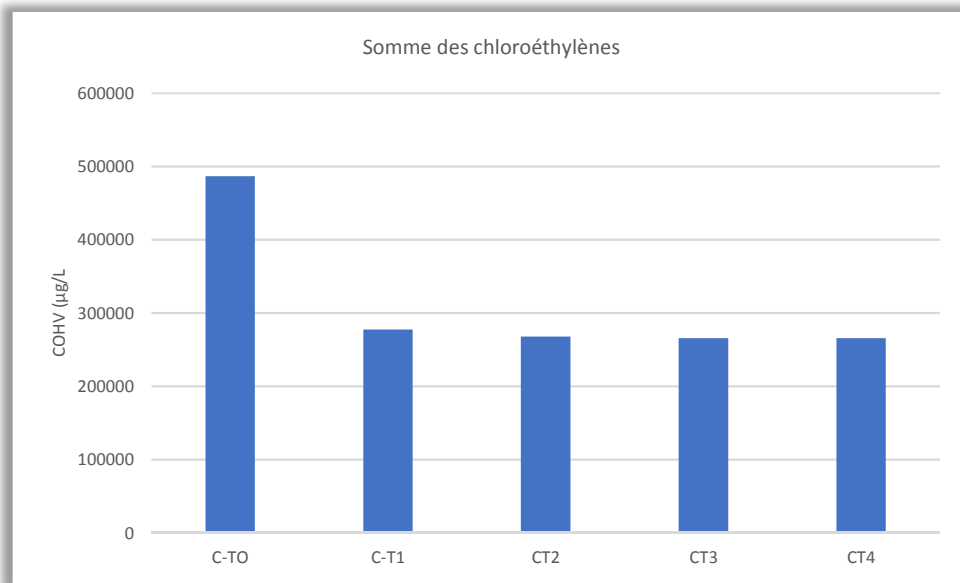
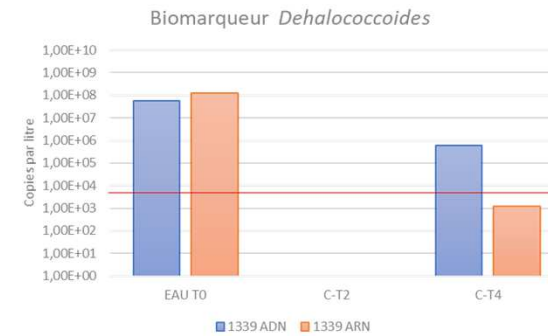
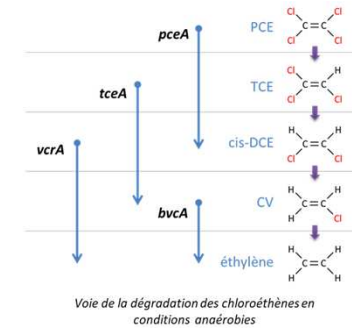
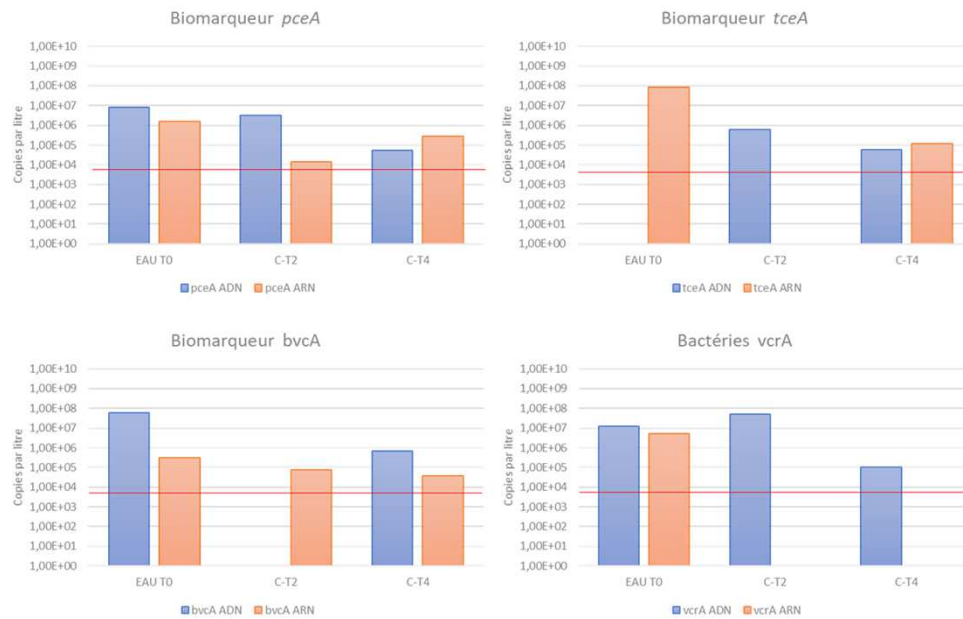




- Les concentrations sont fortement abattues entre le T0 et le T1.
- Les cis-12-DCE ne montrent plus d'évolution significatives après le T1.
- Les abattements observés semblent du majoritairement à la dégradation abiotique induite par le FZV.
- Les gaz dissous mesurés augmentent entre les différents points.



# Suivi de la dégradation des COHV: C

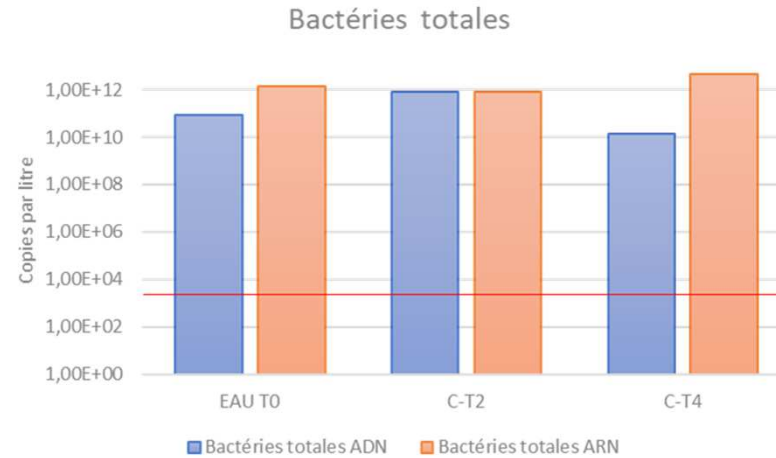
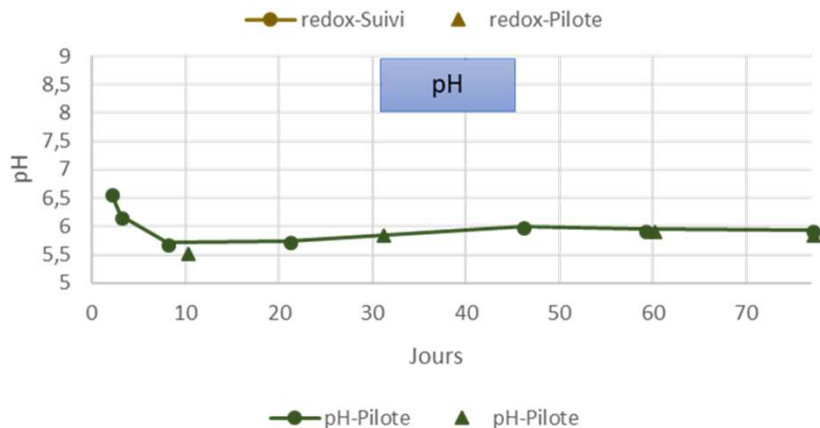
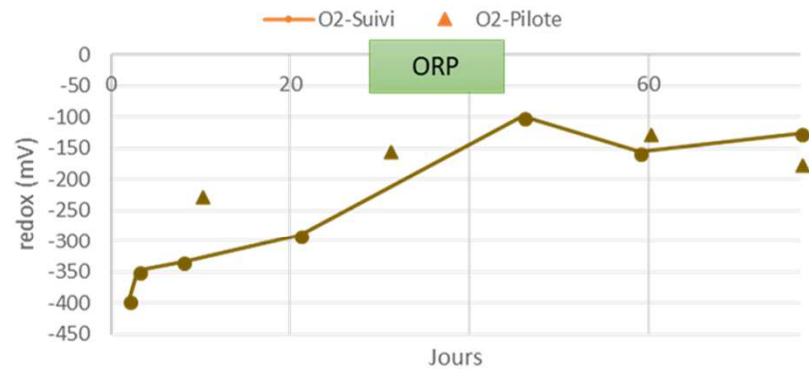
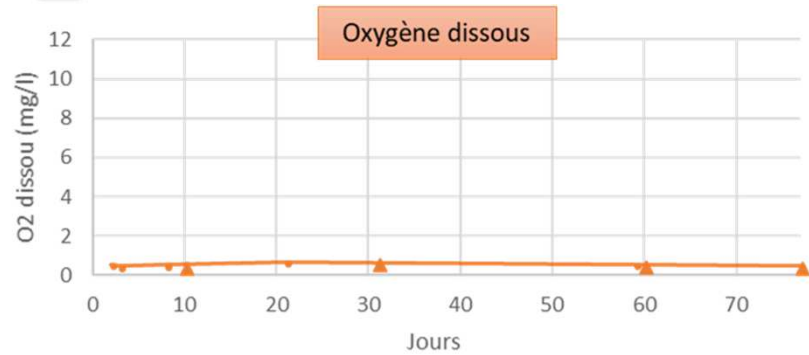


- Les COHV présente un abattement important après le T0 (plusieurs données du cis-12-DCE) manquantes remplacées par moyenne) puis une stabilisation dans le temps est observée.
- Les biomarqueurs diminuent au cours du temps.



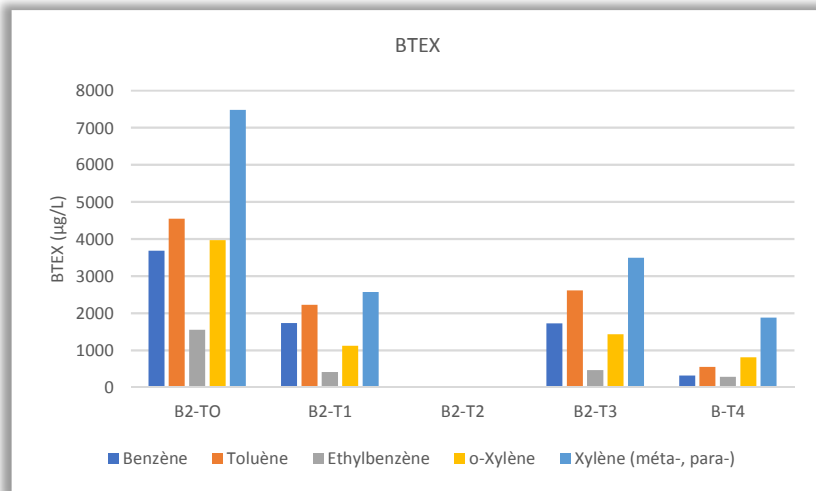
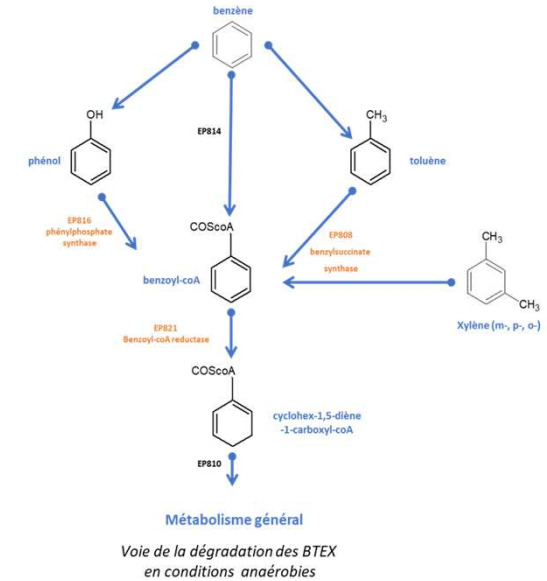
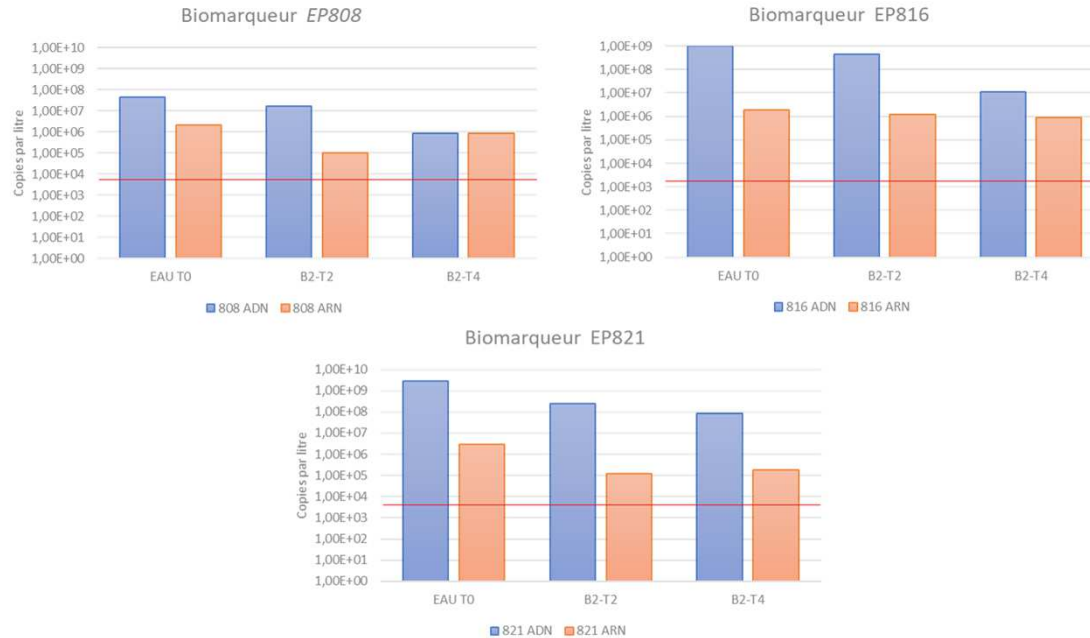


## Suivi physicochimique et biologique (Bact. Tot.): Série C

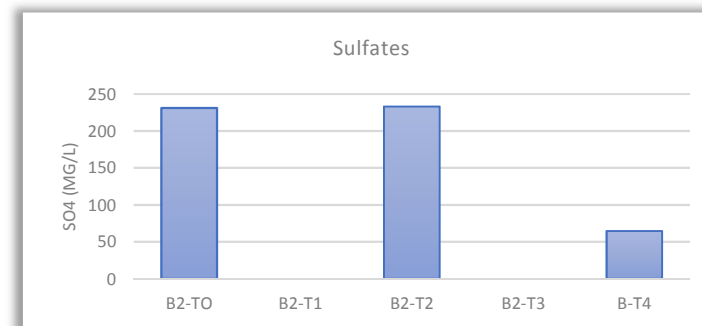


- Des conditions fortement réductrices se sont installées dès le début du pilote puis l'ORP augmente progressivement pour se stabiliser.
- Le pH est diminué de 1 point.
- La densité et l'activité bactérienne restent importantes et constantes au cours du temps.

# Suivi biologique (dégradation): Séries B2



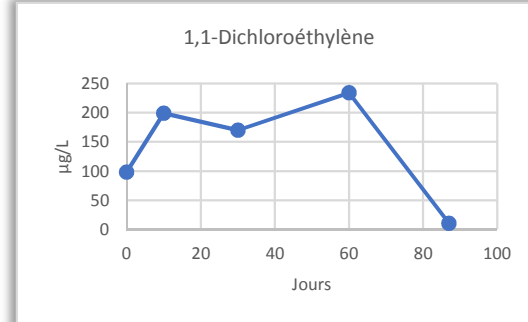
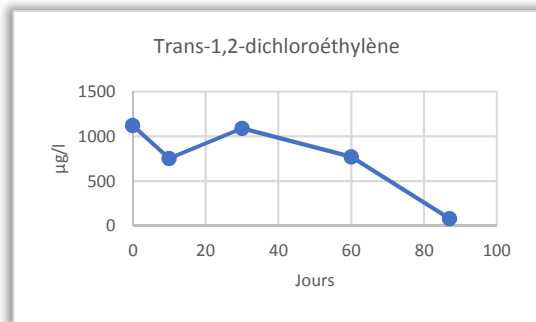
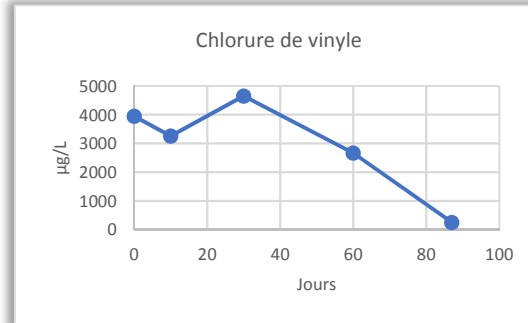
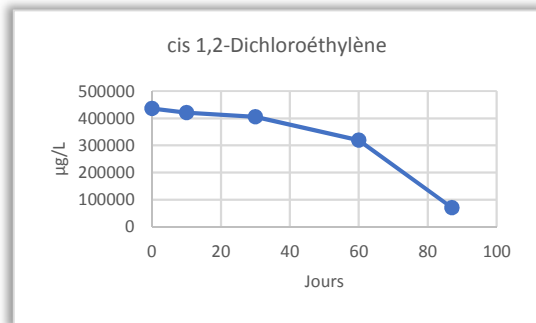
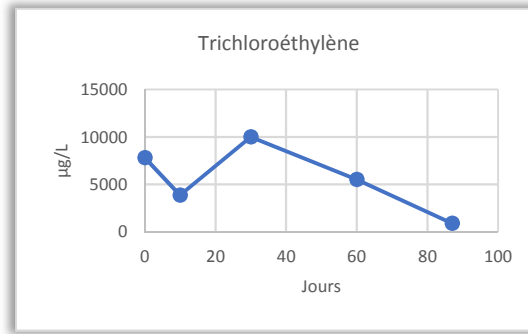
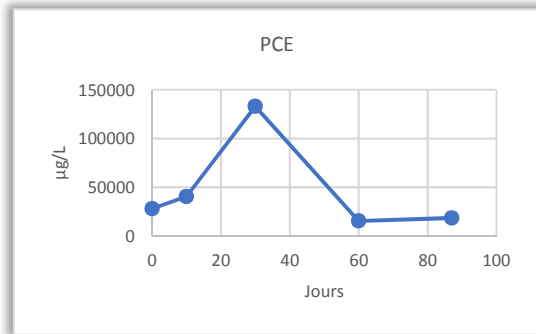
Le point T2 n'a pas été pris en compte.



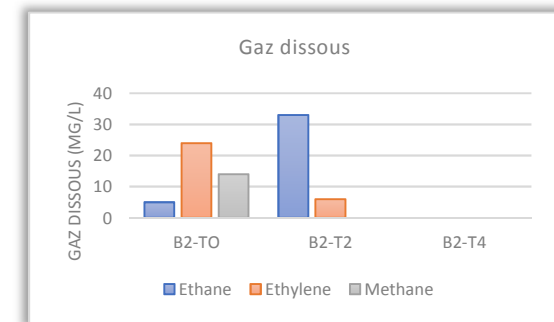
- Une baisse importante des BTEX est observée.
- La dégradation anaérobie des BTEX est connue pour être souvent couplés à la respiration des sulfates. Le pilote B2 est le seul montrant une consommation significative des sulfates.



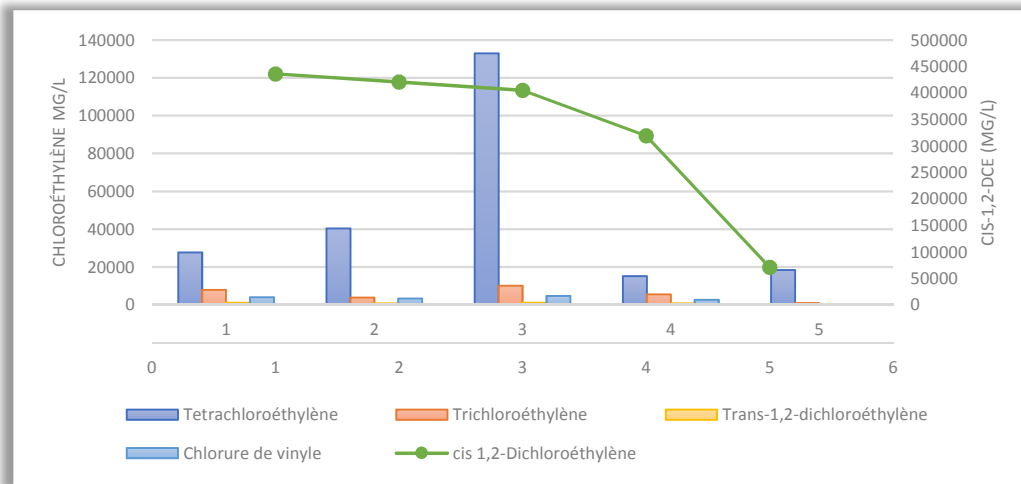
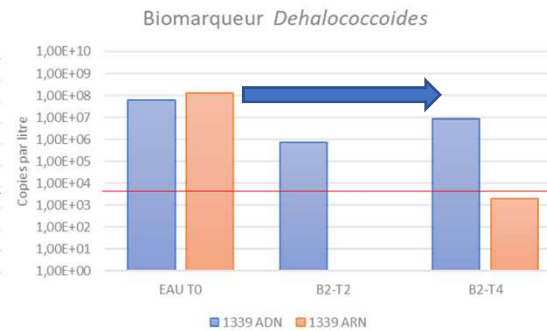
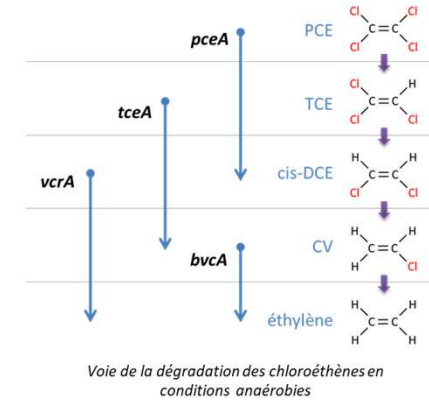
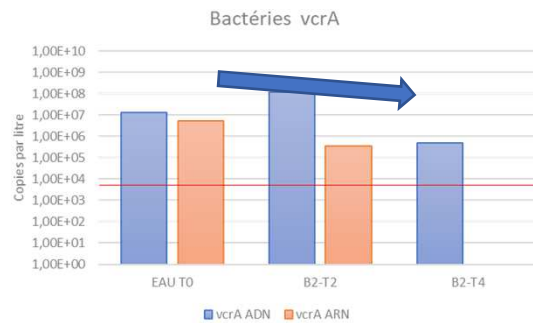
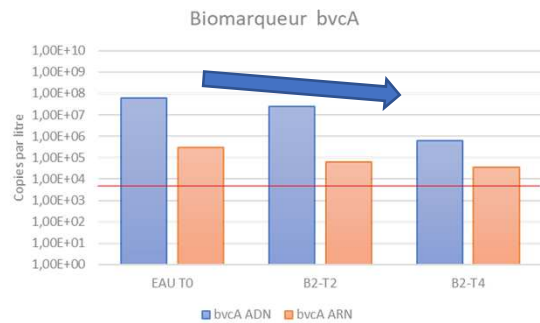
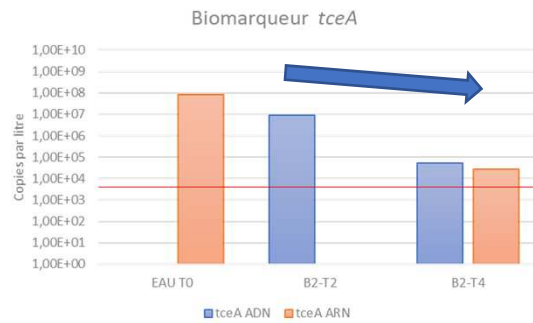
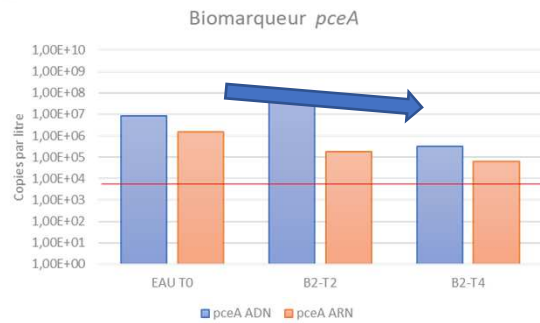
## Evolution des concentrations en chloroéthylènes: pilote B2



- Les concentrations en chloréthylène décroissent.
- Le PCE ne semblent pas affecté.
- Le TCE, le cis-12-DCE et le CV sont dégradés à partir du T2.
- Le CV ne s'accumule pas.
- Les gaz dissous sont présents lors du T0 et du T2 puis ne sont plus mesurés lors du T4.



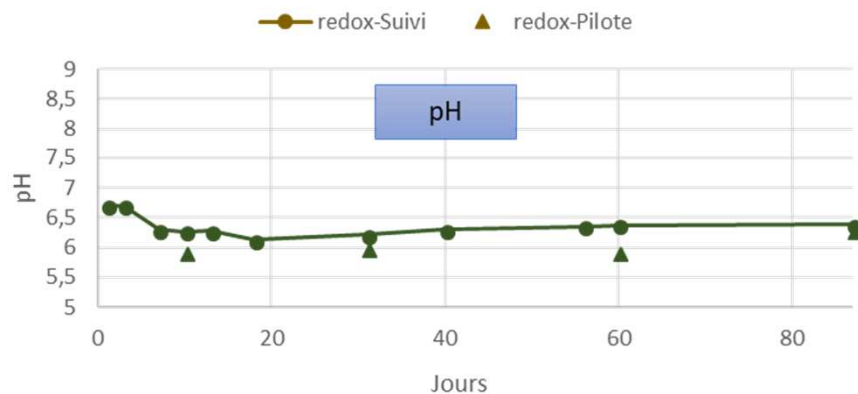
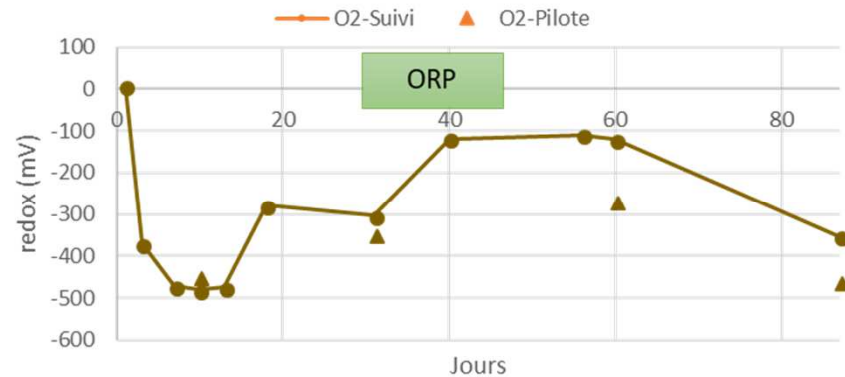
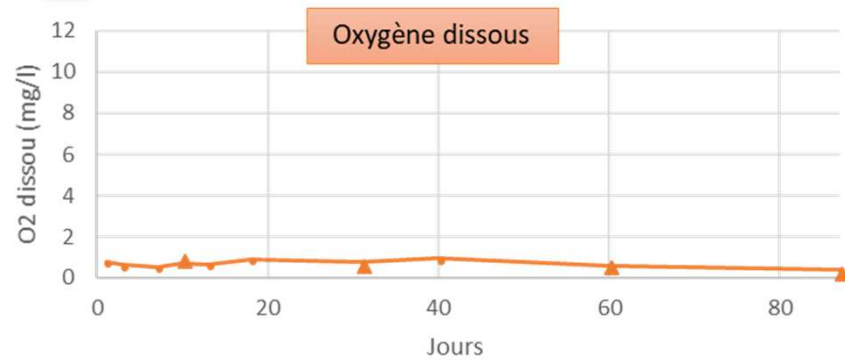
# Suivi de la dégradation des COHV: B2



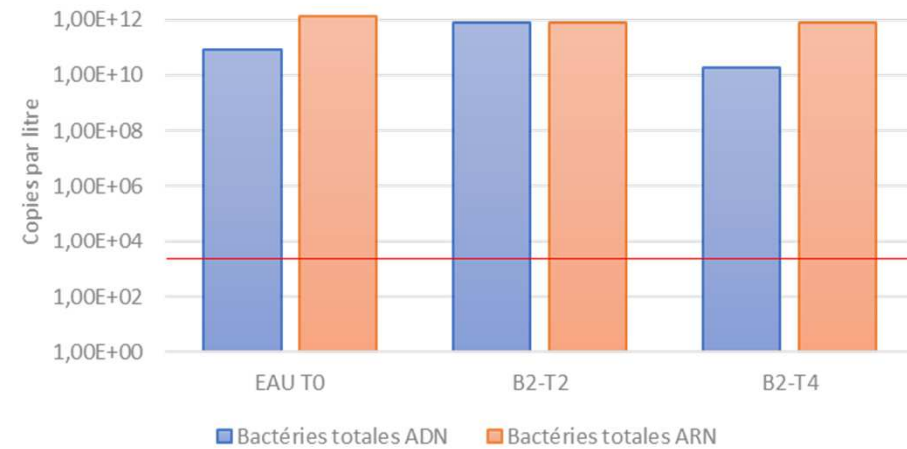
- Les biomarqueurs de la dégradation des COHV décroissent lors du T4.
- Les concentrations en COHV décroissent. Des mesures aberrantes (T2) ont été relevées.



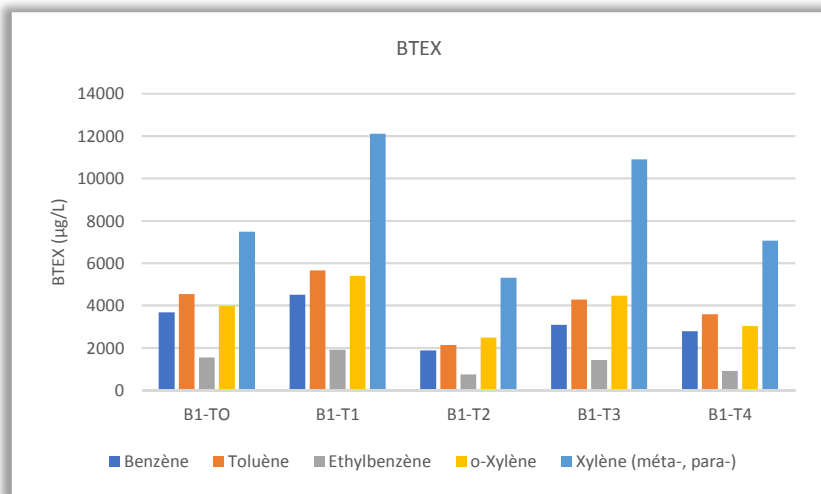
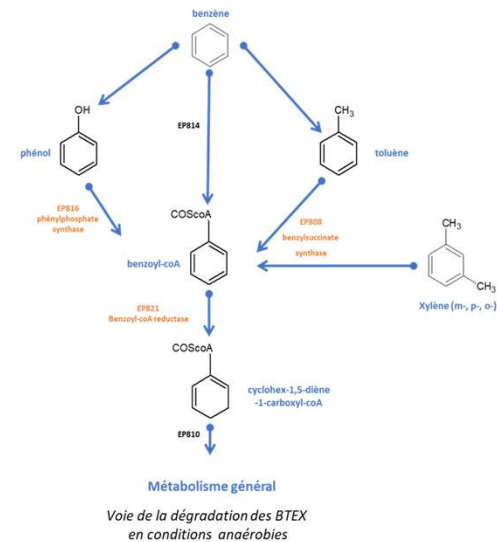
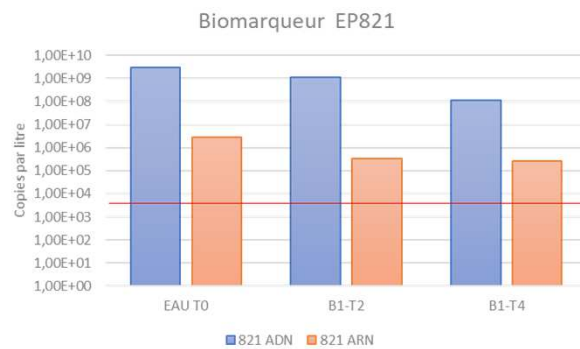
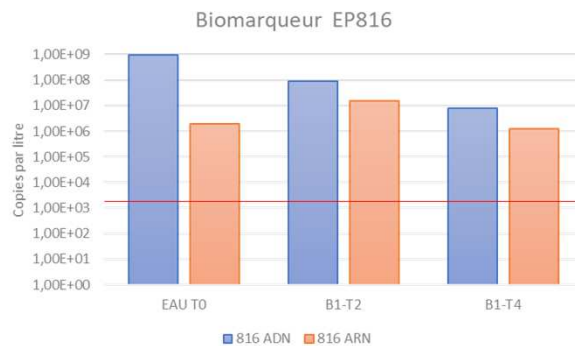
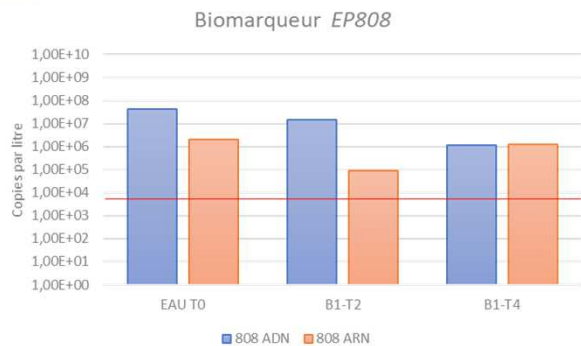
## Suivi physicochimique et biologique (Bact. Tot.): B2



### Bactéries totales



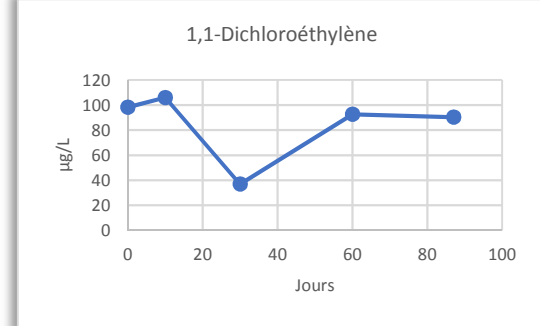
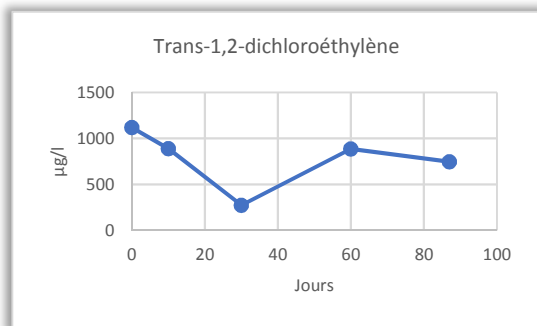
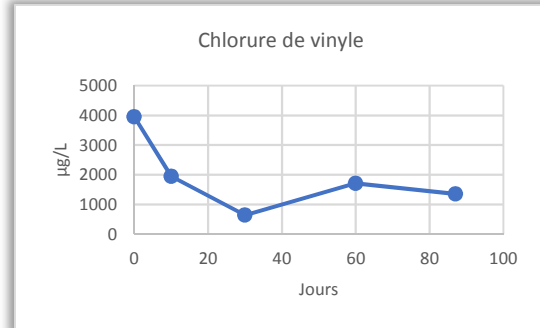
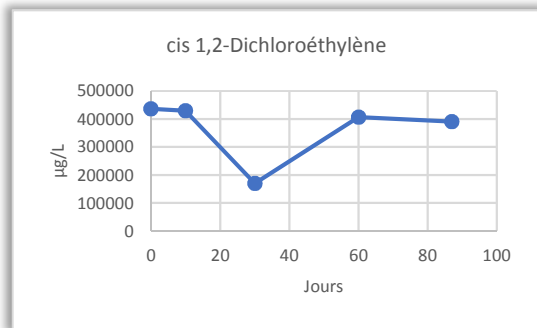
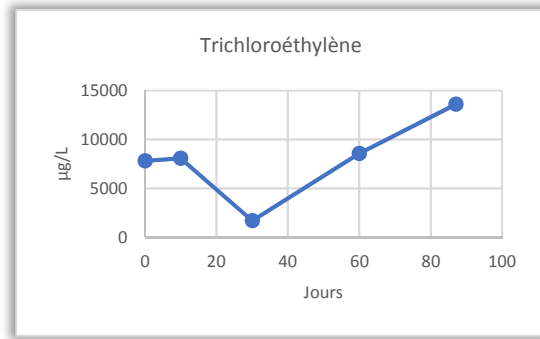
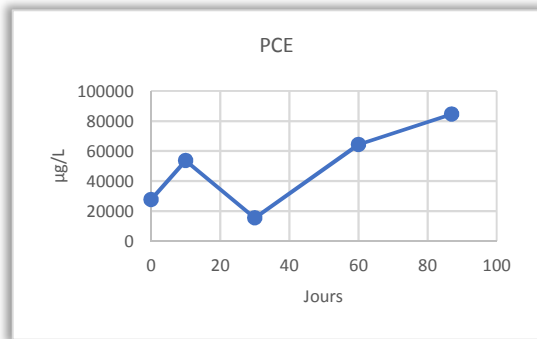
- Des conditions fortement réductrices se sont installées progressivement en début de pilote puis l'ORP augmente. Une deuxième phase plus réductrice semble être présente (à confirmer). Production de molécules ayant un effet sur le redox (ex: fumarate)?
- La densité et l'activité bactérienne restent importantes et constantes au cours du temps.



- Les concentrations en BTEX n'évoluent pas.
- Les biomarqueurs, bien que présents, décroissent au cours du temps.

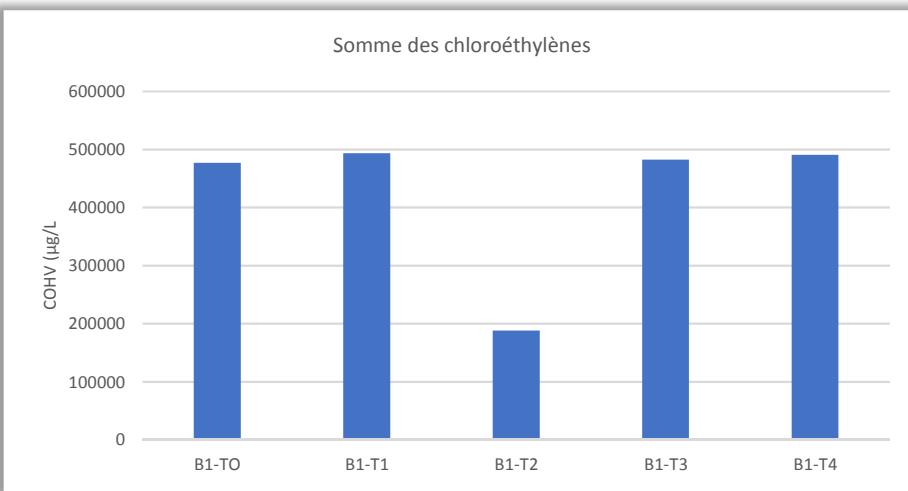
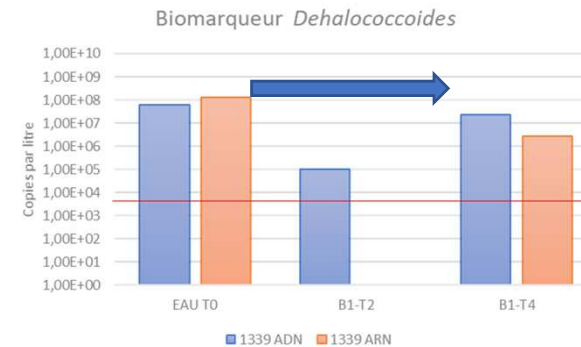
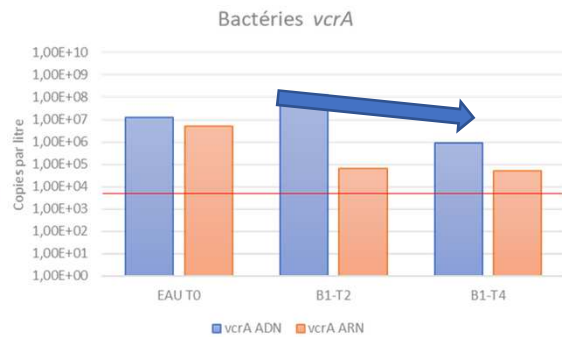
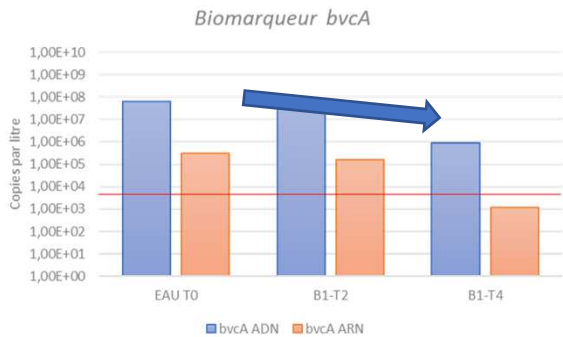
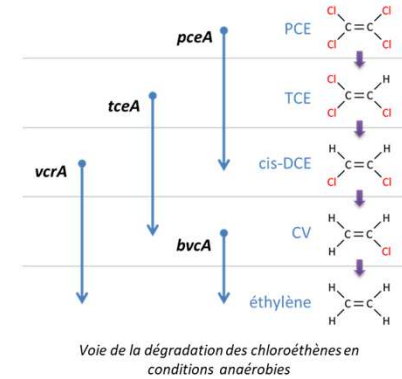
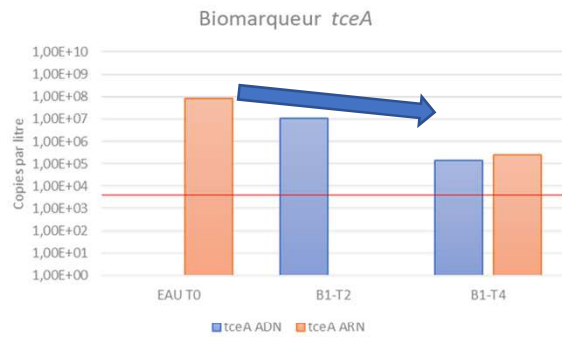
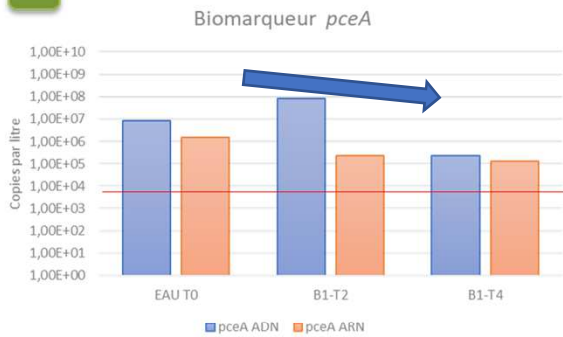


## Evolution des concentrations en chloroéthylènes: pilote B1



- Il n'y a pas de dégradation significatives des chloroéthylènes dans ce pilote.
- Le PCE et le TCE augmente sensiblement de manière atypique.
- Le cis-12-DCE reste stable.
- Le CV décroît entre T0 et T2 puis se stabilise.

# Suivi de la dégradation des COHV: B1

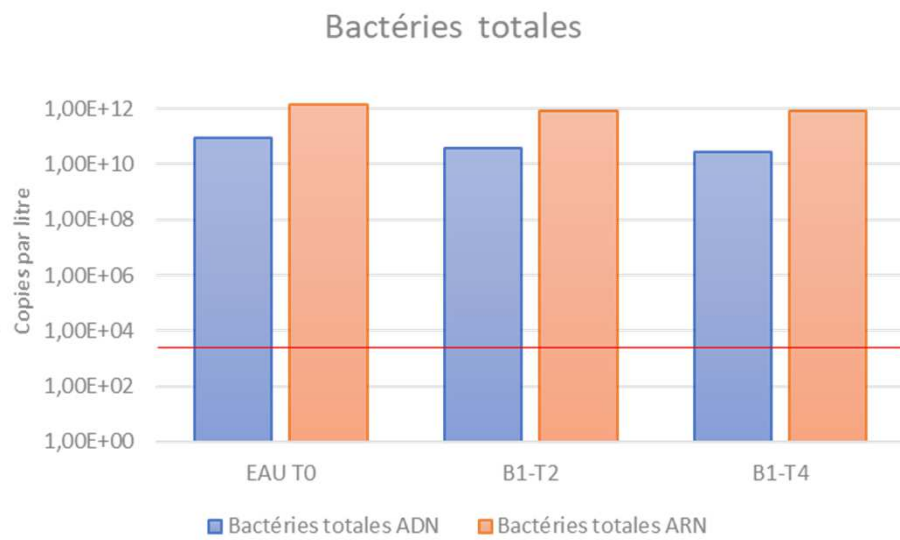
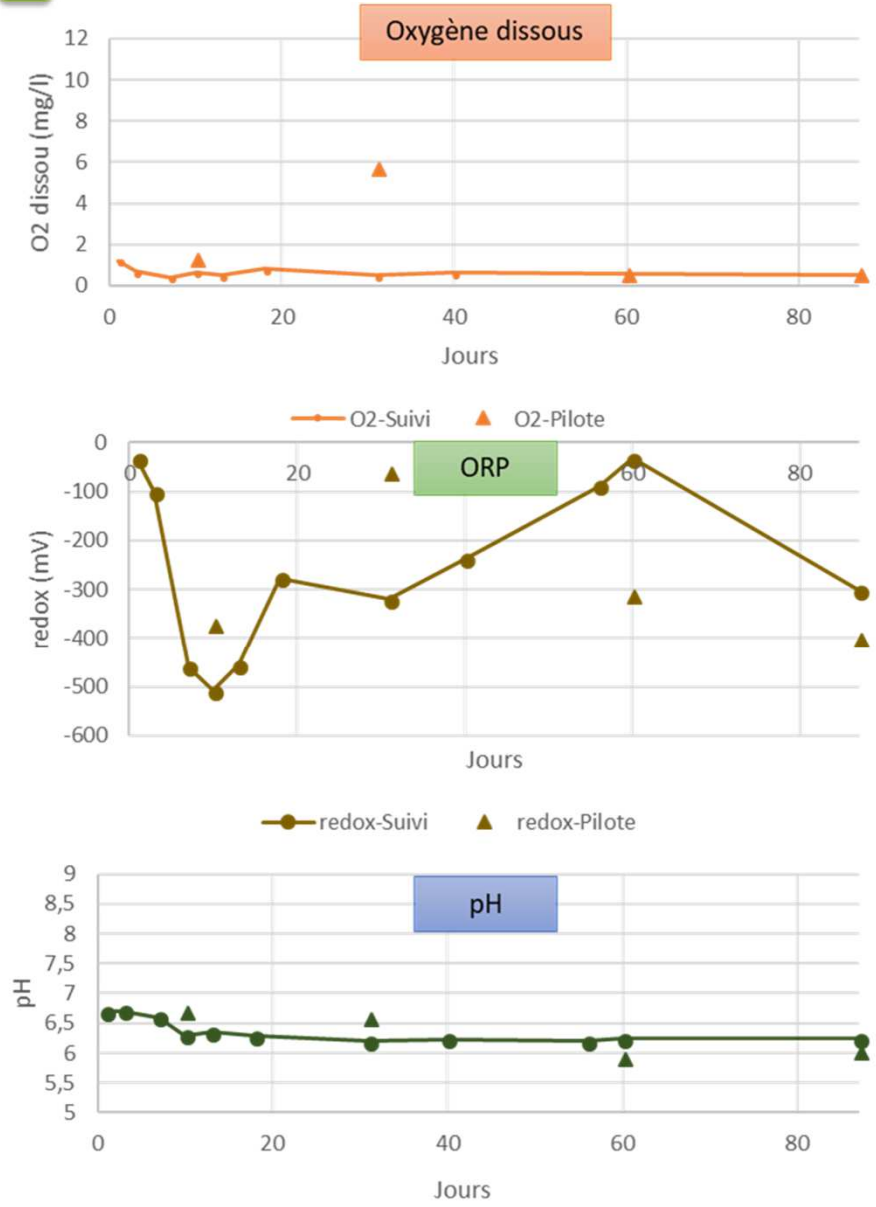


- Les biomarqueurs de la dégradation des COHV décroissent entre le T2 et le T4. *Dehalococcoides* se maintient ou s'est rétabli.
- Les concentrations en COHV n'évoluent pas au cours du temps.





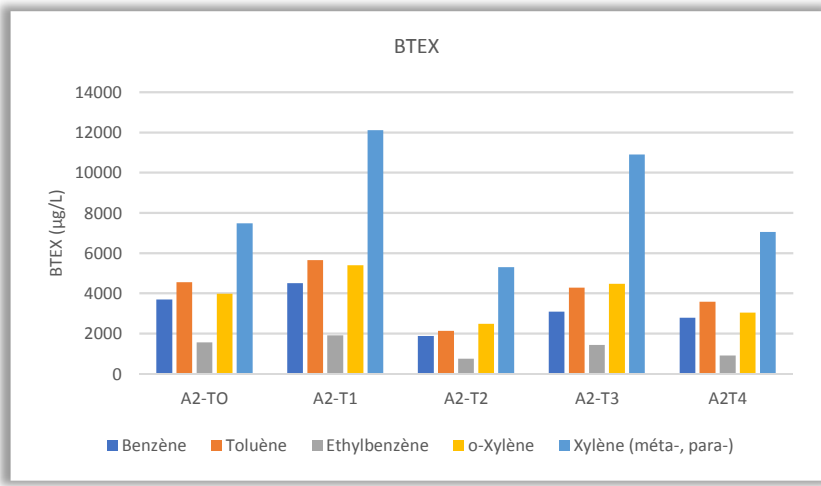
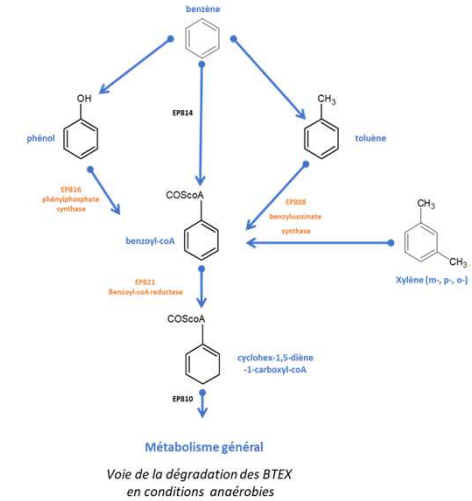
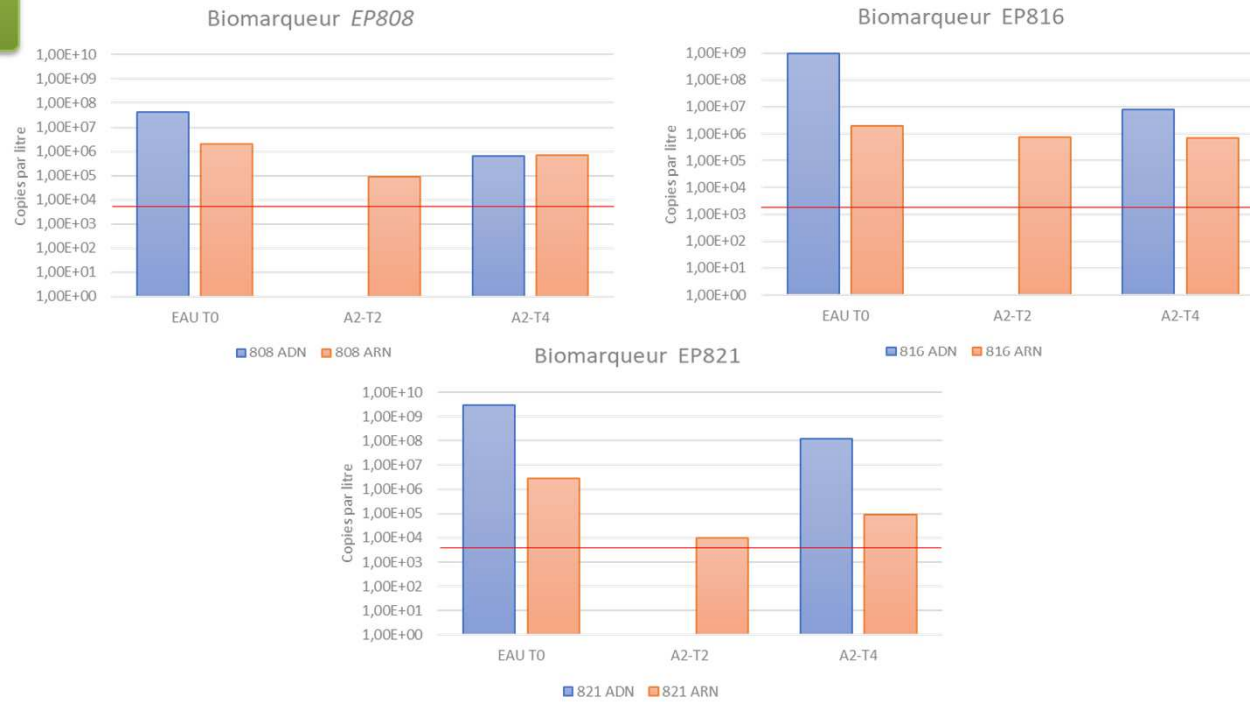
# Suivi physicochimique et biologique (Bact. Tot.): Série B1



- Des conditions fortement réductrices se sont installées progressivement et sont stables au cours du temps.
- La densité et l'activité bactérienne restent importantes et constantes au cours du temps.



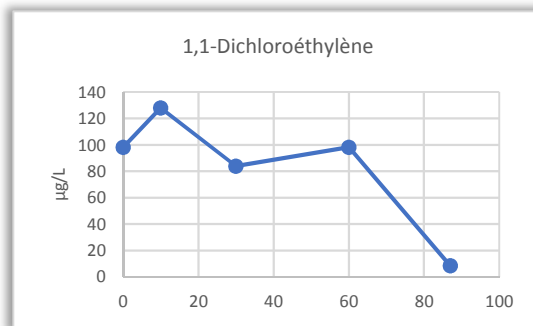
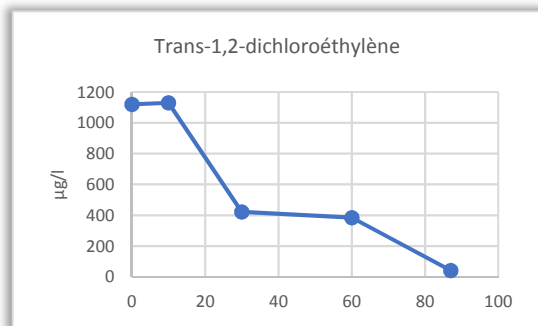
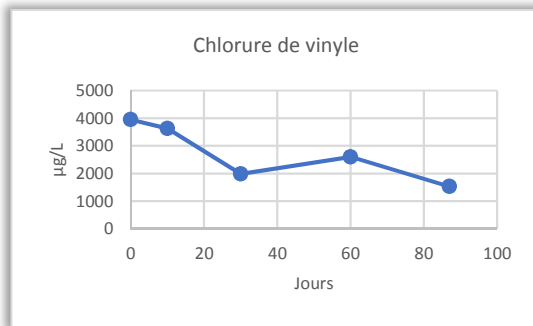
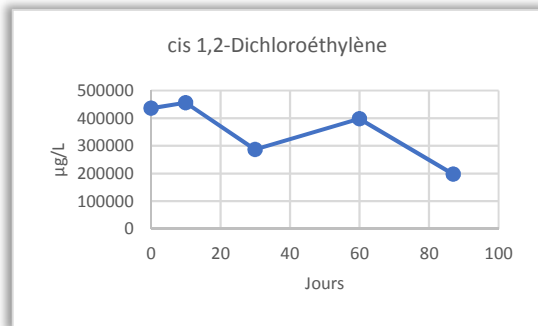
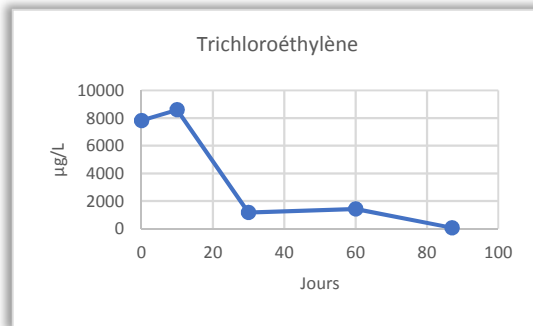
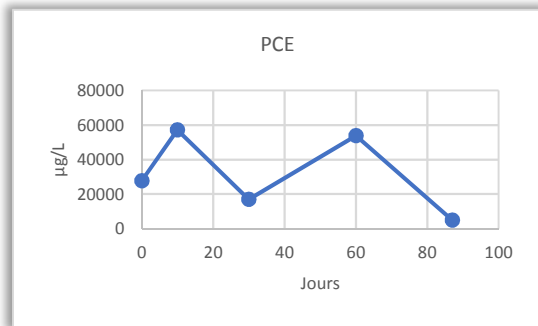
# Suivi de la dégradation des BTEX : A2



- Les biomarqueurs de la dégradation des BTEX sont présents et se maintiennent au cours du temps.
- Il n'y a pas d'évolution des BTEX observés.

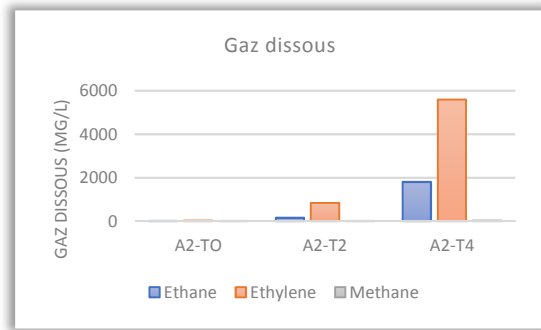
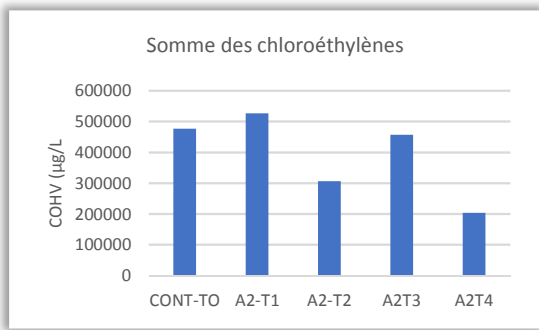
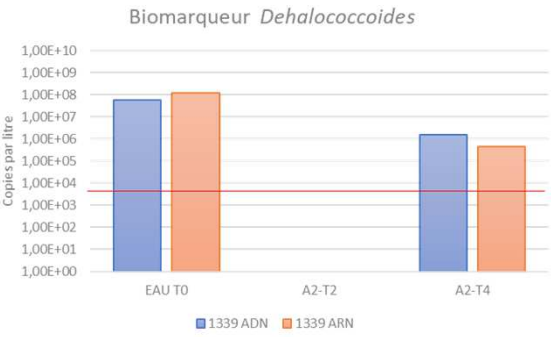
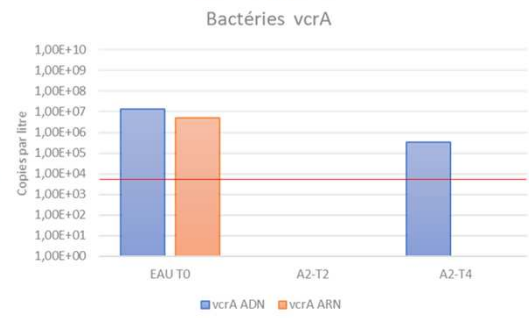
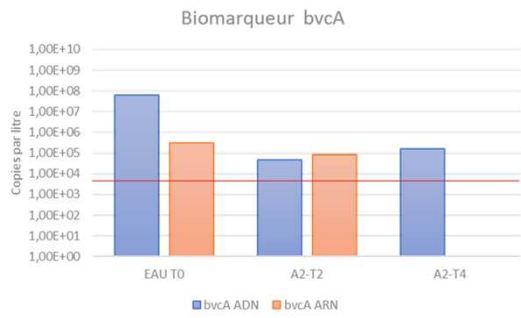
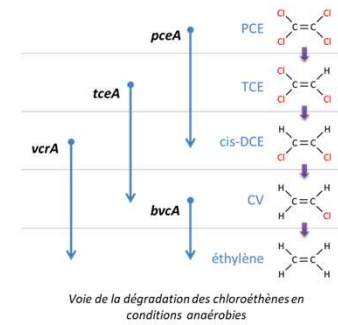
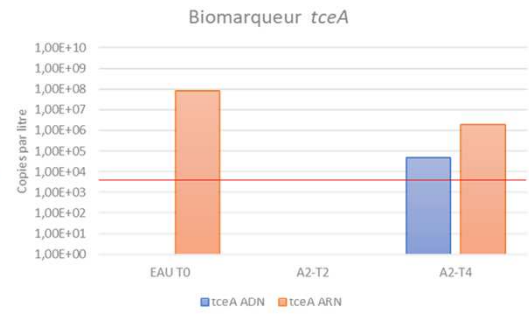
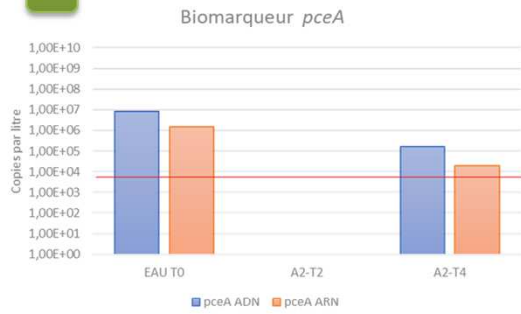


## Evolution des concentrations en chloroéthylènes: pilote A2



- Tous les chloroéthylènes présentent une baisse de leurs concentrations.

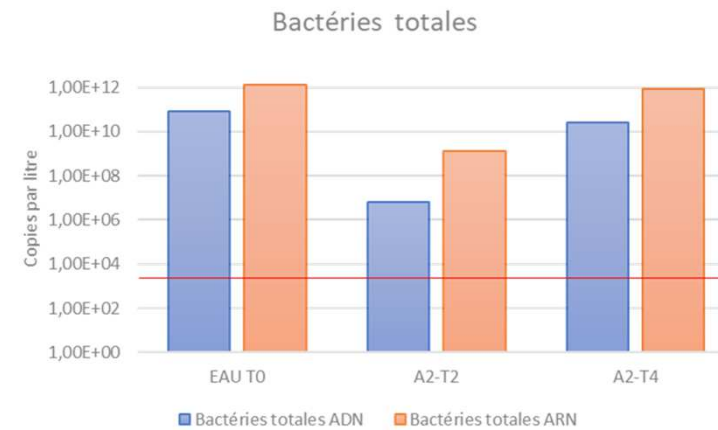
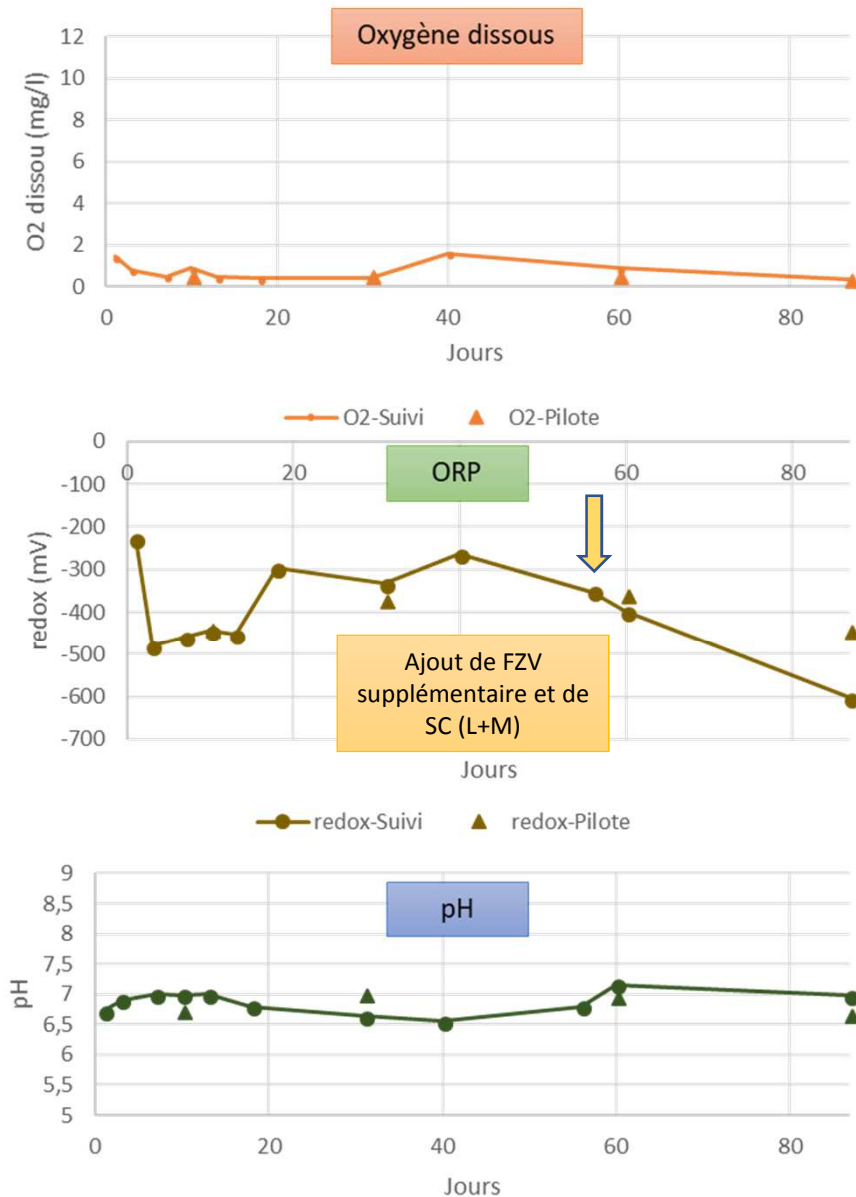
# Suivi de la dégradation des COHV: pilote A2



- Les biomarqueurs de la dégradation des COHV décroissent fortement.
- Les concentrations en COHV montrent une baisse significative lors du T4.
- La production importante d'éthylène et d'éthane est indicative d'une réduction par processus abiotique.

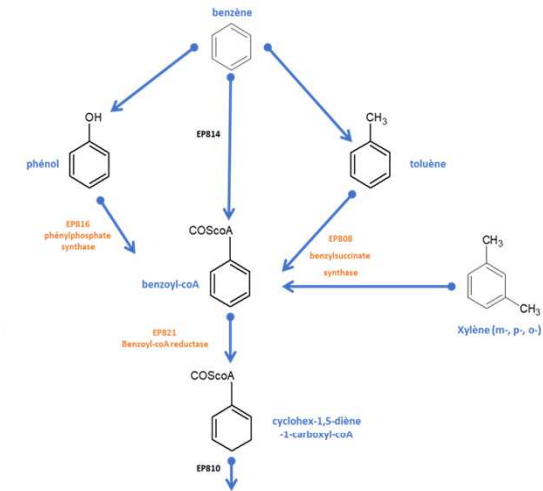
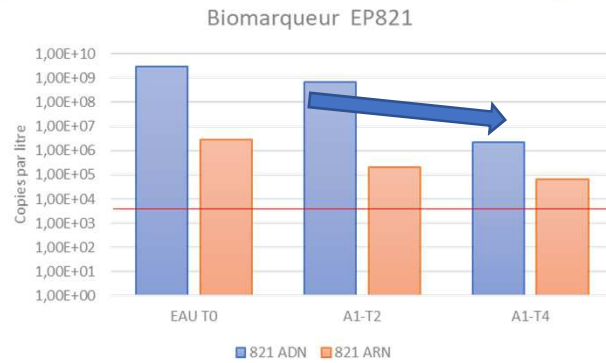
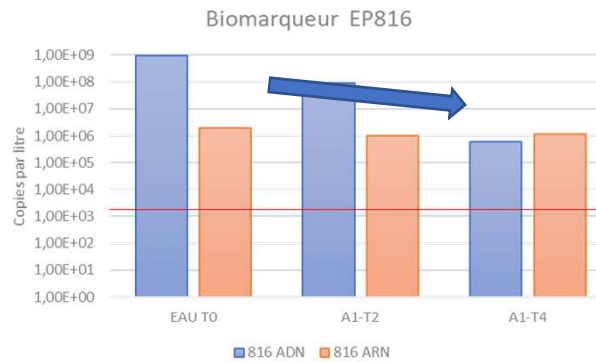
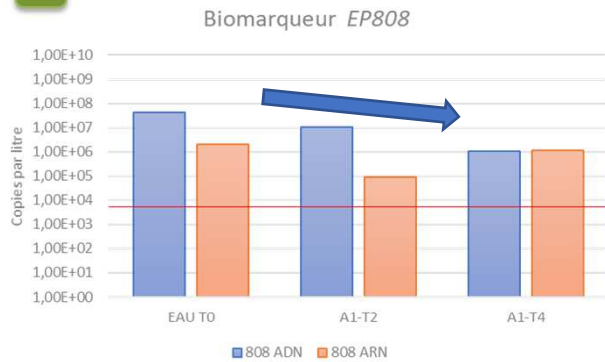


## Suivi physicochimique et biologique (Bact. Tot.): Série A2

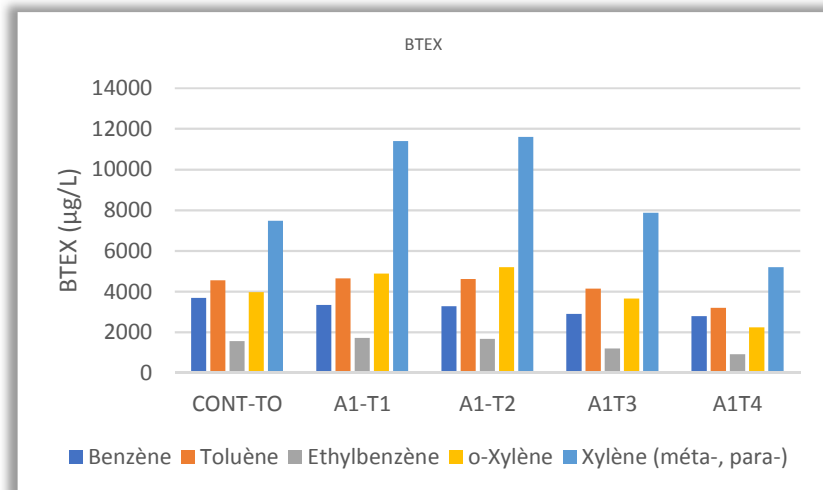


- Des conditions fortement réductrices sont établis dès l'ajout de FZV. Une augmentation de l'ORP est observée. Le deuxième amendement en FZV combiné avec l'ajout de SC ramène des conditions fortement réductrices.
- Les bactéries totales ont décréut entre le T0 et le T2, l'ajout de la SC a eu un effet dynamisant sur ces communautés lors du T4.

# Suivi de la dégradation des BTEX : A1



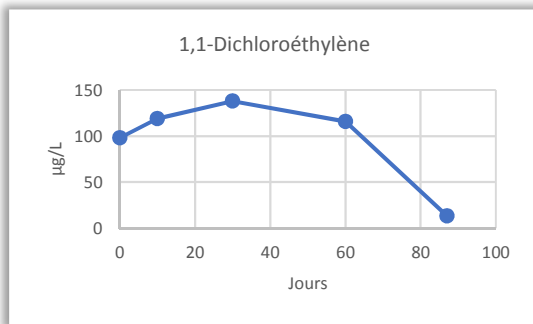
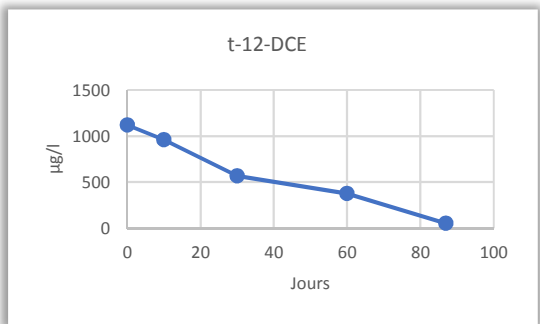
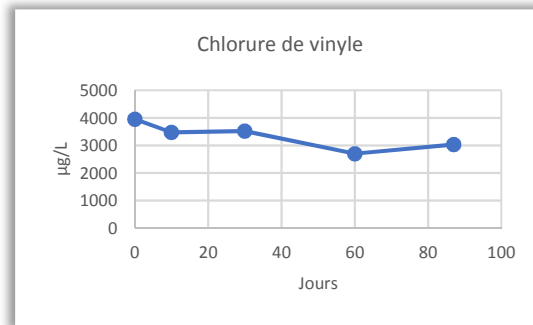
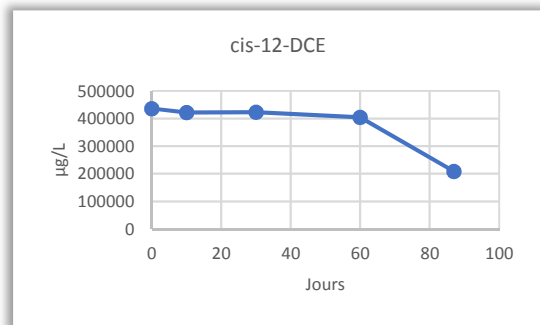
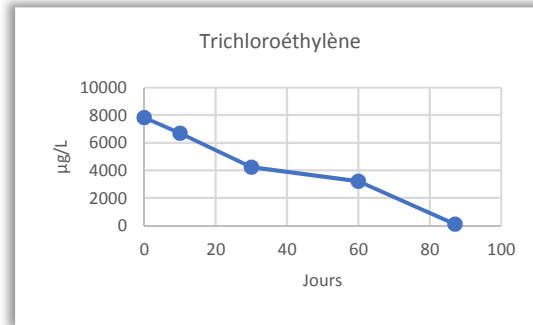
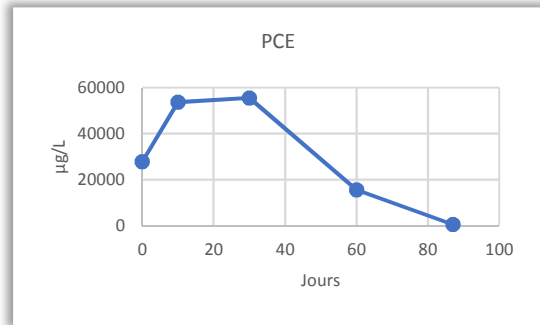
**Métabolisme général**  
Voie de la dégradation des BTEX en conditions anaérobies



- Les biomarqueurs sont présents mais voit leur desntité diminué au cours du temps.
- Les concentration en BTEX décroissent à partir du T3. Les xylènes (m- et p-) sont particulièrement affectés.



# Evolution des concentrations en chloroéthylènes: pilote A1

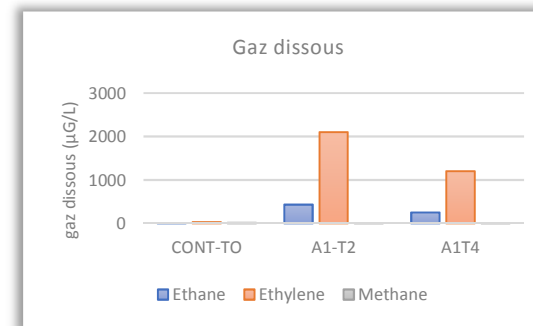
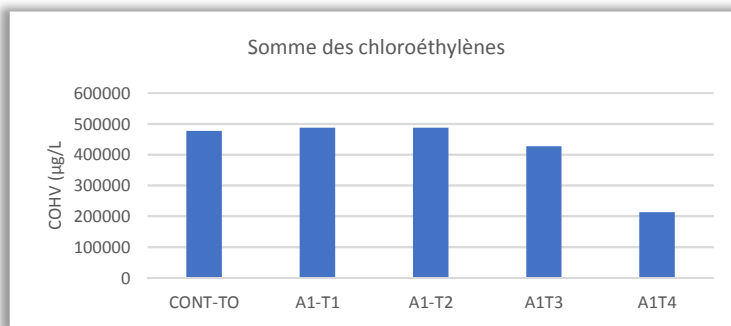
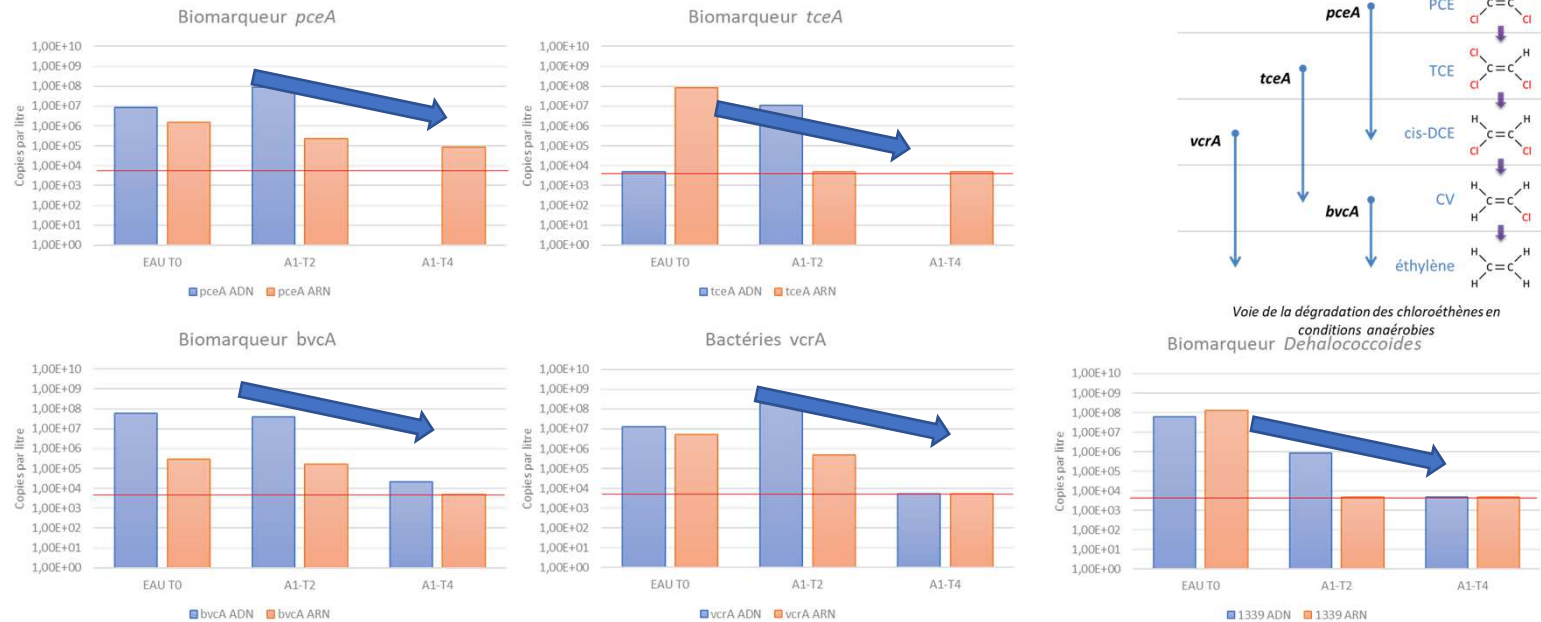


- Le PCE, TCE et cis-DCE sont dégradés.
- Dans le cas du PCE et du cis-DCE la décroissance est visible après le deuxième amendement en FZV.
- Les concentrations en CV ne sont pas significativement changées, ou la transformation du cis-12-DCE compense la baisse éventuelle.

- Les deux autres chloroéthylènes présentent des similarités de comportement avec les TCE et le cis-12-DCE.



# Suivi de la dégradation des COHV: pilote A1

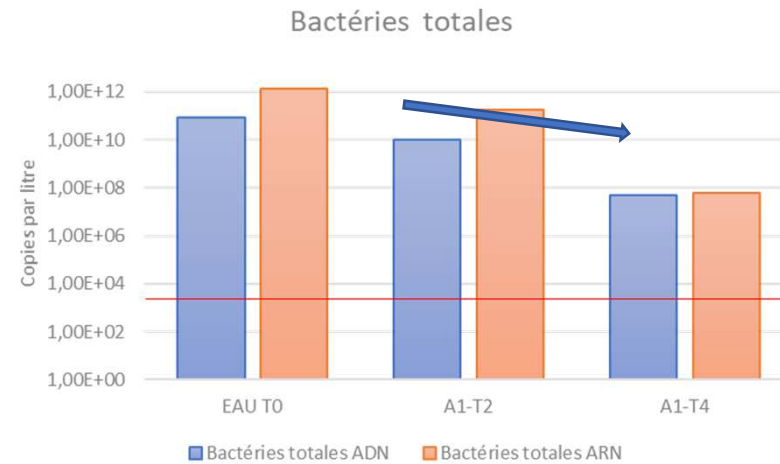
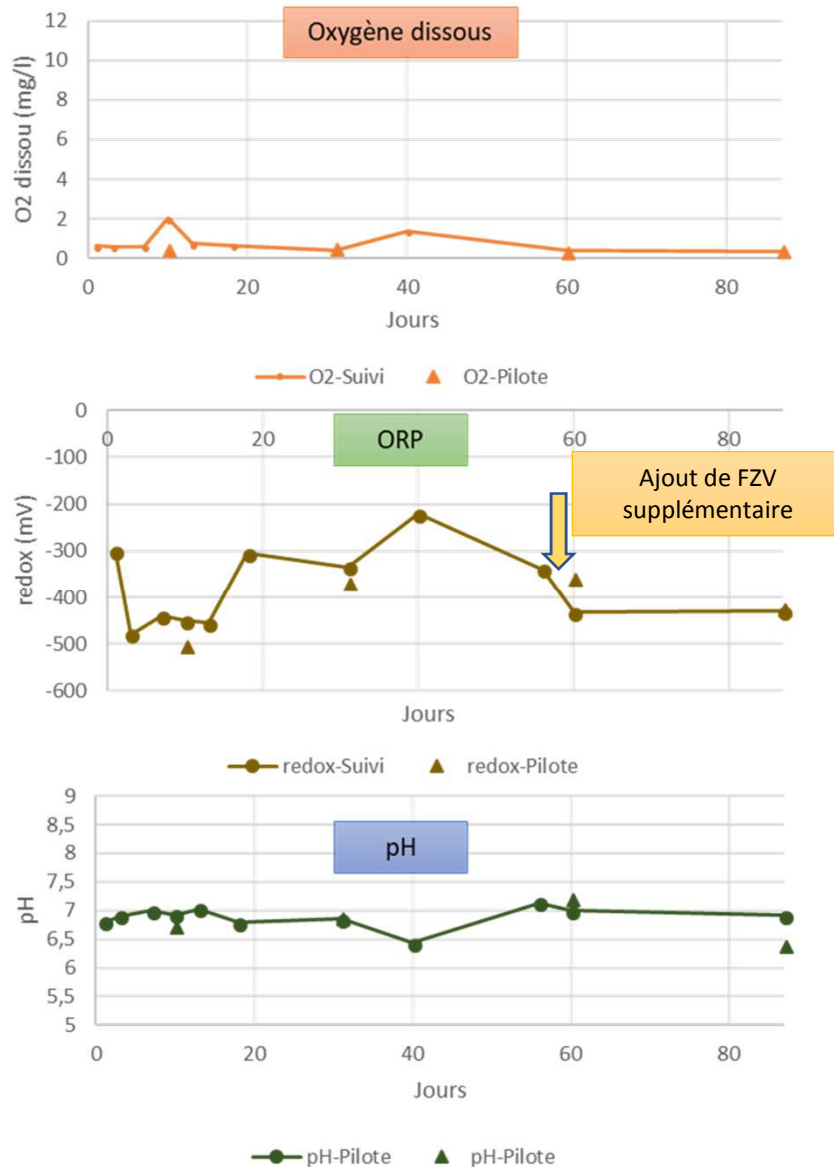


- Les biomarqueurs diminuent fortement au cours du temps.
- La somme des chloroéthylènes indique une baisse importante des concentrations lors du T4.
- Les gaz dissous indiquent une forte production d'éthylène et d'éthane ce qui est associé avec la réduction par fer zéro-valent des chloroéthylènes.



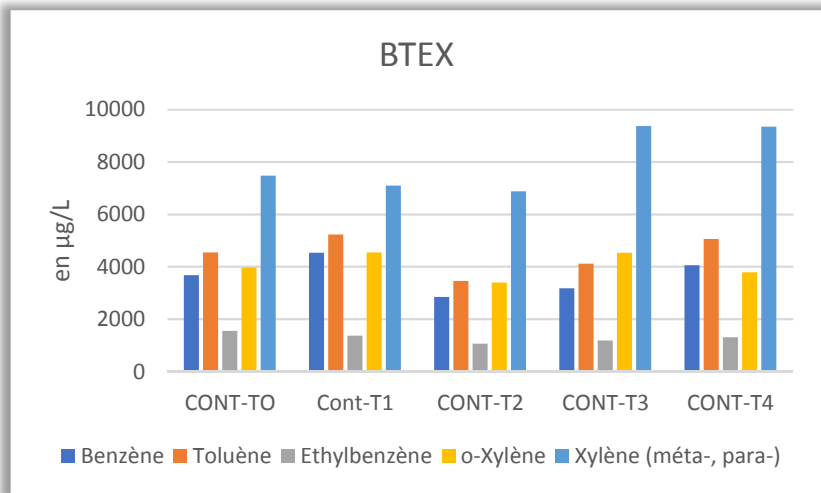
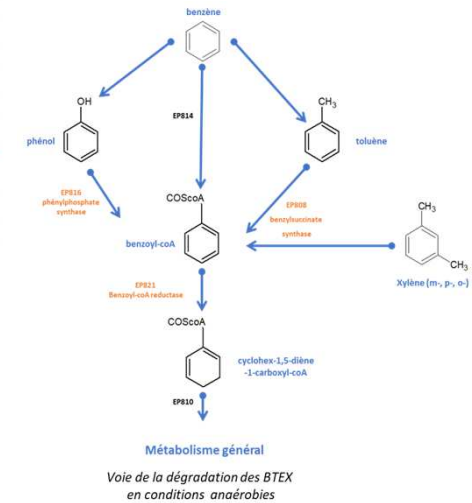
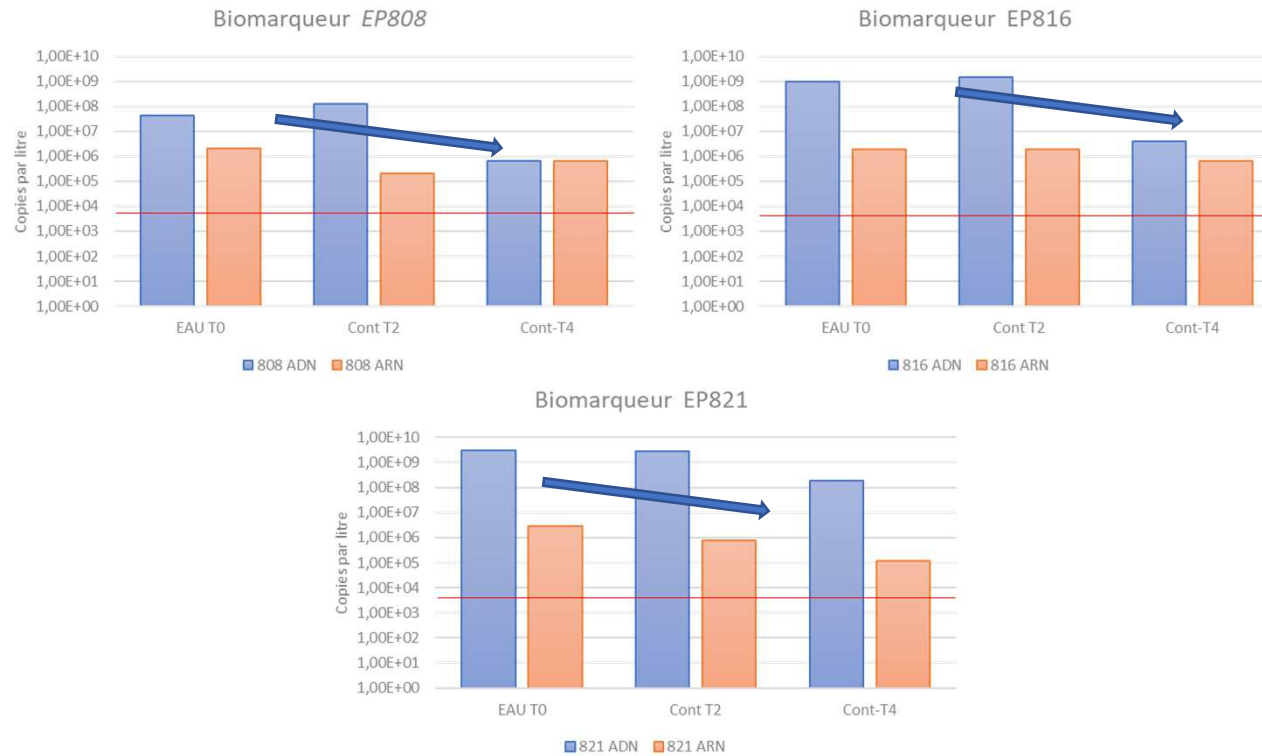


## Suivi physicochimique et biologique (Bact. Tot.): Série A1



- Des conditions fortement réductrices sont établies dès l'ajout de FZV. Une augmentation de l'ORP est observée. Le deuxième amendement en FZV rétablit les conditions fortement réductrices.
- Le pH est stable au cours du temps.
- La densité bactérienne diminue fortement au cours du temps.

# Suivi de la dégradation des BTEX: Contrôle



- Les gènes de la dégradation des BTEX décroissent en densité au cours du temps.
- Les concentrations en BTEX n'évoluent pas au cours du temps.



## Diapositive 11

---

**JV1**

solubilisation active du PCE.

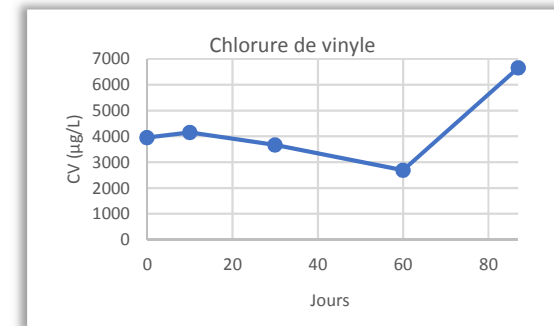
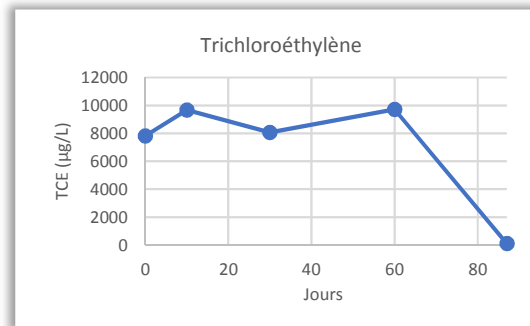
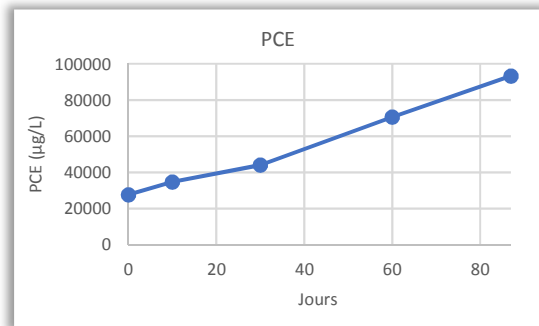
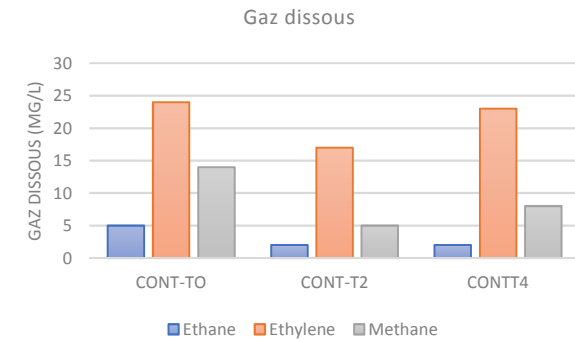
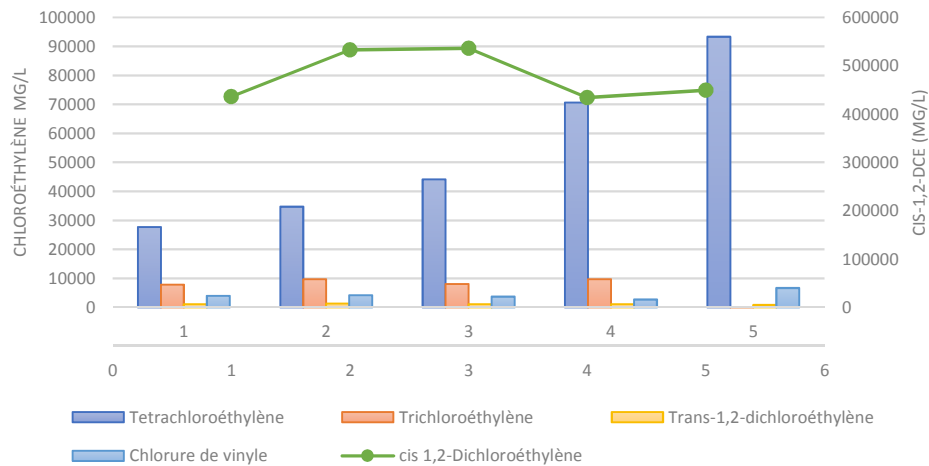
Jacques VILLEMAGNE; 24/07/2018

**JV2**

Le PCE représente plus de 90% des polluants adsorbés

Jacques VILLEMAGNE; 24/07/2018

# Evolution des concentrations en chloroéthylènes

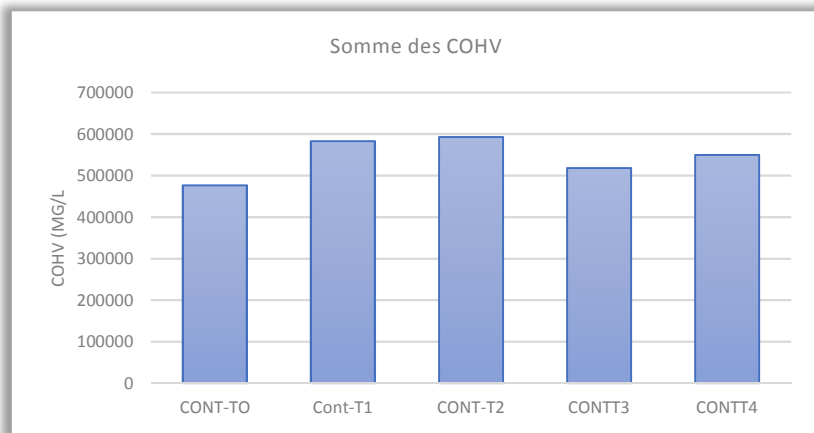
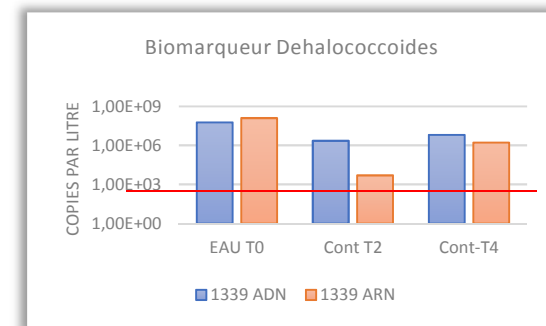
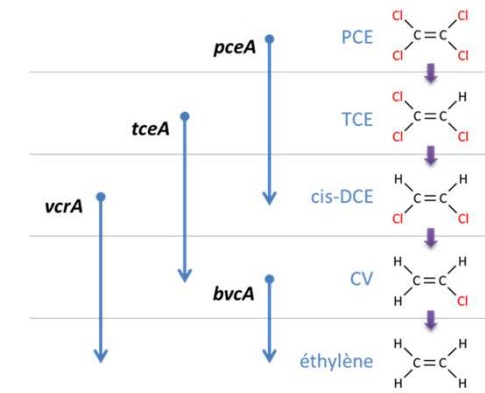
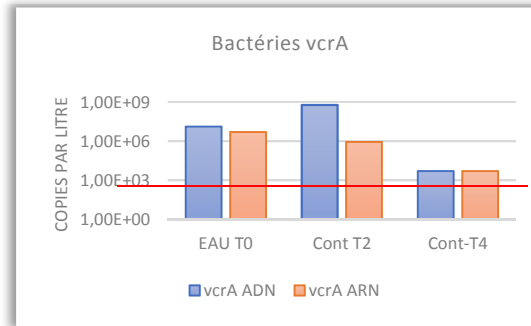
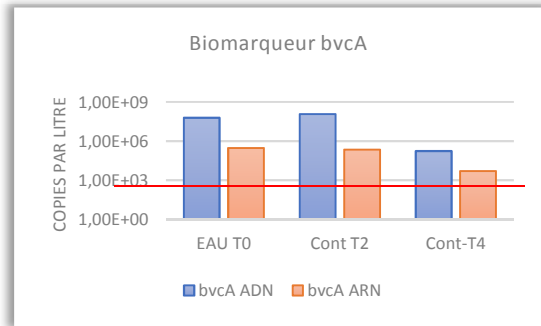
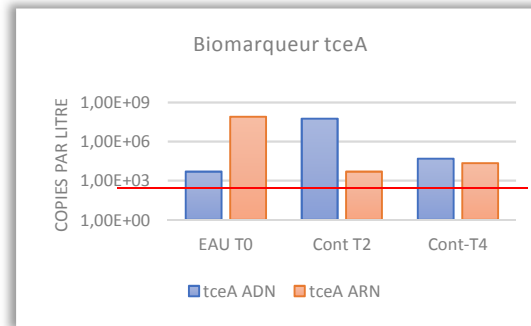
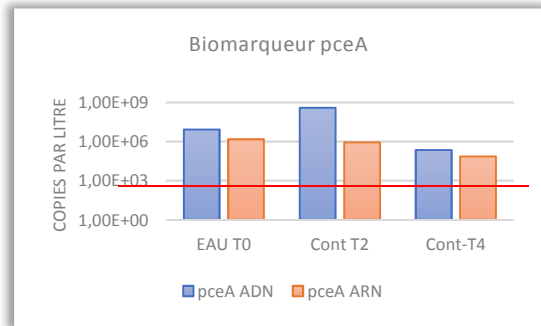


- Le cis-12\_DCE apparait stable au cours de l'expérimentation.
- **Le PCE présente une évolution atypique des concentrations**
- Le TCE diminue.
- Le CV augmente.
- Les gaz dissous sont stables au cours de l'expérimentation.

JV1  
JV2



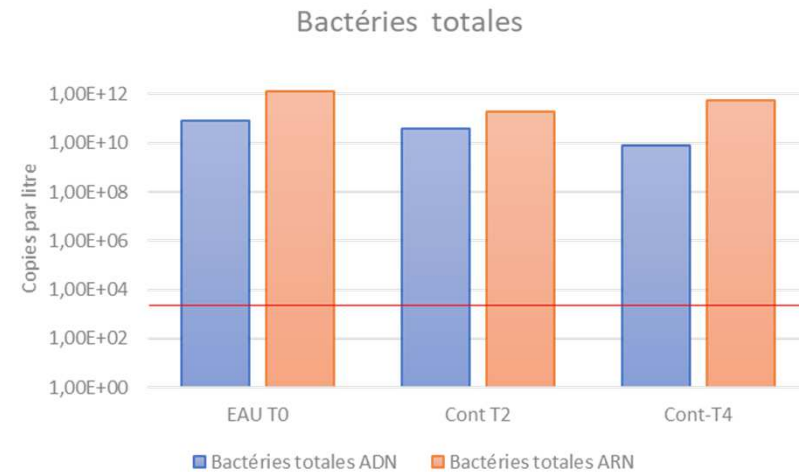
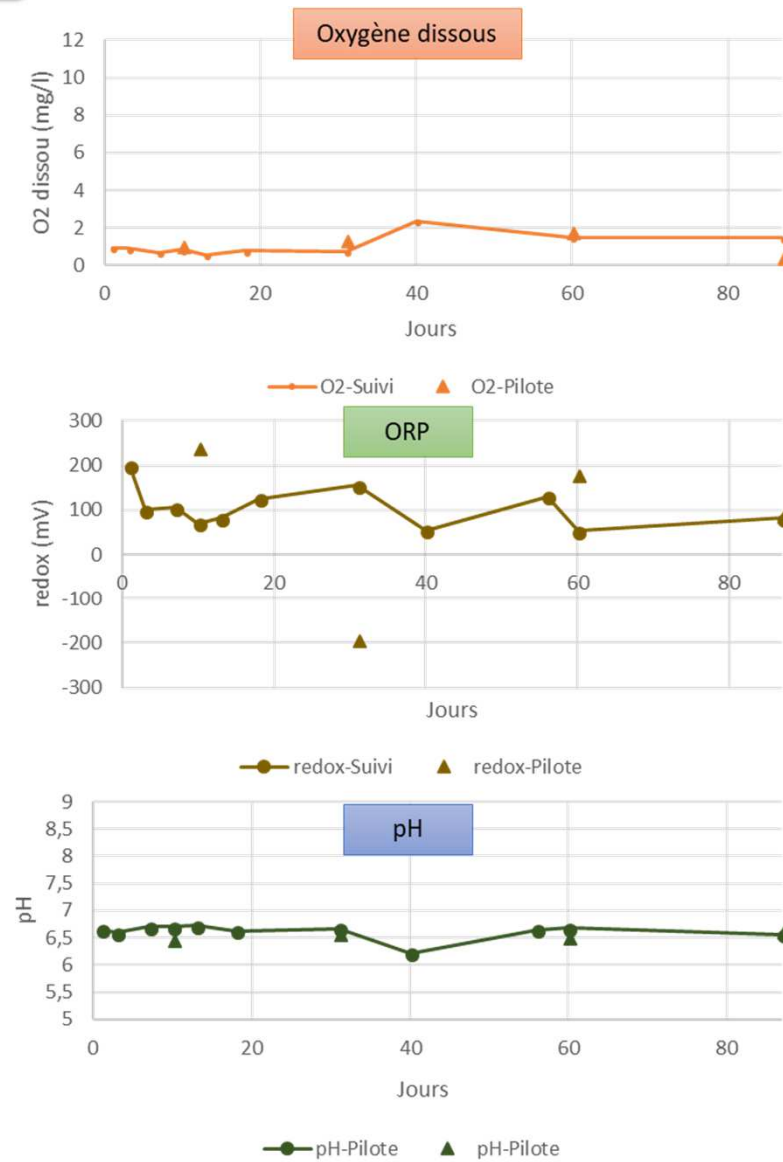
# Suivi de la dégradation des COHV: Contrôle



- Les gènes de la dégradation des COHV sont présents mais décroissent au cours du temps.
- La somme des chloroéthylènes apparaît stable.

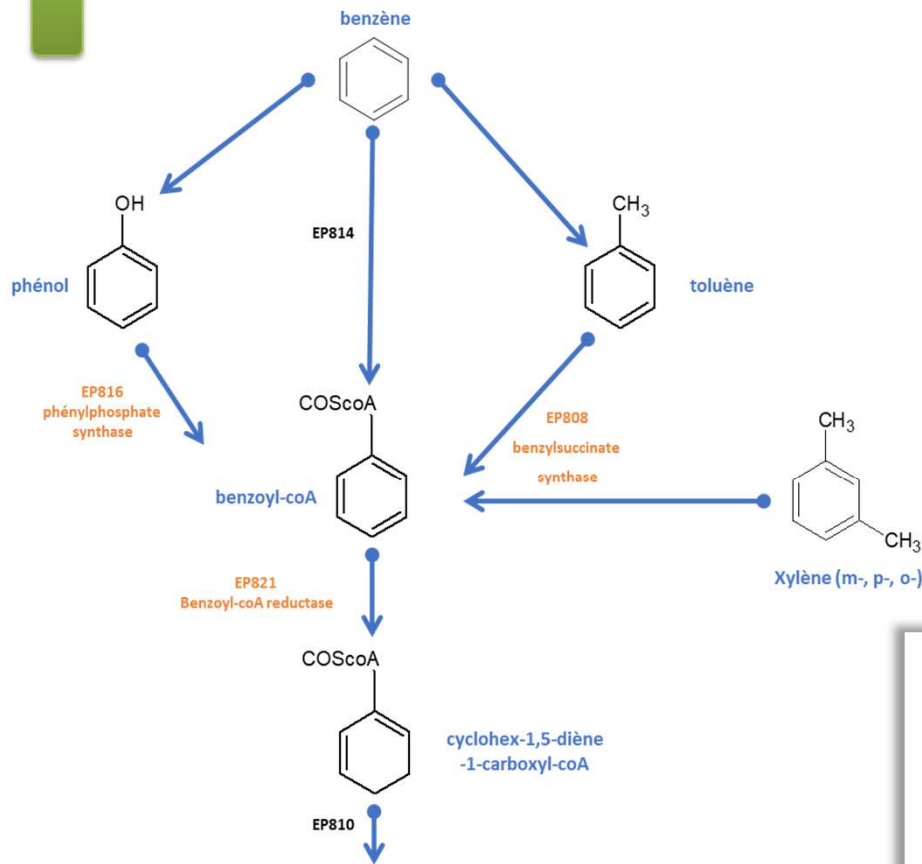


## Suivi physicochimique et biologique (Bact. Tot.): Série Contrôle



- Les paramètres physicochimiques indiquent une anaérobiose dès le démarrage du pilote. Ces paramètres physicochimiques évoluent peu au cours du temps.
- La densité et l'activité bactérienne totale sont stable au cours du temps.

# Suivi par biologie moléculaire : Dégradation des BTEX



## Métabolisme général

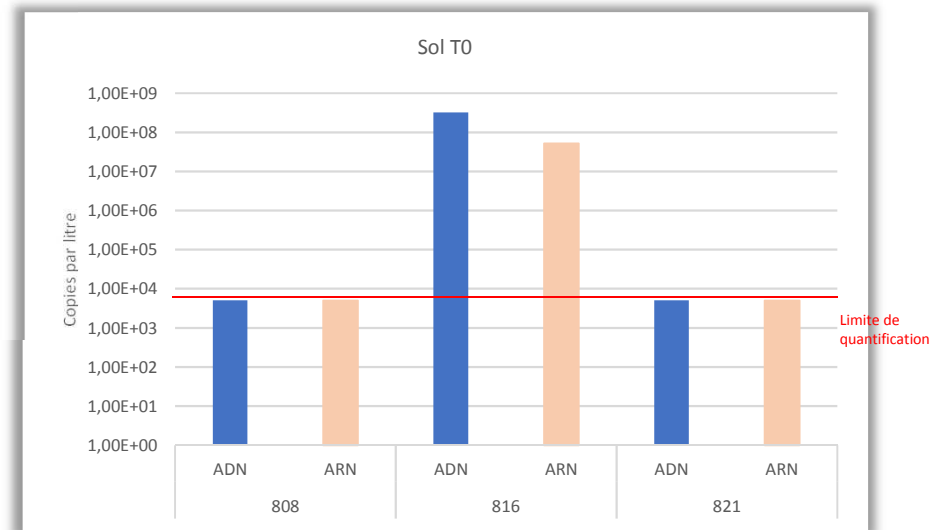
Voie de la dégradation des BTEX en conditions anaérobies

Les 3 biomarqueurs sont présents.  
Seul le biomarqueurs EP816 est présents en forte densité.

Les 3 biomarqueurs sont sélectionnés après la réalisation d'un crible de 10 gènes.  
Ces gènes sont sélectionnés en se basant sur une appréciation semi-quantitative et sur l'intérêt du biomarqueur dans la voie de dégradation.

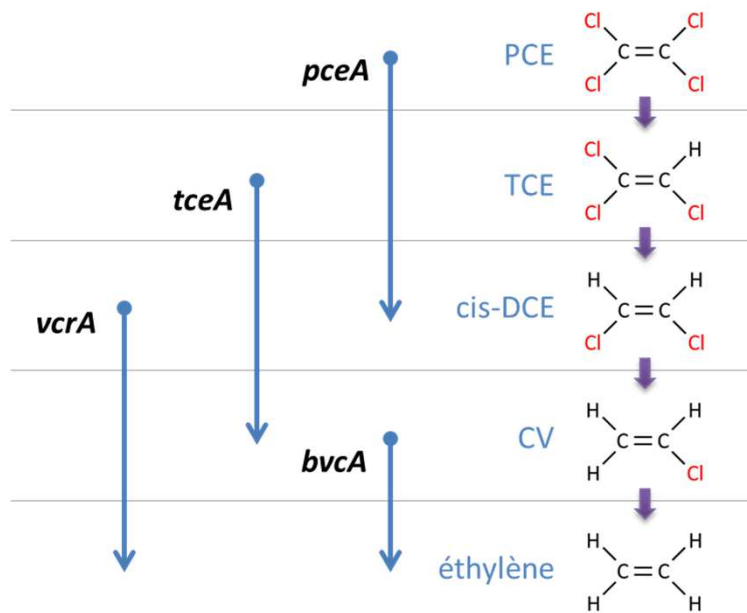
Dans cette étude les biomarqueurs sélectionnés sont:

- EP808
- EP816
- EP821

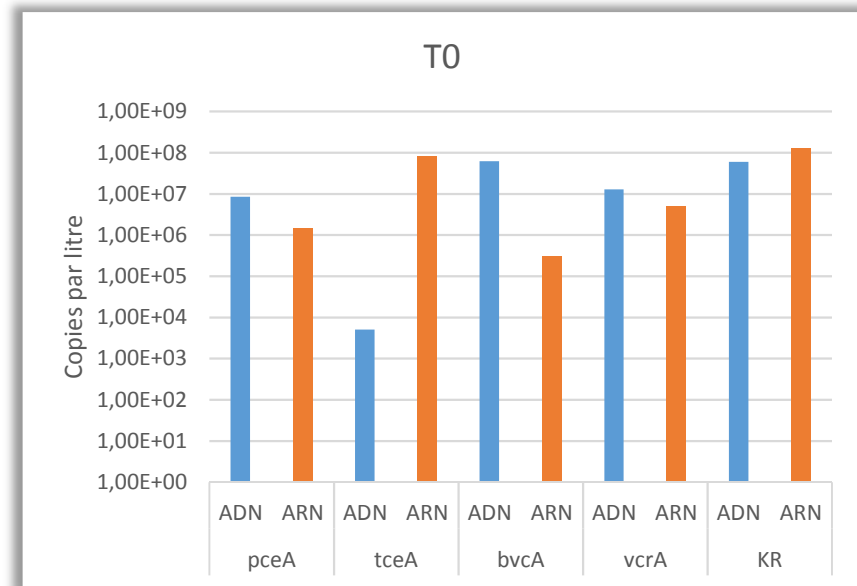


## Suivi par biologie moléculaire : Dégradation des solvants chlorés

- 4 gènes/biomarqueurs sont suivis pour caractériser la voie.
- Le genre *Dehalococcoides* est impliqué dans les deux dernières étapes. Il est donc également suivi (Biomarqueur KR).



Voie de la dégradation des chloroéthènes en conditions anaérobies

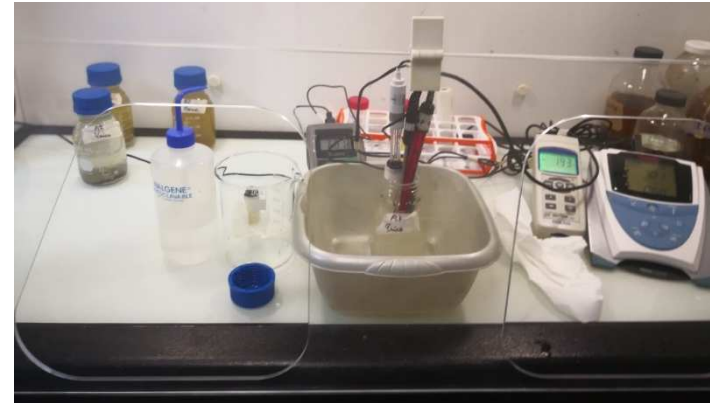


La voie de dégradation est complète et active sur le site.

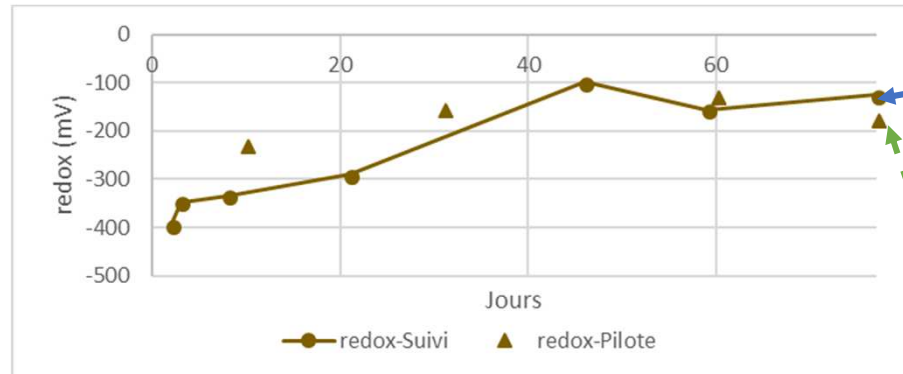


## Suivi physicochimique: mise en place

En parallèle de chaque série, des microcosmes de 300 ml ont été préparés afin d'effectuer un suivi physicochimique.



*Dispositif de mesure du pH, de l'oxygène dissous et du potentiel redox*



*Exemple: Suivi du redox pour une condition*

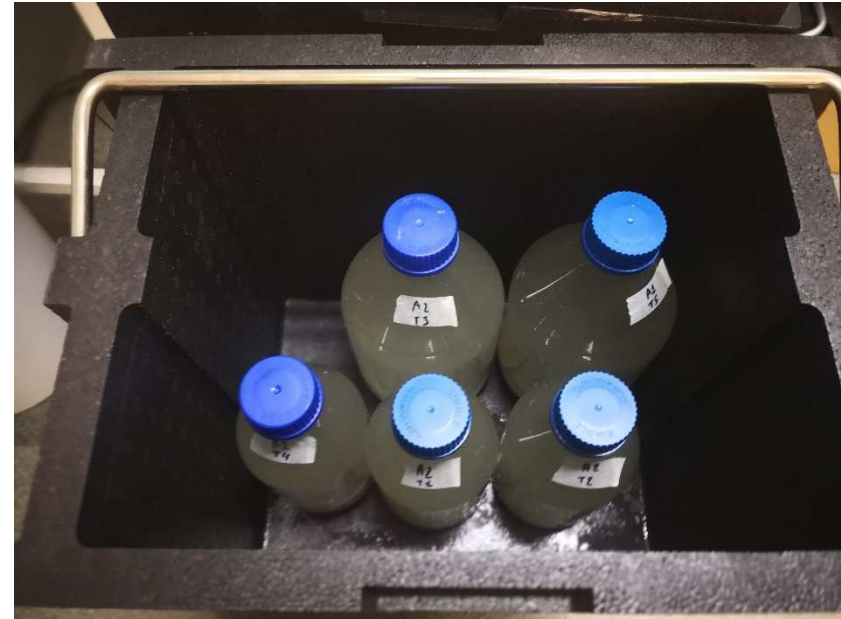
*Suivi physicochimique effectué sur les bouteilles de 300 ml*

*Mesure effectuée sur les microcosmes pilote lors des points de suivi*

## Mise en place des pilotes



*Microcosmes mis en place  
Conditions Cont, A1, A2 B1 et B2*

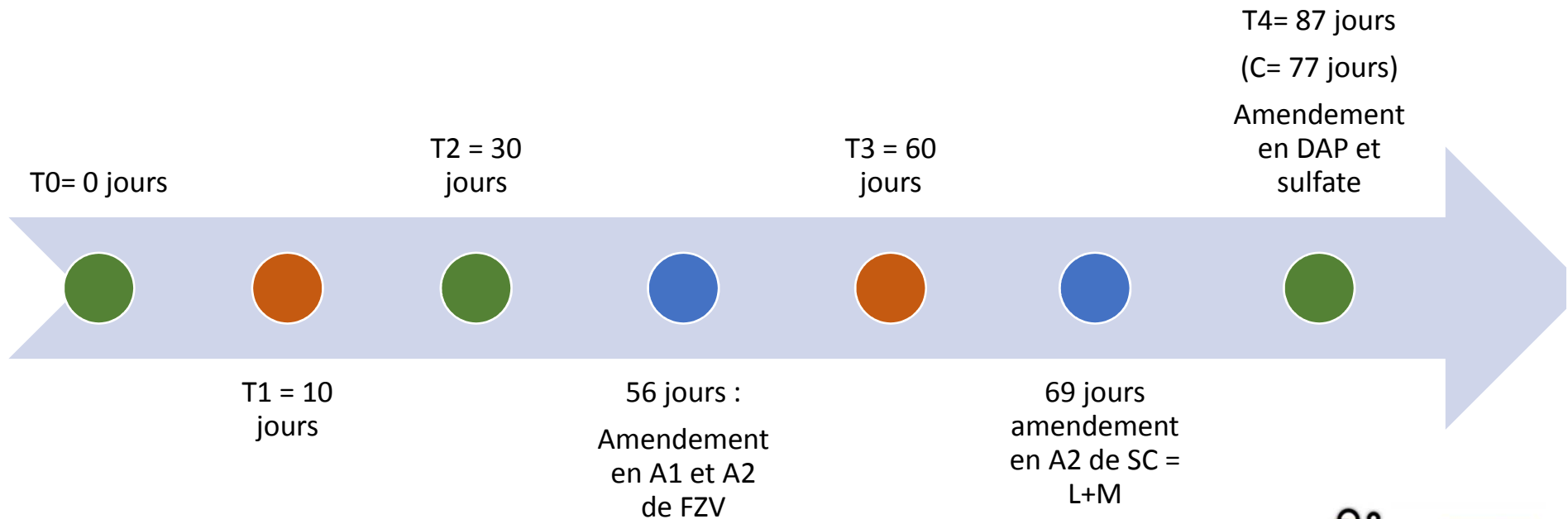


*Incubation à l'abri de la lumière,  
à température ambiante (~ 20°C)*

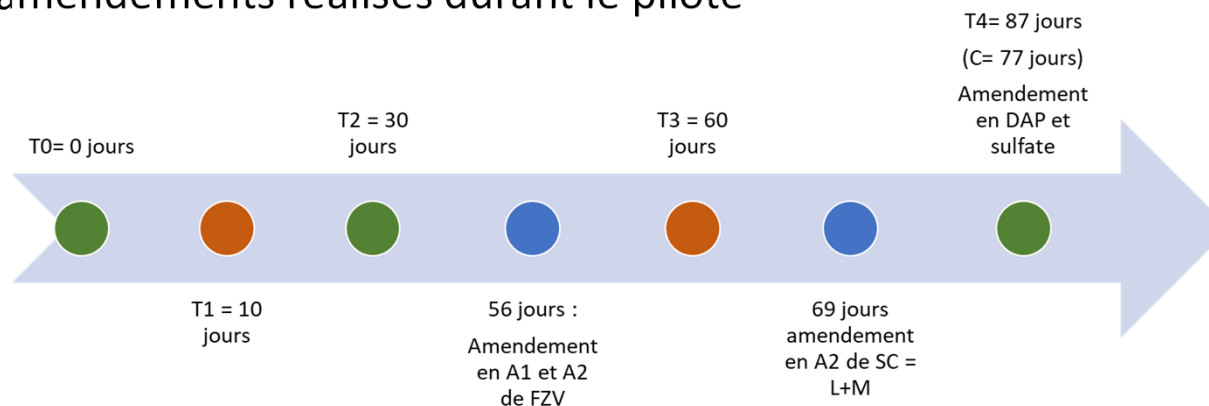


Conditions Cont, A et B	Point de prélèvement	Date	Jours	Analyses	Programme analytique
	T0	06/04/2018	0	C/BM	Complet
	T1	16/04/2018	10	C	réduit
	T2	06/05/2018	30	C/BM	Complet
	T3	05/06/2018	60	C	réduit
	T4	02/07/2018	87	C/BM	Complet
	T5	04/08/2018	120	C	réduit

Condition C	Point de prélèvement	Date	Jours	Analyses	Programme analytique
	T0	16/04/2018	0	C/BM	Complet
	T1	26/04/2018	10	C	réduit
	T2	16/05/2018	30	C/BM	Complet
	T3	15/06/2018	60	C	réduit
	T4	02/07/2018	77	C/BM	Complet
	T5	14/08/2018	120	C	réduit



# Détails des amendements réalisés durant le pilote



## Concentrations cibles :

	0 jours			56 jours			69 jours			95 jours (C: 85 jours)					
	SC (L+M ou L+M+H)			FZV			EHC			DAP (mg/L)			FeSO4 (mg/L)		
Contrôle	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Condition A1: FZV	#	#	#	0,0035	#	#	0,02	#	#	#	#	#	500	#	#
Condition A2: FZV + SC: L+M (69 jours)	#	#	#	0,0035	#	#	0,02	#	#	0,003	#	#	500	#	#
Condition B1: SC: L+M	0,003	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	500	#	#
Condition B2: SC+L+M+H	0,003	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	500	#	#
Condition C: EHC	#	#	#	#	#	#	0,02	#	#	#	#	#	500	#	#

## Amendements réels:

	0 jours									56 jours			69 jours			95 jours								
	SC = L+M (en ml)			SC = L+M+HS (en ml)			FZV (en g)			EHC (en g)			FZV (en g)			SC = L+M (en ml)			DAP (en g)			FeSO4 (en g)		
	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L	0,3L	1,5L	2,5L
Contrôle	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Condition A1: FZV	#	#	#	#	#	#	1	5	8,5	#	#	#	6	20	30	#	#	#	390	1950	#	360	#	#
Condition A2: FZV + SC: L+M (69 jours)	#	#	#	#	#	#	1	5	8,5	#	#	#	6	20	30	1,5	5	8,5	390	1950	#	360	1800	#
Condition B1: SC: L+M	0,9	4,5	7,5	0,9	4,5	7,5	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	390	1950	#	360	1800	#
Condition B2: SC+L+M+H	0,9	4,5	7,5	0,9	4,5	7,5	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	390	1950	#	450	2250	#
Condition C: EHC	#	#	#	#	#	#	#	#	#	6	30	50	#	#	#	#	#	#	390	1950	#	#	#	#



## Principes généraux et calendriers des pilote

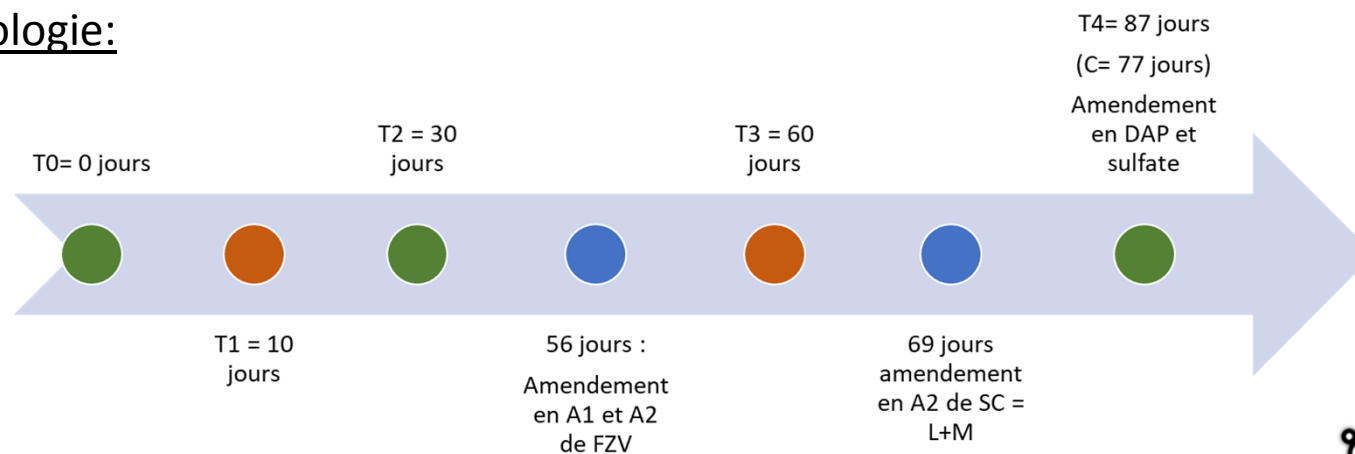
### Contexte:

Dans le cadre d'une étude de faisabilité d'un traitement d'une nappe phréatique impactée par des solvants chlorés et BTEX, ENOVEO est consulté pour la réalisation d'un pilote laboratoire visant à évaluer un traitement par réduction chimique et biodégradation anaérobie.

### 6 conditions test:

- **Contrôle**
- Condition **A1**: FZV (Fer zéro-valent)
- Condition **A2**: FZV + (suivant les résultats de B1 et B2) ajout de la source de carbone (LM) après T3
- Condition **B1**: Source de carbone : lactate + mélasse (LM)
- Condition **B2**: Source de carbone lactate + mélasse + huile de soja (LMS)
- Condition **C**: Amendement d'une formulation commerciale => EHC (en décalé en raison de la fourniture de l'EHC)

### Chronologie:



N° Projet | **ENOVERAP016-1802**  
Devis | ENO1802-022v2  
Contact | *Cédric Malandain*  
06.18.00.67.59 | c.malandain@enoveo.com

**GINGER-BURGEAP** | Jacques Villemagne  
27, rue de Vanves  
92772 Boulogne Billancourt  
j.villemagne@groupeginger.com



## Pilotes de dégradation des solvants chlorés par réduction chimique et biodégradation anaérobie



**ENOVEO**

7 place Antonin Poncet  
Lyon, France

[www.enoveo.com](http://www.enoveo.com)

## **Annexe 6.**

# **Bordereaux des analyses d'eau lors de l'EMP**

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 07.06.2018  
N° Client 35004100

### RAPPORT D'ANALYSES 772210 - 561376



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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 07.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 772210 - 561376

N° Cde **772210 BC18-2725 / CESISO180888 / Mur à pêches / AKR-MO**  
N° échant. **561376 Eau**  
Date de validation **04.06.2018**  
Prélèvement **30.05.2018**  
Prélèvement par: **Client**  
Spécification des échantillons **Pz3E - Sortie filtre CA**

Unité Résultat Méthode

### Composés aromatiques

	Unité	Résultat	Méthode
Benzène	µg/l	<0,2	Conforme à EN-ISO 11423-1
Toluène	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 11423-1
Ethylbenzène	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 11423-1
<i>m,p</i> -Xylène	µg/l	<0,2	Conforme à EN-ISO 11423-1
<i>o</i> -Xylène	µg/l	<0,50	Conforme à EN-ISO 11423-1
<b>Somme Xylènes</b>	µg/l	<b>n.d.</b>	Conforme à EN-ISO 11423-1

### COHV

	Unité	Résultat	Méthode
Dichlorométhane	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachlorométhane	µg/l	<0,1	Conforme à EN-ISO 10301
Trichlorométhane	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 10301
1,2-Dichloroéthane	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 10301
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 10301
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<0,1	Conforme à EN-ISO 10301
Chlorure de Vinyle	µg/l	<0,2	Méthode interne (mesurage conforme à EN-ISO 10304 et conforme à ISO 11423-1)
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène	µg/l	<0,50	Conforme à EN-ISO 10301
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<0,50	Conforme à EN-ISO 10301
<b>Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes</b>	µg/l	<b>n.d.</b>	Conforme à EN-ISO 10301
Trichloroéthylène	µg/l	<0,5	Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachloroéthylène	µg/l	3,4	Conforme à EN-ISO 10301

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.  
Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 04.06.2018

Fin des analyses: 07.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 07.06.2018  
N° Client 35004100

### RAPPORT D'ANALYSES 772210 - 561375



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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 07.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 772210 - 561375

N° Cde **772210 BC18-2725 / CESISO180888 / Mur à pêches / AKR-MO**  
N° échant. **561375 Eau**  
Date de validation **04.06.2018**  
Prélèvement **30.05.2018**  
Prélèvement par: **Client**  
Spécification des échantillons **Pz3E - Entrée filtre CA**

Unité Résultat Méthode

### Composés aromatiques

	Unité	Résultat	Méthode
Benzène	µg/l	<200 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 11423-1
Toluène	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 11423-1
Ethylbenzène	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 11423-1
<i>m,p</i> -Xylène	µg/l	1000	Conforme à EN-ISO 11423-1
<i>o</i> -Xylène	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 11423-1
<b>Somme Xylènes</b>	µg/l	<b>1000<sup>x)</sup></b>	Conforme à EN-ISO 11423-1

### COHV

	Unité	Résultat	Méthode
Dichlorométhane	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachlorométhane	µg/l	<100 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
Trichlorométhane	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
1,2-Dichloroéthane	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<100 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
Chlorure de Vinyle	µg/l	430	Méthode interne (mesurage conforme à EN-ISO 10304 et conforme à ISO 11423-1)
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène	µg/l	8100	Conforme à EN-ISO 10301
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<500 <sup>hb)</sup>	Conforme à EN-ISO 10301
<b>Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes</b>	µg/l	<b>8100<sup>x)</sup></b>	Conforme à EN-ISO 10301
Trichloroéthylène	µg/l	5300	Conforme à EN-ISO 10301
Tétrachloroéthylène	µg/l	37000	Conforme à EN-ISO 10301

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.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 04.06.2018

Fin des analyses: 07.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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

## **Annexe 7.**

# **Bordereaux des analyses d'air lors de l'EMP**

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 12.06.2018  
N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569513

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 07.06.2018

Fin des analyses: 12.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.

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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 12.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569513

N° Cde 773655 2018/05/30 - B18-2802 - MO/CACH - Prélèvements venting 2  
N° échant. 569513 Air  
Date de validation 07.06.2018  
Prélèvement 31.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons EMP - Pz4 - Tf (1min) - ZC

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05		Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	n.d.			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,25	0,25		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05		Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne

### TPH

Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) *	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) *	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) *	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) *	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) *	µg/tube	<0,050	0,05		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) *	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 12.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569512

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne

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

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 07.06.2018

Fin des analyses: 12.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.

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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 12.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569512

N° Cde 773655 2018/05/30 - B18-2802 - MO/CACH - Prélèvements venting 2  
N° échant. 569512 Air  
Date de validation 07.06.2018  
Prélèvement 31.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons EMP - Pz4 - Tf (1min) - ZM

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	15,8	0,05	+/- 13	Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	18,9	0,1	+/- 20	Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	2,2	0,1	+/- 24	Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	16,8	0,1	+/- 28	Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	4,7	0,1	+/- 25	Méthode interne
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	22			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	0,23	0,1	+/- 11	Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)	µg/tube	60		+/- 11	Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,25	0,25		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	0,50	0,2	+/- 10	Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	59,2	0,2	+/- 10	Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	120	0,05	+/- 10	Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	340	0,2	+/- 38	Méthode interne

### TPH

Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *	µg/tube	17 <sup>x)</sup>		+/- 30	Méthode interne
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *	µg/tube	59 <sup>x)</sup>		+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) *	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) *	µg/tube	7,7	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	4,8	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) *	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) *	µg/tube	4,3	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) *	µg/tube	16	0,05	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) *	µg/tube	19	0,1	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	24	2	+/- 30	Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 12.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569511

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 07.06.2018

Fin des analyses: 12.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.



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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 12.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569511

N° Cde **773655 2018/05/30 - B18-2802 - MO/CACH - Prélèvements venting 2**  
N° échant. **569511 Air**  
Date de validation **07.06.2018**  
Prélèvement **31.05.2018**  
Prélèvement par: **Client**  
Spécification des échantillons **EMP - Pz4 - T0 (1min) - ZC**

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05		Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
<b>Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,25	0,25		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05		Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne

### TPH

<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C5-C6 (tube) *</i>	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C6-C8 (tube) *</i>	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C10-C12 (tube) *</i>	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C12-C16 (tube) *</i>	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C6-C7 (tube) *</i>	µg/tube	<0,050	0,05		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C7-C8 (tube) *</i>	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 12.06.2018  
N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569510

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne

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

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 07.06.2018

Fin des analyses: 12.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.



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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 12.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569510

N° Cde **773655 2018/05/30 - B18-2802 - MO/CACH - Prélèvements venting 2**  
N° échant. **569510 Air**  
Date de validation **07.06.2018**  
Prélèvement **31.05.2018**  
Prélèvement par: **Client**  
Spécification des échantillons **EMP - Pz4 - T0 (1min) - ZM**

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	37,8	0,05	+/- 13	Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	36,6	0,1	+/- 20	Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	3,2	0,1	+/- 24	Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	25,0	0,1	+/- 28	Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	6,9	0,1	+/- 25	Méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>32</b>			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	0,63	0,1	+/- 11	Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	0,33	0,1	+/- 30	Méthode interne
<b>Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>170</b>		+/- 11	Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,25	0,25		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	1,3	0,2	+/- 10	Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	170	0,2	+/- 10	Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	240	0,05	+/- 10	Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	450	0,2	+/- 38	Méthode interne

### TPH

<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>21</b> <sup>x)</sup>		+/- 30	Méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>110</b> <sup>x)</sup>		+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C5-C6 (tube) *</i>	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C6-C8 (tube) *</i>	µg/tube	13	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	4,9	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C10-C12 (tube) *</i>	µg/tube	<2,0	2		Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C12-C16 (tube) *</i>	µg/tube	2,6	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C6-C7 (tube) *</i>	µg/tube	38	0,05	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C7-C8 (tube) *</i>	µg/tube	37	0,1	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	35	2	+/- 30	Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 12.06.2018  
N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569509

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<4,0 <sup>pg)</sup>	4		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<4,0 <sup>pg)</sup>	4		Méthode interne

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

pg) La limite de détection a été augmentée car la quantité de charbon actif contenue dans le tube était supérieure à 100mg+50mg.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 07.06.2018

Fin des analyses: 12.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.

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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 12.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569509

N° Cde 773655 2018/05/30 - B18-2802 - MO/CACH - Prélèvements venting 2  
N° échant. 569509 Air  
Date de validation 07.06.2018  
Prélèvement 30.05.2018  
Prélèvement par: Client  
Spécification des échantillons EMP - Pz3 - Tf (5min) - ZC

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	n.d.			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,50 <sup>pgl</sup>	0,5		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne

### TPH

Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *	µg/tube	36 <sup>x)</sup>		+/- 30	Méthode interne
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *	µg/tube	n.d.			Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) *	µg/tube	6,2	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) *	µg/tube	9,3	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) *	µg/tube	20	2	+/- 30	Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) *	µg/tube	<0,10 <sup>pgl</sup>	0,1		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) *	µg/tube	<0,20 <sup>pgl</sup>	0,2		Méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *	µg/tube	<4,0 <sup>pgl</sup>	4		Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 12.06.2018  
N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569508

	Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
* Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<8,0 <sup>pg)</sup>	8		Méthode interne
* Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<8,0 <sup>pg)</sup>	8		Méthode interne

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

pg) La limite de détection a été augmentée car la quantité de charbon actif contenue dans le tube était supérieure à 100mg+50mg.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

L'incertitude étendue et combinée donnée dans le rapport ci-dessus est généralement calculée selon les prescriptions du "Guide de l'expression des incertitudes de mesure" (GUM, JCGM 100: 2008), spécifié dans le Rapport Nordtest TR 537. Le facteur d'élargissement  $k = 2$  correspond au niveau de confiance de 95% (intervalle de confiance). Les incertitudes rapportées sont valables pour différentes matrices et différentes concentrations. Certains échantillons très spécifiques peuvent néanmoins occasionner une incertitude de mesure différente de celle donnée ci-dessus.

Les détails concernant l'incertitude de mesure seront fournis sur demande.

Début des analyses: 07.06.2018

Fin des analyses: 12.06.2018

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons soumis à essai. La qualité du résultat rendu est contrôlée et validée, mais la pertinence en est difficilement vérifiable car le laboratoire n'a pas connaissance du contexte du site, de l'historique de l'échantillon.

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

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (PARIS 92)  
Monsieur Mathieu OUGIER  
27 RUE DE VANVES  
92772 BOULOGNE BILLANCOURT  
FRANCE

Date 12.06.2018

N° Client 35004100

## RAPPORT D'ANALYSES 773655 - 569508

N° Cde **773655 2018/05/30 - B18-2802 - MO/CACH - Prélèvements venting 2**  
N° échant. **569508 Air**  
Date de validation **07.06.2018**  
Prélèvement **30.05.2018**  
Prélèvement par: **Client**  
Spécification des échantillons **EMP - Pz3 - Tf (5min) - ZM**

Unité	Résultat	Limit d. Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	-----------------	--------------------	---------

### Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,40 <sup>pgl</sup>	0,4		Méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	7,5	0,05	+/- 13	Méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	11,1	0,1	+/- 20	Méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	2,6	0,1	+/- 24	Méthode interne
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	22,4	0,1	+/- 28	Méthode interne
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	4,8	0,1	+/- 25	Méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>27</b>			Méthode interne

### COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	0,89	0,1	+/- 11	Méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	11,0	0,1	+/- 30	Méthode interne
<b>Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>110<sup>xj</sup></b>		+/- 11	Méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<1,0 <sup>pgl</sup>	1		Méthode interne
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	110	0,2	+/- 10	Méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	170	0,05	+/- 10	Méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,80 <sup>pgl</sup>	0,8		Méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	1700	0,2	+/- 38	Méthode interne

### TPH

<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>130</b>		+/- 30	Méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *</b>	µg/tube	<b>61<sup>xj</sup></b>		+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C5-C6 (tube) *</i>	µg/tube	3,9	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C6-C8 (tube) *</i>	µg/tube	24	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	24	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C10-C12 (tube) *</i>	µg/tube	30	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aliphatiques &gt;C12-C16 (tube) *</i>	µg/tube	47	2	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C6-C7 (tube) *</i>	µg/tube	7,5	0,05	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C7-C8 (tube) *</i>	µg/tube	11	0,1	+/- 30	Méthode interne
<i>Hydrocarbures aromatiques &gt;C8-C10 (tube) *</i>	µg/tube	42	2	+/- 30	Méthode interne

Les paramètres indiqués dans ce document sont accrédités selon ISO/IEC 17025 :2005. Seuls les paramètres non accrédités sont signalés par le symbole « \* ».

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