

EAUX SOUTERRAINES ET CHLORDECONE : IMPACT DU MATERIEL D'ECHANTILLONNAGE

Amélioration des opérations d'échantillonnage

Gal F., Ghestem JP., Bristeau S., Tailame AL., Brach M.
Mars 2014

Programme scientifique et technique
Année 2013

Document final

Contexte de programmation et de réalisation

Ce rapport a été réalisé dans le cadre du programme d'activité AQUAREF pour l'année 2013. Il a pour objectif d'étudier l'impact du matériel d'échantillonnage en eau souterraine sur la fiabilité des données de surveillance de la chlordécone.

Auteur (s) :

F. Gal

f.gal@brgm.fr

JP Ghestem

jp.ghestem@brgm.fr

S. Bristeau

S.bristeau@brgm.fr

AL Tailame

a.tailame@brgm.fr

M Brach

m.brach@brgm.fr

BRGM

Vérification du document :

C Berho

BRGM

c.berho@brgm.fr

Les correspondants

Onema : I Barthe Franquin, DCIE, isabelle.barthe-franquin@onema.fr

BRGM : Jean Philippe GHESTEM, Direction des Laboratoires, jp.ghestem@brgm.fr

Référence du document

Gal F., Ghestem J.P., Bristeau S., Tailame A.L., Brach M. (2014) - Eaux souterraines et chlordécone : impact du matériel d'échantillonnage. Rapport final. BRGM/RP-63194-FR, 22 p.

Droits d'usage :	<i>Accès libre</i>
Couverture géographique :	<i>International</i>
Niveau géographique :	<i>National</i>
Niveau de lecture :	<i>Professionnels, experts</i>
Nature de la ressource :	<i>Document</i>

SOMMAIRE

1. Contexte et objectifs	7
2. Protocole d'essais	9
2.1. PRINCIPE	9
2.2. MESURE DE BLANCS	10
2.2.1. Blancs préalables aux échantillonnages sur site	10
2.2.2. « Blancs » suite aux échantillonnages sur site	10
2.3. MESURE DE TERRAIN	11
2.4. CONDITIONNEMENT, TRANSPORTS ET ANALYSE	12
3. Résultats	13
3.1. DONNEES AFFERENTES AUX MESURES DE BLANCS	13
3.1.1. Blancs préalables aux mesures sur site	15
3.1.2. Blancs post-mesures sur site	15
3.2. DONNEES AFFERENTES AUX MESURES SUR SITE	18
3.2.1. Site de Schoelcher Fond Lahaye (non contaminé)	18
a) Prélèvement initial	18
b) Prélèvement consécutif aux investigations sur le site contaminé du Lorrain Fond Brûlé	18
3.2.2. Site du Lorrain Fond Brûlé	18
3.3. SYNTHESE DES OBSERVATIONS	20
4. Conclusions	21
5. Bibliographie	23

RESUME

La pollution des différentes masses d'eau (souterraine, surface, littorale) par la chlordécone, pesticide anciennement utilisé dans les bananeraies, est une problématique environnementale majeure dans les départements de la Guadeloupe et de la Martinique. De nombreux programmes de surveillance des différents milieux ont donc été mis en place afin de suivre l'évolution des concentrations de la chlordécone et de ses éventuels métabolites.

Ces programmes de surveillance passent par des étapes d'échantillonnage puis d'analyse en laboratoire. Cette substance présente des propriétés physico-chimiques particulières qui en font une substance délicate à analyser dans les laboratoires comme l'a montré l'essai d'intercomparaison organisé en 2012 par AQUAREF.

Des questions se posent également concernant la fiabilité de l'échantillonnage de cette substance. Notamment, les interactions (adsorption puis désorption) de cette molécule avec les différents matériels utilisés pour l'échantillonnage en eau souterraine ne sont pas connues. Afin de contribuer à fiabiliser les données de surveillance de la chlordécone en eau souterraine, AQUAREF a proposé de réaliser, dans le cadre de ces actions relatives à l'amélioration des opérations d'échantillonnage, une étude visant à quantifier ces effets.

Cette étude menée par le BRGM avec sa Direction Régionale de Martinique a consisté à tester différents matériels d'échantillonnage (pompes et tuyaux), de réaliser plusieurs échantillonnages sur site contaminé et non contaminé et de réaliser des blancs des matériels d'échantillonnage. Ces essais ont permis de quantifier les effets de « relargage » de la chlordécone après échantillonnage sur un site contaminé et ont également permis de vérifier l'efficacité d'opérations de rinçage. Ces essais ont été menés sur la chlordécone, la 5b hydrochlordécone (métabolite) et sur le bêta HCH, autre pesticide organochloré hydrophobe présent sur les sites étudiés.

Ces essais ont montré que la chlordécone, et le bêta HCH s'adsorbent fortement sur les tuyaux testés mais pas sur les corps de pompe. Le rinçage des tuyaux à l'eau du robinet est insuffisant (même pour des durées allant jusqu'à une heure) pour éliminer toute contamination suite à un échantillonnage sur site pollué. Les contaminations résiduelles observées sont encore très significatives et empêchent toute nouvelle utilisation des tuyaux en site non contaminé. Dans les conditions expérimentales de ce rapport, ces contaminations résiduelles se sont situées entre 2 et 4% de la concentration observée sur le site contaminé précédemment échantillonné. Il n'a pas été possible d'arriver aux mêmes conclusions sur la 5b hydrochlordécone car les concentrations de cette substance étaient plus faibles durant les phases expérimentales.

Suite à ces constats, il est fortement recommandé que la contamination des échantillons par le matériel de prélèvement (tuyau) pour la chlordécone, ses métabolites et le bêta HCH soit prise en compte dans la préparation, l'organisation des campagnes de surveillance notamment en eau souterraine. Il est recommandé que les tuyaux utilisés sur un site fortement contaminé ne soient plus utilisés sur des sites non contaminés. Les tuyaux devraient soit être jetés soit réservés à ces sites. De façon très qualitative et en attendant des données ultérieures permettant de confirmer cet ordre de grandeur, une concentration de 0.5µg/l est proposée comme limite de définition d'un site pollué dans le cadre de la problématique étudiée dans ce rapport.

Certaines précautions usuelles concernant l'échantillonnage en eau souterraine sont rappelées même si elles ne se sont pas révélées suffisantes dans cette étude. Il est rappelé que, pour limiter les risques d'adsorption sur les parois des tuyaux et de la pompe, l'ensemble du système doit être vidé après utilisation puis rincé à l'eau non contaminée. Il est également rappelé que, dans la mesure du possible, les échantillonnages doivent se faire des stations les moins contaminées vers les stations les plus contaminées.

Enfin de façon plus prospective, cette étude amène à poser quelques questions techniques concernant les principaux facteurs influençant les phénomènes observés (temps de pompage, diamètre des tuyaux, débit, nature des tuyaux, ...). Des questions sont également posées concernant des concentrations différentes observées sur un même site suite à l'utilisation de matériels d'échantillonnage différents.

Mots clés (thématique et géographique) : tuyau - pompe - chlordécone - eau souterraine - échantillonnage

Document public

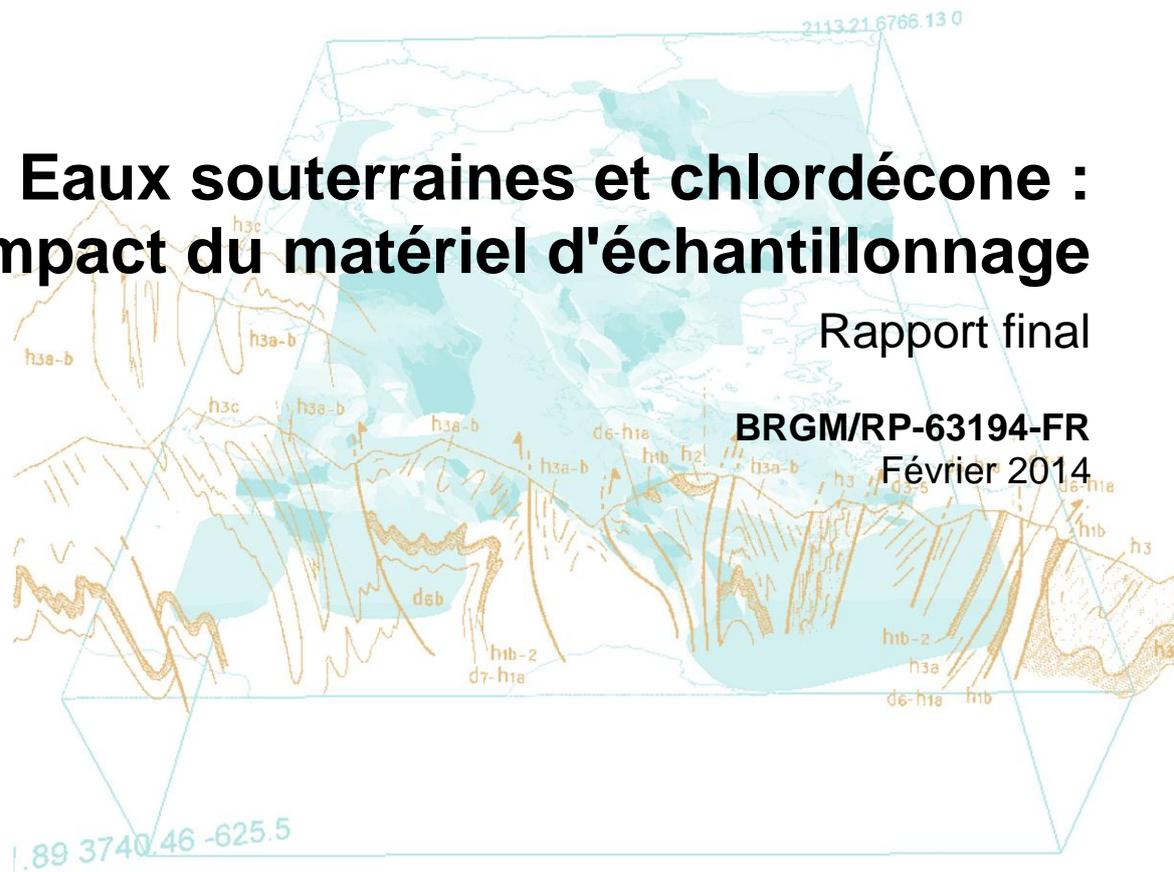


Eaux souterraines et chlordécone : impact du matériel d'échantillonnage

Rapport final

BRGM/RP-63194-FR

Février 2014



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Eaux souterraines et chlrodécone : impact du matériel d'échantillonnage

Rapport final

BRGM/RP-63194-FR

Février 2014

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM en 2013

Gal F., Ghestem J.P., Bristeau S., Tailame A.L., Brach M.

<p>Vérificateur :</p> <p>Nom : C. Berho</p> <p>Date : 26/03/14</p> <p>Signature :</p> 	<p>Approbateur :</p> <p>Nom : H. Gaboriau</p> <p>Date : 26/03/14</p> <p>Signature :</p> 
--	--

Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : tuyau – pompe – chlordécone – eau souterraine - échantillonnage

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Gal F., Ghestem J.P., Bristeau S., Tailame A.L., Brach M. (2014) – Eaux souterraines et chlordécone : impact du matériel d'échantillonnage. Rapport final. BRGM/RP-63194-FR, 22 p.

Synthèse

La pollution des différentes masses d'eau (souterraine, surface, littorale) par la chlordécone, pesticide anciennement utilisé dans les bananeraies, est une problématique environnementale majeure dans les départements de la Guadeloupe et de la Martinique. De nombreux programmes de surveillance des différents milieux ont donc été mis en place afin de suivre l'évolution des concentrations de la chlordécone et de ses éventuels métabolites.

Ces programmes de surveillance passent par des étapes d'échantillonnage puis d'analyse en laboratoire. Cette substance présente des propriétés physico-chimiques particulières qui en font une substance délicate à analyser dans les laboratoires comme l'a montré l'essai d'intercomparaison organisé en 2012 par AQUAREF.

Des questions se posent également concernant la fiabilité de l'échantillonnage de cette substance. Notamment, les interactions (adsorption puis désorption) de cette molécule avec les différents matériels utilisés pour l'échantillonnage en eau souterraine ne sont pas connues. Afin de contribuer à fiabiliser les données de surveillance de la chlordécone en eau souterraine, AQUAREF a proposé de réaliser, dans le cadre de ces actions relatives à l'amélioration des opérations d'échantillonnage, une étude visant à quantifier ces effets.

Cette étude menée par le BRGM avec sa Direction Régionale de Martinique a consisté à tester différents matériels d'échantillonnage (pompes et tuyaux), de réaliser plusieurs échantillonnages sur site contaminé et non contaminé et de réaliser des blancs des matériels d'échantillonnage. Ces essais ont permis de quantifier les effets de « relargage » de la chlordécone après échantillonnage sur un site contaminé et ont également permis de vérifier l'efficacité d'opérations de rinçage. Ces essais ont été menés sur la chlordécone, la 5b hydrochlordécone (métabolite) et sur le bêta HCH, autre pesticide organochloré hydrophobe présent sur les sites étudiés.

Ces essais ont montré que la chlordécone, et le bêta HCH s'adsorbent fortement sur les tuyaux testés mais pas sur les corps de pompe. Le rinçage des tuyaux à l'eau du robinet est insuffisant (même pour des durées allant jusqu'à une heure) pour éliminer toute contamination suite à un échantillonnage sur site pollué. Les contaminations résiduelles observées sont encore très significatives et empêchent toute nouvelle utilisation des tuyaux en site non contaminé. Dans les conditions expérimentales de ce rapport, ces contaminations résiduelles se sont situées entre 2 et 4% de la concentration observée sur le site contaminé précédemment échantillonné. Il n'a pas été possible d'arriver aux mêmes conclusions sur la 5b hydrochlordécone car les concentrations de cette substance étaient plus faibles durant les phases expérimentales.

Suite à ces constats, il est fortement recommandé que la contamination des échantillons par le matériel de prélèvement (tuyau) pour la chlordécone, ses métabolites et le bêta HCH soit prise en compte dans la préparation, l'organisation des campagnes de surveillance notamment en eau souterraine. Il est recommandé que les tuyaux utilisés sur un site fortement contaminé ne soient plus utilisés sur des sites non contaminés. Les tuyaux devraient soit être jetés soit réservés à ces sites. De façon très qualitative et en attendant des données ultérieures permettant de confirmer cet ordre de grandeur, une concentration de 0.5µg/l est proposée comme limite de définition d'un site pollué dans le cadre de la problématique étudiée dans ce rapport.

Certaines précautions usuelles concernant l'échantillonnage en eau souterraine sont rappelées même si elles ne se sont pas révélées suffisantes dans cette étude. Il est rappelé que, pour

limiter les risques d'adsorption sur les parois des tuyaux et de la pompe, l'ensemble du système doit être vidé après utilisation puis rincé à l'eau non contaminée. Il est également rappelé que, dans la mesure du possible, les échantillonnages doivent se faire des stations les moins contaminées vers les stations les plus contaminées.

Enfin de façon plus prospective, cette étude amène à poser quelques questions techniques concernant les principaux facteurs influençant les phénomènes observés (temps de pompage, diamètre des tuyaux, débit, nature des tuyaux, ...). Des questions sont également posées concernant des concentrations différentes observées sur un même site suite à l'utilisation de matériels d'échantillonnage différents.

Sommaire

1. Contexte et objectifs	7
2. Protocole d'essais.....	9
2.1. PRINCIPE	9
2.2. MESURE DE BLANCS	10
2.2.1. Blancs préalables aux échantillonnages sur site	10
2.2.2. « Blancs » suite aux échantillonnages sur site	10
2.3. MESURE DE TERRAIN	11
2.4. CONDITIONNEMENT, TRANSPORTS ET ANALYSE	12
3. Résultats	13
3.1. DONNEES AFFERENTES AUX MESURES DE BLANCS	13
3.1.1. Blancs préalables aux mesures sur site	15
3.1.2. Blancs post-mesures sur site	15
3.2. DONNEES AFFERENTES AUX MESURES SUR SITE	18
3.2.1. Site de Schoelcher Fond Lahaye (non contaminé).....	18
a) Prélèvement initial.....	18
b) Prélèvement consécutif aux investigations sur le site contaminé du Lorrain Fond Brûlé	18
3.2.2. Site du Lorrain Fond Brûlé	18
3.3. SYNTHESE DES OBSERVATIONS	20
4. Conclusions.....	21
5. Bibliographie	23

Liste des figures

Figure 1 : schéma de principe du protocole expérimental suivi.	9
Figure 2 : diminution de la concentration en CLD au cours du rinçage des tuyaux, après prélèvement sur site.	17
Figure 3 : diminution de la concentration en β -HCH au cours du rinçage des tuyaux, après prélèvement sur site.	17

Liste des tableaux

Tableau 1 : récapitulatif des essais menés ; fond bleu : pompe MP1 ; fond orange : pompe Twister ; la gradation d'intensité de couleur est fonction du tuyau utilisé ; les temps de pompage, les débits de pompage et les résultats en CLD, CLD5BH et β -HCH sont indiqués (s.o. : sans objet ; < : inférieur à la limite de quantification soit 0,03 $\mu\text{g/l}$. Tricoclair® et Tubclair® sont des marques déposées de Tricoflex/Hozelock. .. 14

Liste des annexes

Annexe 1	Caractéristiques techniques des tuyaux PVC utilisés	25
Annexe 2	Caractéristiques techniques d'une pompe Twister (commercialisée par SDEC)	31
Annexe 3	Caractéristiques techniques d'une pompe MP1 (Grundfos)	35

1. Contexte et objectifs

La chlordécone fait partie des substances suivies de façon réglementaire en tant que substance de l'état écologique pour la Martinique et la Guadeloupe. Cette substance est particulièrement surveillée dans les eaux de surface et les eaux souterraines. Sa présence dans l'environnement suite à son utilisation comme pesticide représente une problématique majeure dans les DOM précités. Cette problématique est notamment prise en compte dans le cadre du « Plan National d'Action Chlordécone » (PNAC). L'analyse de cette substance est délicate du fait de certaines de ses propriétés physico-chimiques comme sa faible solubilité dans l'eau et son hygroscopie. Ceci pose donc des problèmes techniques pour les laboratoires.

La Direction Régionale de Martinique du BRGM réalise régulièrement des opérations d'échantillonnage en eau souterraine pour la surveillance de cette substance, que ce soit dans des contextes réglementaires ou des études. Quelques observations récentes ont conduit cette Direction à se poser des questions sur d'éventuelles difficultés relatives à l'échantillonnage de cette substance et plus particulièrement l'échantillonnage en eau souterraine. En effet, pour ce milieu, l'échantillonnage nécessite souvent du matériel (tuyau, pompes) dont l'impact sur l'échantillonnage de cette substance n'est pas connu.

Cette étude a été menée dans le cadre du programme d'actions AQUAREF pour l'année 2013 et de la convention de partenariat ONEMA BRGM 2013-2015. Elle s'intègre à la thématique d'actions d'AQUAREF relative à l'amélioration des opérations d'échantillonnage et notamment à l'étude de l'impact du matériel d'échantillonnage sur la qualité des données de surveillance [1] [2]. Elle intègre également à diverses actions destinées à améliorer la qualité de la surveillance environnementale de la chlordécone comme par exemple l'essai d'intercomparaison sur l'analyse de l'eau organisé par AQUAREF en 2012 [3].

Pour cette action, trois molécules cibles ont été choisies, respectivement la chlordécone (CLD), un métabolite de la chlordécone (chlordécone 5b hydro CLD5BH) et le β -hexachlorocyclohexane (β -HCH). Cette dernière substance a été ajoutée au plan d'essai car elle est présente sur un des sites qui sera étudié et il peut être intéressant de comparer le comportement de la chlordécone avec cet autre pesticide organochloré. L'action vise à mettre en évidence les effets de la contamination croisée qui pourrait être induite par le matériel de prélèvement, et spécifiquement les tuyaux et pompes utilisés. La méthodologie choisie ne vise pas à aborder tous les cas pouvant exister notamment en termes de diversité du matériel d'échantillonnage ; elle vise à refléter le plus possible les conditions classiques de prélèvement.

Ainsi, il est choisi de considérer deux modèles de pompes très couramment utilisés pour les prélèvements en eaux souterraines : une pompe ayant une hauteur de pompage maximale de 21 mètres (pompe Twister) et une pompe à débit variable pouvant permettre des prélèvements jusqu'à 50 mètres de profondeur (pompe MP1)¹. Ces pompes peuvent être classiquement reliées à des types de tuyaux ayant un diamètre adapté à leurs dimensions. Une pompe Twister sera utilisée avec un tuyau de type Tubclair®, une pompe MP1 avec un tuyau d'arrosage ou un tuyau renforcé de type Tricoclair®². Ces trois types de tuyaux PVC ont donc été testés³. Les

¹ Le débit d'une pompe varie en fonction de la hauteur manométrique ; même sans la présence d'un variateur permettant d'ajuster le débit, celui-ci sera naturellement plus faible à mesure que la hauteur de la colonne d'eau augmente.

² Ces marques déposées sont la propriété de Tricoflex/Hozelock.

caractéristiques détaillées de ces matériels, telles que fournies par les fabricants, sont reportées en annexe (Annexes 1 à 5).

De façon générale, il faut signaler que les tuyaux de type tuyau d'arrosage sont de qualité inférieure à celle des tuyaux de type Tubclair ou Tricclair, qui sont des tuyaux de « qualité alimentaire ». De plus, les principaux défauts des tuyaux d'arrosage sont leur grande diversité et le peu d'informations concernant leur fabrication.

Le protocole suivi pour réaliser les tests est décrit en section 2, la section 3 étant consacrée à la présentation des résultats des essais. Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées dans la section 4.

³ Toujours dans un souci de représentation des conditions classiques d'échantillonnage, il n'est pas utilisé de tuyau de type PTFE, beaucoup plus cher et très rarement utilisé en conditions de prélèvements standards.

2. Protocole d'essais

2.1. PRINCIPE

Les essais sont articulés autour du schéma suivant (Figure 1) :

Réalisation de blancs pour tester les corps de pompe et les tuyaux, sur l'eau du réseau d'eau potable de Martinique (eau de consommation, répondant donc à la norme réglementaire de potabilité pour les pesticides, avec une concentration inférieure à 0,1 µg/l). Ces tests sont destinés à déterminer si les matériaux classiquement utilisés pour les échantillonnages sont susceptibles d'adsorber des composés organochlorés, et donc par voie de conséquence de les relarguer de manière inopinée lors d'opérations de pompages et échantillonnages ultérieurs.

Réalisation d'échantillonnages en situation réelle, en échantillonnant d'abord un site à bas bruit de fond, ensuite un site fortement contaminé et enfin de nouveau le site faiblement contaminé. Ces échantillonnages permettent de comparer les modes de prélèvement, mais surtout de voir l'impact sur les concentrations résiduelles qu'il peut être donné de mesurer après un échantillonnage sur un site contaminé. Cet impact sera aussi évalué en réalisant une nouvelle série de mesure de type « blanc » à l'issue des pompages sur site.

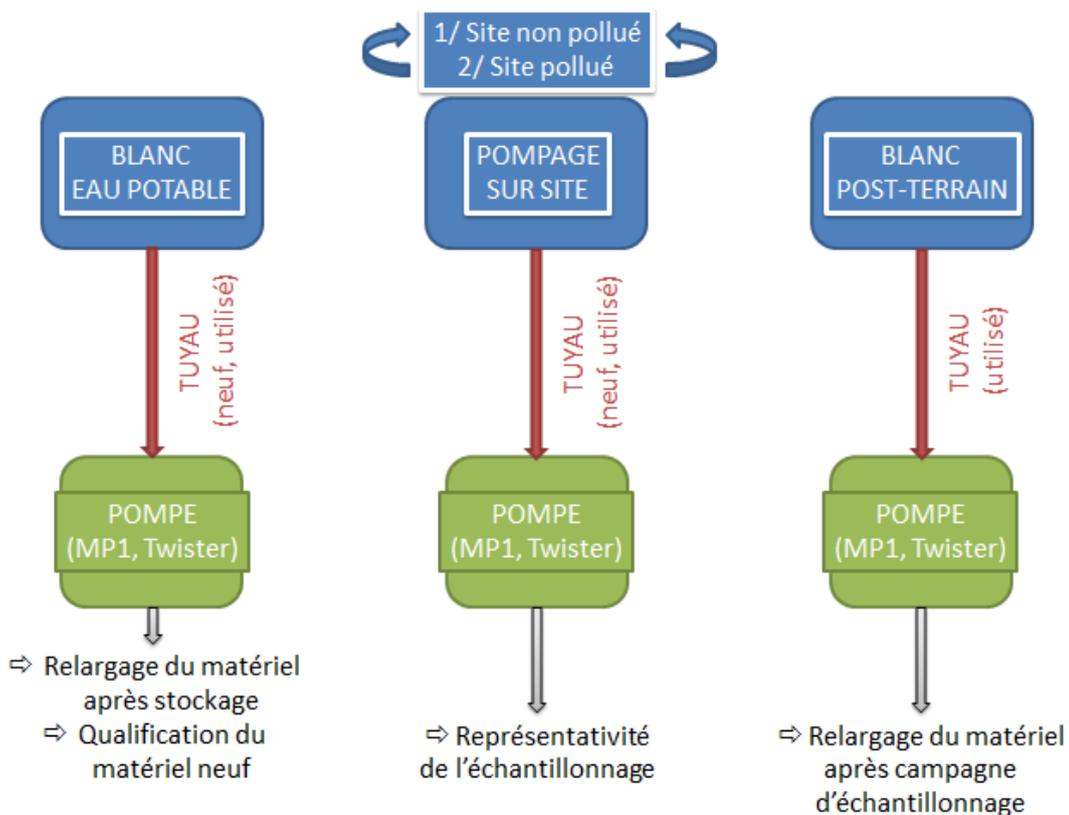


Figure 1 : schéma de principe du protocole expérimental suivi.

2.2. MESURE DE BLANCS

2.2.1. Blancs préalables aux échantillonnages sur site

Les mesures de blancs sont pratiquées avec la pompe MP1 et avec la pompe Twister, rincées rapidement à l'eau du robinet suite à leur dernière utilisation. La mesure se réalise dans une poubelle de 100 litres, alimentée en permanence par l'eau du réseau d'eau potable. L'eau n'étant pas utilisée en recirculation, le débit de pompage est ajusté pour être cohérent avec le débit d'alimentation en eau du réseau. Le débit de la pompe MP1 est supérieur à celui de la pompe Twister (0,9 et 0,6 m³/h respectivement).

Les prélèvements pour mesure de laboratoire sont ensuite opérés de la manière suivante :

Avant toute opération de pompage, un blanc de l'eau du robinet est prélevé, afin de s'assurer de la non-présence de composés organochlorés dans l'eau du réseau.

Pompe MP1 :

- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe, sans tuyau de refoulement, pendant 30 minutes, avec prélèvements à t = 0, t = 15 et t = 30 minutes ;
- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe et dans un tuyau d'arrosage déjà utilisé lors de campagnes d'échantillonnage, y compris sur site contaminé (tuyau vidé et rincé 5 minutes à l'eau du robinet suite à sa dernière utilisation), avec prélèvements à t = 0, t = 15 et t = 30 minutes ;
- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe et dans un tuyau de type Tricocclair® neuf, avec prélèvements à t = 0, t = 15 et t = 30 minutes.

Pompe Twister :

- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe, sans tuyau de refoulement, pendant 30 minutes, avec prélèvements à t = 0, t = 15 et t = 30 minutes ;
- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe et dans un tuyau de type Tubclair® neuf, avec prélèvements à t = 0, t = 15 et t = 30 minutes.

Toutes ces mesures ont été réalisées la même journée.

A noter que la pompe MP1 utilisé lors de ces essais a déjà été utilisée, tout comme le tuyau d'arrosage, lors de campagnes d'échantillonnage y compris sur site contaminé. La pompe Twister au contraire est récente et n'a pas servi sur des sites particulièrement contaminés.

2.2.2. « Blancs » suite aux échantillonnages sur site

Une fois les prélèvements de terrain effectués (cf § 2.3), les essais de « blanc » sont effectués selon un schéma similaire, en utilisant l'eau du réseau pour procéder à la détermination des contaminations résiduelles des pompes et tuyaux. Le protocole suivi s'articule donc comme suit :

Avant toute opération de pompage, un blanc de l'eau du robinet est prélevé, afin de s'assurer de la non-présence de composés organochlorés dans l'eau du réseau.

Pompe MP1 :

- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe, sans tuyau de refoulement,

pendant 60 minutes, avec prélèvements à $t = 0$, $t = 15$, $t = 30$, $t = 45$ et $t = 60$ minutes ;

- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe et dans le tuyau d'arrosage utilisé pour les prélèvements sur site, pendant 60 minutes, avec prélèvements à $t = 0$, $t = 15$, $t = 30$, $t = 45$ et $t = 60$ minutes ;
- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe et dans le tuyau de type Tricclair® utilisé pour les prélèvements sur site, pendant 60 minutes, avec prélèvements à $t = 0$, $t = 15$, $t = 30$, $t = 45$ et $t = 60$ minutes.

Pompe Twister :

- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe, sans tuyau de refoulement, pendant 60 minutes, avec prélèvements à $t = 0$, $t = 15$, $t = 30$, $t = 45$ et $t = 60$ minutes ;
- circulation d'eau du robinet dans le corps de la pompe et dans le tuyau de type Tubclair® utilisé pour les prélèvements sur site, pendant 60 minutes, avec prélèvements à $t = 0$, $t = 15$, $t = 30$, $t = 45$ et $t = 60$ minutes.

Pour cette seconde série de mesures de blancs consécutifs aux mesures de terrain, le débit de pompage de la pompe MP1 a été diminué pour être plus proche de celui de la pompe Twister, dont le débit n'est pas variable dans la configuration retenue. Tous ces essais ont été réalisés la même journée. Il faut noter que suite au pompage sur site immédiatement préalable à ces derniers essais de « blanc », les tuyaux avaient été vidés et rincés rapidement à l'eau du robinet (quelques secondes).

2.3. MESURE DE TERRAIN

Les prélèvements sur site ont eu lieu sur 2 jours, à une profondeur proche de 20 mètres⁴. Deux sites ont été retenus pour les investigations :

- le site de Schoelcher Fond Lahaye, réputé comme site très peu ou pas concerné par des contaminations aux pesticides et plus particulièrement en chlordécone ;
- le site du Lorrain Fond Brûlé, qui est lui connu pour être fortement contaminé en pesticides organochlorés.

Ces deux sites étant des points de suivi du réseau de surveillance de la Martinique, la méthodologie de prélèvement se conforme aux règles usuelles concernant l'échantillonnage en piézomètre et notamment aux règles de purge de l'ouvrage qui induisent certaines durées de pompage avant prélèvement. Ainsi le site de Schoelcher est pompé durant 60 minutes avant prélèvement, celui du Lorrain durant 45 minutes avant prélèvement. Les prélèvements sont répartis chronologiquement comme suit :

Echantillonnage du site de Schoelcher :

- pompage à la pompe MP1 avec tuyau d'arrosage ;
- pompage à la pompe MP1 avec tuyau Tricclair® neuf (seulement utilisé pour les blancs d'eau du robinet réalisés la première journée) ;
- pompage à la pompe Twister avec tuyau Tubclair® neuf (seulement utilisé pour les blancs d'eau du robinet réalisés la première journée).

Echantillonnage du site du Lorrain, plus contaminé :

⁴ La profondeur maximum de pompage de la pompe Twister est de 21 mètres.

- pompage à la pompe MP1 avec tuyau d'arrosage ;
- pompage à la pompe MP1 avec tuyau Tricloclair® (utilisé sur le site de Schoelcher) ;
- pompage à la pompe Twister avec tuyau Tubclair® (utilisé sur le site de Schoelcher).

Nouvel échantillonnage du site de Schoelcher :

- pompage à la pompe MP1 avec tuyau d'arrosage ;
- pompage à la pompe MP1 avec tuyau Tricloclair® (utilisé sur le site du Lorrain) ;
- pompage à la pompe Twister avec tuyau Tubclair® (utilisé sur le site du Lorrain).

Toute cette séquence de prélèvements a été réalisée au cours de la même journée. Le lendemain, il a été procédé à un nouvel échantillonnage sur le site du Lorrain, toujours selon les modalités suivantes :

- pompage à la pompe MP1 avec tuyau d'arrosage ;
- pompage à la pompe MP1 avec tuyau Tricloclair® (utilisé la veille) ;
- pompage à la pompe Twister avec tuyau Tubclair® (utilisé la veille).

Cette procédure permet donc d'évaluer les contaminations croisées entre site peu ou pas contaminé et site très contaminé, et donc d'évaluer les erreurs potentielles commises concernant la représentativité des mesures sur le site peu contaminé.

2.4. CONDITIONNEMENT, TRANSPORTS ET ANALYSE

Les échantillons ont été conditionnés dans des flacons en verre ambré de 500 ml remplis à ras bord. Les flacons ont été stockés en glacières réfrigérées jusqu'au laboratoire. Les glacières ont été envoyées en trois fois : à la fin du jour 1, à la fin du jour 3 et à la fin du jour 4. Après réception au laboratoire, les échantillons ont été stockés à $5\pm 3^{\circ}\text{C}$ jusqu'à extraction. Les extractions ont débuté 7 jours après les premiers essais. Des essais récents au BRGM ont montré que les substances CLD et CLD5BH étaient stables dans ces conditions sur au moins 7 jours [3]. La norme NF EN ISO 5667-3 [4] indique par ailleurs pour le β -HCH une durée de stabilité pouvant aller jusqu'à 7 jours.

La méthode analytique consiste en une analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GCMS) après une extraction liquide-liquide (LLE). La méthode inclut l'emploi de deux étalons internes marqués dès l'extraction (CLD-13C et α -HCH-d6) pour corriger les résultats des composés d'intérêt (CLD et β -HCH, respectivement). Ces étalons internes permettent de mimer au mieux le comportement de la molécule d'intérêt dès l'extraction et supprimer les effets éventuels de dérive lors de l'analyse.

Pour les 3 composés étudiés, la limite de quantification de la méthode est de $0,03 \mu\text{g/l}$. Les incertitudes élargies sont de l'ordre de 30% à des niveaux de concentration moyen et haut ($\geq 0,1 \mu\text{g/l}$) et de l'ordre de 40-50% au niveau de la limite de quantification.

3. Résultats

En préalable à la présentation des résultats et aux interprétations, il est rappelé que, dans le cadre des programmes de surveillance des masses d'eau souterraine, la norme de qualité à respecter pour les pesticides est de 0,1 µg/l. Cette valeur donnera une référence pour l'évaluation de l'intensité des contaminations résiduelles sur les blancs.

3.1. DONNEES AFFERENTES AUX MESURES DE BLANCS

Tous les paramètres et résultats de laboratoire liés aux échantillonnages précédemment décrits sont reportés dans le Tableau 1. Pour mémoire, la chronologie des échantillonnages est la suivante :

- Jour 1 : mesures n°1 à 13 (blancs préalables aux mesures sur site) ;
- Jour 2 : mesures n°14 à 22 (prélèvements de Schoelcher et du Lorrain) ;
- Jour 3 : mesures n°23 à 25 (prélèvements du Lorrain) ;
- Jour 4 : mesures n°26 à 52 (blancs post-mesures sur site).

Les significations des codes couleur sont données dans la légende du tableau.

N°	Matrice ou site	Temps de pompage (minutes)	Pompe	débit moyen (m ³ /h)	Tuyau	CLD	CLD5BH	β-HCH
1	Blanc eau robinet	s.o.	poubelle avant pompage		s.o.	<	<	<
2	Blanc eau robinet	0	MP1		s.o.	<	<	<
3	Blanc eau robinet	15	MP1		s.o.	<	<	<
4	Blanc eau robinet	30	MP1	0.9	s.o.	<	<	<
5	Blanc eau robinet	0	MP1		arrosage (utilisé)	0.20	<	<
6	Blanc eau robinet	15	MP1		arrosage (utilisé)	0.05	<	<
7	Blanc eau robinet	30	MP1	0.61	arrosage (utilisé)	0.04	<	<
8	Blanc eau robinet	s.o.	poubelle avant pompage		s.o.	<	<	<
9	Blanc eau robinet	30	MP1		Tricocclair neuf	<	<	<
10	Blanc eau robinet	0	Twister		s.o.	<	<	<
11	Blanc eau robinet	15	Twister		s.o.	<	<	<
12	Blanc eau robinet	30	Twister		s.o.	<	<	<
13	Blanc eau robinet	30	Twister		Tubclair neuf	<	<	<
14	Schoelcher Fond Lahaye	60	MP1	0.85	arrosage (utilisé)	0.06	<	<
15	Schoelcher Fond Lahaye	60	MP1	0.89	Tricocclair	<	<	<
16	Schoelcher Fond Lahaye	60	Twister	0.48	Tubclair	<	<	<
17	Lorrain Fond Brulé	45	MP1	0.86	arrosage (utilisé)	26.86	0.20	2.80
18	Lorrain Fond Brulé	45	MP1	0.98	Tricocclair	26.70	0.21	2.60
19	Lorrain Fond Brulé	45	Twister	0.59	Tubclair	23.76	0.20	3.10
20	Schoelcher Fond Lahaye	60	MP1	0.8	arrosage (utilisé)	0.68	<	0.12
21	Schoelcher Fond Lahaye	60	MP1	0.9	Tricocclair	0.77	<	0.11
22	Schoelcher Fond Lahaye	60	Twister	0.5	Tubclair	0.51	<	0.09
23	Lorrain Fond Brulé	45	MP1	0.93	arrosage (utilisé)	29.70	0.22	4.82
24	Lorrain Fond Brulé	45	MP1	0.96	Tricocclair	29.26	0.23	4.60
25	Lorrain Fond Brulé	45	Twister	0.54	Tubclair	20.98	0.21	3.75
26	Blanc eau robinet	s.o.	poubelle avant pompage		s.o.	<	<	<
27	Blanc eau robinet	0	MP1		s.o.	0.07	<	<
28	Blanc eau robinet	15	MP1		s.o.	<	<	<
29	Blanc eau robinet	30	MP1		s.o.	<	<	<
30	Blanc eau robinet	45	MP1		s.o.	<	<	<
31	Blanc eau robinet	60	MP1	0.42	s.o.	<	<	<
32	Blanc eau robinet	0	MP1		arrosage (utilisé)	4.04	0.06	0.37
33	Blanc eau robinet	15	MP1		arrosage (utilisé)	0.78	<	0.10
34	Blanc eau robinet	30	MP1		arrosage (utilisé)	0.68	<	0.09
35	Blanc eau robinet	45	MP1		arrosage (utilisé)	0.61	<	0.07
36	Blanc eau robinet	60	MP1	0.47	arrosage (utilisé)	0.60	<	0.08
37	Blanc eau robinet	0	MP1		Tricocclair	1.98	0.05	0.24
38	Blanc eau robinet	15	MP1		Tricocclair	0.69	<	0.08
39	Blanc eau robinet	30	MP1		Tricocclair	0.62	<	0.08
40	Blanc eau robinet	45	MP1		Tricocclair	0.56	<	0.07
41	Blanc eau robinet	60	MP1	0.47	Tricocclair	0.57	<	0.07
42	Blanc eau robinet	s.o.	Poubelle avant pompage		s.o.	<	<	<
43	Blanc eau robinet	0	Twister		s.o.	0.10	<	<
44	Blanc eau robinet	15	Twister		s.o.	<	<	<
45	Blanc eau robinet	30	Twister		s.o.	<	<	<
46	Blanc eau robinet	45	Twister		s.o.	<	<	<
47	Blanc eau robinet	60	Twister		s.o.	<	<	<
48	Blanc eau robinet	0	Twister		Tubclair	2.02	0.05	0.33
49	Blanc eau robinet	15	Twister		Tubclair	0.27	<	0.05
50	Blanc eau robinet	30	Twister		Tubclair	0.22	<	0.04
51	Blanc eau robinet	45	Twister		Tubclair	0.22	<	0.04
52	Blanc eau robinet	60	Twister	0.62	Tubclair	0.22	<	0.04

Tableau 1 : récapitulatif des essais menés ; fond bleu : pompe MP1 ; fond orange : pompe Twister ; la gradation d'intensité de couleur est fonction du tuyau utilisé ; les temps de pompage, les débits de pompage et les résultats en CLD, CLD5BH et β-HCH sont indiqués (s.o. : sans objet ; < : inférieur à la limite de quantification soit 0,03 µg/l . Tricocclair® et Tubclair® sont des marques déposées de Tricoflex/Hozelock.

3.1.1. Blancs préalables aux mesures sur site

Pour ces mesures réalisées sur l'eau du réseau potable, les enseignements suivants peuvent être tirés :

Cette eau du robinet présente des concentrations en CLD, CLD5BH et β -HCH fort heureusement inférieures au seuil de quantification analytique.

Le corps des pompes (MP1 ou Twister), qui avaient été rincées avant stockage, ne présente pas de phénomène de relargage, tant au démarrage qu'après 30 minutes de fonctionnement.

L'utilisation d'un tuyau PVC neuf (Tricoclair® ou Tubclair®) ne se traduit pas non plus par la détection d'analytes, ce qui atteste bien de la qualité alimentaire de ces tuyaux.

Par contre, le pompage via un tuyau d'arrosage déjà utilisé lors de précédentes opérations se révèle porteur d'une contamination importante en CLD (plus de 6 fois le seuil de détection au démarrage de l'essai). Cette molécule doit donc s'adsorber en des quantités non négligeables à l'intérieur du tubage (PVC non alimentaire dans ce cas). Pire, un rinçage de 30 minutes ne suffit pas à passer en dessous du seuil de quantification, la contamination résiduelle est donc pérenne et peut conduire à des faux positifs lors d'échantillonnage sur sites non contaminés. Ces premiers résultats montrent qu'il paraît donc préférable de ne pas réutiliser de tels tuyaux (utilisés sur des sites contaminés) sur ces molécules organochlorées, ou pour le moins de ne pas utiliser les tuyaux pour échantillonner plusieurs ouvrages. Une solution un peu plus économique peut donc être, dans ce cas, d'affecter un tuyau aux ouvrages les plus contaminés, et de prendre soin de le rincer longuement avant de le réutiliser (le rinçage devant s'effectuer rapidement après l'opération de pompage).

3.1.2. Blancs post-mesures sur site

Ces mesures de blancs interviennent suite à des pompages sur un site contaminé (cf. section 3.2). Les concentrations de l'eau dans la station préalablement échantillonnée sont de 25, 0,2 et 4 $\mu\text{g/l}$ pour CLD, CLD5BH et β -HCH. Les principaux points suivants transparaissent :

Le corps de pompe (MP1 ou Twister) présente une légère contamination résiduelle au démarrage du pompage (respectivement 0,07 et 0,1 $\mu\text{g/l}$ de CLD⁵), qui disparaît assez rapidement, puisqu'au bout de 15 minutes les prélèvements n'indiquent plus la présence de CLD. On peut également noter qu'il ne semble pas y avoir de relargage impromptu au cours du temps de molécules adsorbées sur le corps de pompe, puisque les prélèvements réalisés par la suite, sur une heure de temps, renvoient toujours des mesures inférieures au seuil de quantification analytique.

Par contre, une contamination résiduelle existe, quel que soit le type de tuyau utilisé :

Le tuyau d'arrosage apparaît comme relarguant longtemps des molécules organochlorées. Pour un niveau de CLD proche de 27 $\mu\text{g/l}$ en forage, la contamination résiduelle au début du rinçage est de 4 $\mu\text{g/l}$ et encore de 0,6 $\mu\text{g/l}$ (soit 6 fois la valeur seuil environnementale de 0,1 $\mu\text{g/l}$) après une heure de rinçage, alors que l'eau du robinet n'a pas de concentration en CLD quantifiable. L'atténuation du signal est très lente, et se fait de manière quasi logarithmique, la majorité du

⁵ Les autres composés sont dans des concentrations inférieures au seuil de quantification, soit 0,03 $\mu\text{g/l}$.

signal étant perdu durant le premier quart d'heure (Figure 2). Il semble que l'on atteigne une concentration « asymptotique » sous laquelle il n'est pas possible de descendre. En d'autres termes, le tuyau d'arrosage semble irrémédiablement contaminé. Le constat est strictement similaire en β -HCH (Figure 3). Pour la CLD5BH, la concentration sur le site contaminé était de 0,2 $\mu\text{g/l}$. Les rinçages montrent pour tous les tuyaux et pompes, une absence de contamination ($< 0,03 \mu\text{g/l}$) après 15 minutes. La première eau à $t=0$ montre une contamination résiduelle de l'ordre de 0,05 $\mu\text{g/l}$.

L'allure de la courbe de rinçage est similaire pour les tuyaux de qualité « alimentaire », indépendamment du type de pompe utilisé (Figures 2 et 3). La contamination résiduelle au bout d'une heure de pompage est quasi identique entre tuyau d'arrosage et tuyau Tricocclair® (Tableau 1), et légèrement inférieure pour le tuyau Tubclair®. Pour les tuyaux associés à la pompe MP1, les concentrations résiduelles représentent entre 1,5 et 2 % de la concentration du site contaminé au bout de 60 mn de rinçage et ceci pour CLD et β -HCH. Pour la pompe Twister et le tuyau Tubclair, le pourcentage résiduel est de 1%.

Ce constat de rinçage moins efficace du tuyau Tricocclair® pourrait être *pro-parte* lié au débit de circulation d'eau dans le tuyau, dans le cas présent inférieur avec la pompe MP1 (0,47 m^3/h) et supérieur avec la pompe Twister (0,62 m^3/h), mais ce ceci n'est pas corroboré par les constats sur les mesures de blanc. En effet, les blancs réalisés avant prélèvements sur site (n°5 à 7), et pour lesquels le débit de la pompe MP1 était similaire à celui de la pompe Twister, suggèrent un rythme de diminution de la contamination assez proche de celui constaté avec la pompe MP1. Il semblerait donc que le débit ne soit pas la cause première de cette baisse moins forte de la concentration en contaminants, mais qu'il faille plutôt incriminer le tuyau, le type Tricocclair® apparaissant plus difficile à nettoyer que le type Tubclair® (ou pour le moins présentant une contamination résiduelle plus élevée après purge).

Une autre explication pourrait également provenir du diamètre du tuyau utilisé, le Tubclair® étant employé dans des diamètres inférieurs à ceux du Tricocclair® (respectivement 10 mm et 19 mm dans le cas présent). Par mètre linéaire de tuyau, le Tubclair® présente une surface disponible à l'adsorption presque 2 fois inférieure à celle du Tricocclair (respectivement 0,0314 m^2 et 0,0596 m^2). Une plus grande quantité de CLD et β -HCH pourrait donc être adsorbée sur le Tricocclair®, qui serait ainsi plus difficile à rincer. Toutefois, ce constat est assez peu compatible avec la mesure de concentrations sur sites plus élevées en CLD avec le tuyau Tricocclair® (cf. section 3.2). On pourrait donc être tenté d'incriminer une autre variable qui rendrait le rinçage plus long, la longueur du tuyau, la pompe Twister étant classiquement utilisée avec 25 m de tuyau et la pompe MP1 avec 50 m de tuyau.

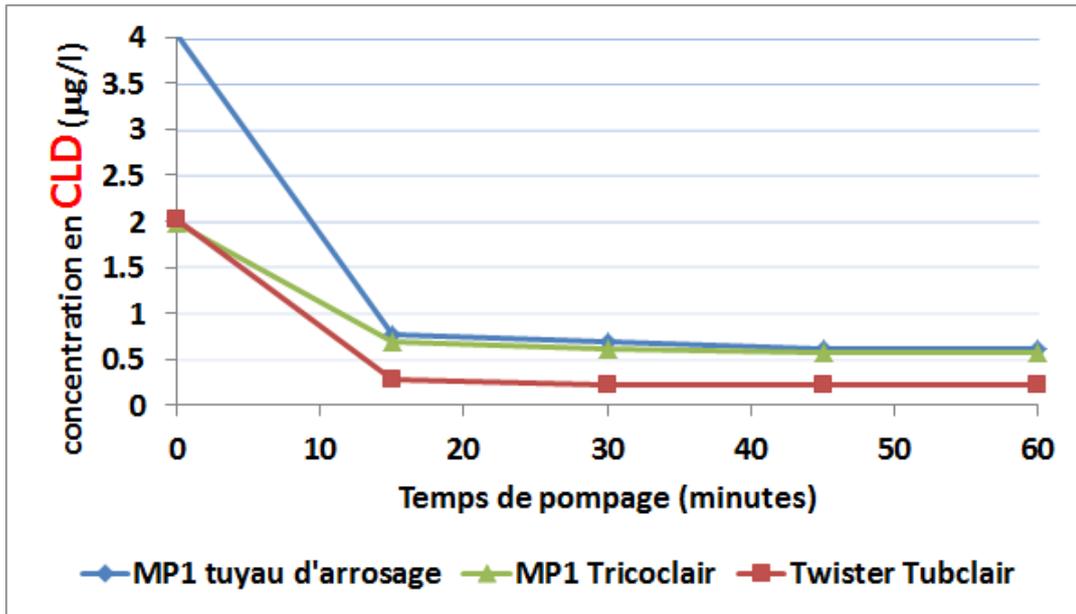


Figure 2 : diminution de la concentration en CLD au cours du rinçage des tuyaux, après prélèvement sur site.

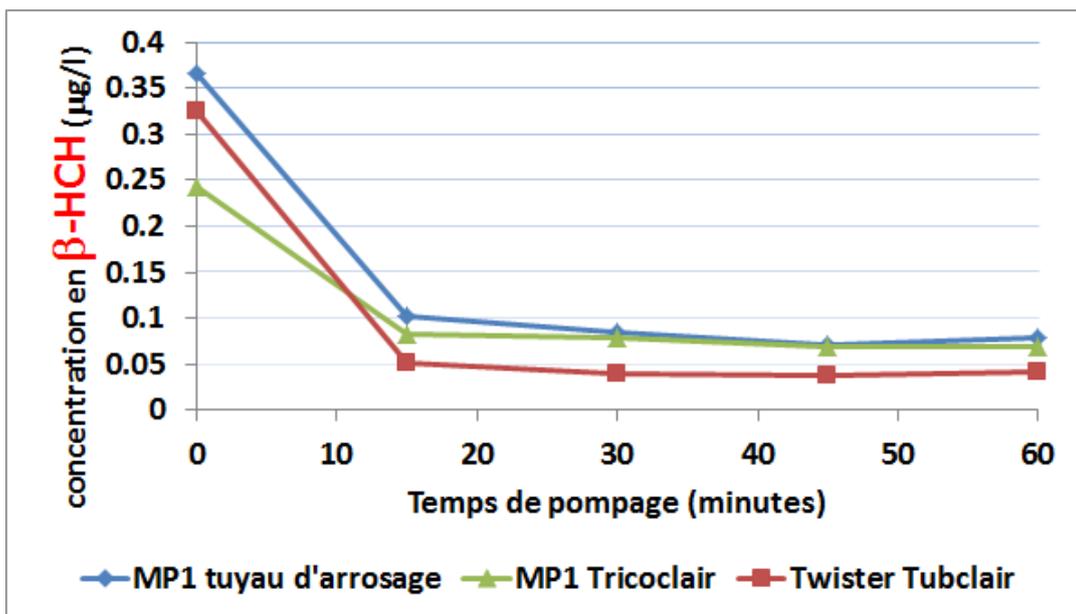


Figure 3 : diminution de la concentration en β-HCH au cours du rinçage des tuyaux, après prélèvement sur site.

3.2. DONNEES AFFERENTES AUX MESURES SUR SITE

3.2.1. Site de Schoelcher Fond Lahaye (non contaminé)

a) Prélèvement initial

Ces prélèvements correspondent aux lignes n°14 à 16 dans le Tableau 1. Le site concerné ne renferme pas de CLD ou de β -HCH. On peut toutefois noter la présence d'une contamination résiduelle du tuyau d'arrosage en CLD, même si celui-ci avait fait l'objet d'un rinçage long à l'eau du réseau (cf. section 3.1.1). Il y a donc bien confirmation que la contamination amenée par le tuyau d'arrosage suite à un échantillonnage sur site fortement contaminé est pérenne, fût-ce celui-ci rincé au préalable.

b) Prélèvement consécutif aux investigations sur le site contaminé du Lorrain Fond Brûlé

Echantillonné suite à des prélèvements dans un site fortement contaminé (cf. section 3.2.2), le site de Schoelcher semble présenter, au bout de 60 minutes de pompage, une contamination en CLD et β -HCH, dans des concentrations non négligeables (n° 20 à 22, Tableau 1). Il s'agit clairement ici d'une contamination résiduelle anormale, qui si l'on se réfère aux mesures de blanc précédentes, doit préférentiellement provenir du tuyau utilisé plutôt que du corps de pompe. Au bout de 60 minutes, la contamination résiduelle est d'environ 2 à 2,5% du signal initial en CLD, et environ le double en β -HCH. Par contre, il n'existe plus de contamination résiduelle en CLD5BH.

La contamination résiduelle est légèrement plus forte pour le tuyau Tricoclair® que pour le tuyau d'arrosage, le tuyau Tubclair® apparaissant une nouvelle fois comme un peu moins sujet à des phénomènes de désorption (même si les relargages demeurent très importants, près de 20 fois au-dessus du seuil de quantification). Il est intéressant de constater dans ce cas que le tuyau Tricoclair® a une surface interne presque 2 fois supérieure à celle du tuyau Tubclair® pour une section de tuyau donnée, et que dans le même temps le débit dans le Tricoclair est lui aussi presque 2 fois plus important que dans le Tubclair®. En d'autres termes, la quantité de contaminants à purger dans le Tricoclair est 2 fois plus importante, et, même si le débit de purge est plus fort, elle peut être un peu plus longue à réaliser qu'avec un tuyau Tubclair®.

3.2.2. Site du Lorrain Fond Brûlé

Les premiers prélèvements réalisés au Lorrain (n°17 à 19, Tableau 1) l'ont été après pompage à Schoelcher, où seul le tuyau d'arrosage montrait une contamination résiduelle. Les deux autres types de tuyaux sont donc considérés comme propres. Ici la différence de quantification des 3 contaminants qui, même si elle est faible paraît tout de même significative, ne semble pas liée au type de tuyau utilisé, mais plutôt au débit de pompage et/ou au diamètre de tuyau utilisé. En effet, les prélèvements via la pompe MP1 renvoient des concentrations identiques en CLD, CLD5BH et β -HCH. Les prélèvements via pompe Twister présentent des concentrations en CLD légèrement inférieures (environ 90% de la concentration mesurée avec la MP1) et des concentrations en CLD5BH identiques (mais la concentration dans l'eau est 100 fois inférieure

⁶ Surtout si l'on tient compte des longueurs de tuyau différentes.

à celle de la CLD). A l'inverse, les concentrations en β -HCH sont supérieures lorsque le prélèvement est réalisé avec la pompe Twister. Le tuyau Tricocclair® pourrait adsorber plus facilement le β -HCH, la concentration mesurée en sortie au point de prélèvement étant alors inférieure à la concentration réelle, qui se rapprocherait de celle déterminée par prélèvement avec Tubclair®. La longueur et le diamètre du tuyau pourraient aussi jouer un rôle (on peut potentiellement adsorber plus dans un tuyau plus long et plus gros).

Les derniers prélèvements réalisés au Lorrain (n°23 à 25) apportent des informations complémentaires. L'influence potentielle du débit de pompage sur la quantification de β -HCH, constatée sur les 1ers prélèvements (concentration du prélèvement n°19 supérieure à celles des n°17 et 18), semble devoir être écartée. En effet, cette seconde série de pompages montre des concentrations mesurées via la pompe MP1 plus fortes que via la pompe Twister. Or les débits respectifs des 2 pompes sont restés sensiblement similaires lors de ces 2 opérations (proche de 0,9 m³/h pour la MP1 et 0,6 m³/h pour la Twister). Dès lors il peut s'agir :

Soit d'une variabilité naturelle de l'aquifère ;

Soit le fait d'avoir purgé le forage lors des premiers pompages a amené, à l'issue des seconds pompages, à drainer un panache d'eau plus contaminée qui n'est pas détecté lors des mesures de routine (qui font appel à un pompage de 45 minutes et non deux fois 45 minutes). La colonne d'eau pouvant être hétérogène en forage, et les circulations en domaine volcanique rapides, la possibilité de la sollicitation d'horizons différents lors de pompages répétés sur des durées assez longues est une hypothèse qui ne peut être écartée.

Cette dernière option pourrait être envisagée, puisque les concentrations mesurées via un pompage avec la pompe MP1 sont plus fortes (n°23 et 24) que celles mesurées lors du premier prélèvement (n°17 et 18).

Enfin, la pompe Twister donne toujours des concentrations inférieures en CLD. Une explication pourrait être à chercher dans le débit de pompage. Celui de la pompe Twister pourrait ne pas être assez important pour obtenir une mesure représentative de la concentration en CLD dans l'aquifère, ou ne pas permettre d'entraîner des fines particules qui, si elles sont présentes, pourraient retenir la chlordécone qui est un composé hydrophobe. Si l'on considère que les prélèvements via la pompe MP1 sont plus représentatifs, alors, dans le cadre d'un site fortement contaminé, l'utilisation d'un tuyau d'arrosage ou d'un tuyau propre de type Tricocclair® n'aurait qu'une influence minime sur les déterminations des concentrations en contaminants (pour le moins les 3 molécules considérées).

Un dernier paramètre reste cependant à envisager, celui de la longueur de tuyau. Les tuyaux d'arrosage et Tricocclair® ont une longueur de 50 mètres, le Tubclair® de 25 mètres. En référence aux mesures présentées dans le Tableau 1, il semblerait que le rinçage soit plus efficace (ou le relargage moins fort) lorsque la longueur de tuyau est inférieure. Il apparaît aussi dans ce tableau que la concentration est plus faible lorsque le tuyau est plus court. Ce constat dépendant également du type de pompe utilisé (Twister/MP1) et du diamètre (différent) des tuyaux, ce constat est sans doute plus fortuit que réellement significatif.

3.3. SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS

En résumé, pour les substances étudiées, il ressort des investigations de terrain :

- Que les pompes utilisées ne sont pas les éléments les plus sensibles de la chaîne de prélèvement et que moyennant un rinçage classique durant la purge, elles n'apportent pas de contamination de l'échantillon
- Les tuyaux sont les éléments principaux de contamination inter-site suite à des échantillonnages sur des sites contaminés et non contaminés.
- Un rinçage de 15 minutes permet de fortement réduire la contamination des tuyaux, mais n'est toutefois pas suffisant pour s'en affranchir totalement, ce qui ne permet pas d'utiliser un tuyau employé sur un site contaminé pour faire des échantillonnages ultérieurs sur des sites à bas bruit de fond.
- L'ordre de grandeur observé de la concentration résiduelle est de 1 à 2% environ.

Ces conclusions sont les principales conclusions répondant aux objectifs initiaux du rapport. Les observations suivantes ont également pu être faites mais compte tenu à la fois du faible nombre de données et des effets relativement faibles observés elles ne peuvent être considérées que comme de pistes de réflexion à confirmer si besoin lors d'autres campagnes de terrain. Ainsi il ressort des observations sur les sites étudiés :

Que les concentrations en CLD et β -HCH sont plus importantes lorsque le débit de pompage est plus fort ($1\text{m}^3/\text{h}$ par rapport à 0.5), lorsque le tuyau est plus long et qu'il a un diamètre plus important ;

Les concentrations en CLD et β -HCH sur le site contaminé sont identiques avec le tuyau d'arrosage et le tuyau Tricocclair®, et inférieures avec le tuyau Tubclair®. Outre la nature du tuyau, le débit de pompage semble donc avoir une importance dans la quantification de la concentration en contaminants.

Les tuyaux d'arrosage et Tricocclair® ont un effet mémoire plus grand que le tuyau Tubclair®, ceci pouvant être lié à leur longueur (2 fois plus long) qui entraînerait une plus grande quantité de substance fixée sur le tuyau.

Le rinçage des tuyaux indique que le tuyau d'arrosage adsorbe 2 fois plus de CLD que les tuyaux Tricocclair® et Tubclair®, la différence étant moins nette pour β -HCH (lignes 32 et 37, Tableau 1).

Les mesures effectuées lors de ces tests de terrain ne permettent toutefois pas de déterminer si un échantillonnage à débit plus faible (pompe Twister et tuyau Tubclair®) est plus représentatif des concentrations réelles du milieu qu'un échantillonnage à débit plus fort (pompe MP1 et tuyau Tricocclair®).

4. Conclusions

Cette étude a permis de déterminer et de quantifier dans des conditions expérimentales bien définies, l'impact du matériel d'échantillonnage utilisé pour la surveillance en eau souterraine de la chlordécone, d'un métabolite, 5b hydrochlordécone et d'un autres pesticide organochloré (β -HCH).

Les différents tests menés sur des eaux contaminées et non contaminées amènent aux constats suivants :

- Les corps de pompe, sous réserve d'être rincés à l'eau claire après utilisation, ne sont pas source de contamination des prélèvements ultérieurs ;
- Les résultats montrent que, la chlordécone et le β -HCH s'adsorbent fortement sur les tuyaux étudiés. Il n'a pas été possible d'arriver aux mêmes conclusions sur la 5b hydrochlordécone probablement car les concentrations de cette substance étaient plus faibles durant les phases expérimentales sur site contaminé.
- Le rinçage des tuyaux à l'eau du robinet est insuffisant, même pour des durées allant jusqu'à une heure pour éliminer toute contamination (suite à un échantillonnage sur site fortement pollué). Les contaminations résiduelles observées sont encore très significatives et empêchent toute nouvelle utilisation des tuyaux en site non contaminé.
- Les concentrations résiduelles après échantillonnage sur site contaminé, dans les conditions expérimentales de ce rapport, se sont situées entre 2 et 4% de la concentration observée sur le site contaminé (ces concentrations résiduelles sont observées après purge ou rinçage de l'ordre de 1 heure).

Suite à ces constats, les principales conclusions opérationnelles proposées sont les suivantes :

- La contamination des échantillons par le matériel de prélèvement (tuyau) pour la chlordécone, son métabolite CLD5BH et le β -HCH doit être prise en compte dans la préparation, l'organisation des campagnes de surveillance.
- Les tuyaux utilisés sur un site fortement contaminé ne devraient plus être utilisés sur des sites non contaminés. Les tuyaux devraient être soit jetés soit réservés à ces sites.
- De façon très qualitative et en faisant l'hypothèse d'une concentration résiduelle (par précaution) de 5% de la concentration du dernier site contaminé et d'une limite de quantification de 0,03 $\mu\text{g/l}$, un ordre de grandeur de l'ordre de 0,5 $\mu\text{g/l}$ pourrait être donné pour une concentration seuil de « site contaminé » après lequel des doutes doivent exister sur la propreté du tuyau de pompage. Des essais futurs seraient nécessaires pour préciser cet ordre de grandeur.
- Même si les données présentées ici ne montrent pas d'effet sur ce point, il est recommandé d'utiliser dans la mesure du possible des tuyaux de qualité « alimentaire » plutôt que des tuyaux de type « arrosage » (pour des raisons de meilleure qualité de fabrication et, a priori, de moindre risque de contamination en certains autres polluants).
- Il est rappelé que, pour limiter les risques d'adsorption sur les parois des tuyaux et de la pompe, l'ensemble du système doit être vidé après utilisation puis rincé à l'eau non contaminée. Les résultats présentés dans ce rapport montrent que cette précaution importante n'est cependant pas suffisante pour certaines substances et certains contextes fortement contaminés.

- Il est également rappelé que, dans la mesure du possible, les échantillonnages doivent se faire des points les moins contaminés vers les points les plus contaminés.

Outre ces recommandations, l'attention du lecteur est attirée sur les points suivants : la garantie de la bonne représentativité de la mesure, qui permet d'avoir un bon degré de confiance quant à la concentration réelle en composé dans l'aquifère, est en outre liée aux points suivants :

- Il n'est pas tenu compte dans ce qui précède de la nature de l'ouvrage investigué. Les résultats pourraient en effet varier selon la nature des tubages du forage (PVC, acier, inox alimentaire), puisque l'on a vu que les contaminants étudiés ici pouvaient s'adsorber sur des matières plastiques.
- De même, la position de la pompe par rapport aux crépines pourrait avoir une influence sur les quantifications des contaminants. Si des composés s'adsorbent préférentiellement sur le tubage, un pompage au droit des crépines pourrait renvoyer des valeurs plus représentatives de celles de l'aquifère, et un pompage au droit du tubage plein pourrait amener à échantillonner une eau impactée par des relargages de composés adsorbés sur les parois du forage. La réalisation d'échantillonnage de fond à différentes profondeurs pourrait aider à déterminer si cette hypothèse est réaliste ou non. Il est toutefois rappelé que les règles par défaut d'échantillonnage en eau souterraine sont de prélever dans la mesure du possible, et quand l'information est connue, au droit des crépines.

Enfin, s'il s'avérait nécessaire de mieux comprendre certains des phénomènes ou observations réalisés lors de cette étude, il semblerait opportun d'examiner les points suivants :

- Quelle est l'influence du diamètre du tuyau sur la mesure ? Ceci peut s'envisager sur un ou deux ouvrages de référence, en utilisant un seul type de pompe, à débit constant, en connectant un type de tuyau défini avec des diamètres différents (les tuyaux Tubclair® et Tricoclair® existent en différents diamètres) ;
- Quelle est l'influence du temps de pompage sur la mesure ? Ici on peut toujours envisager de recourir à un ouvrage type, bien connu, et procéder à un pompage à rabattement constant mais sur des durées variables, afin de déterminer si l'alimentation (et la contamination en organochlorés) est pérenne dans le temps, ou bien variable, ce qui pourrait être à relier avec une hétérogénéité hydrogéologique et pourrait donc avoir des conséquences quant aux interprétations des données;
- Quelle est l'influence du débit de pompage ? Là, il s'agirait de mieux cerner les potentiels écarts de concentration liés au débit de pompage, afin de déterminer à partir de quel débit on peut raisonnablement déterminer une concentration reflétant celle du milieu. Cette approche serait à coupler avec celle consistant à déterminer si la différence de débit se traduit également par une différence dans la quantité de particules fines entraînées lors du pompage (si de telles particules existent). La chlrodécone étant une molécule hydrophobe, sa sorption sur des particules pourrait expliquer qu'un pompage à débit plus fort amène à mesurer une concentration en chlrodécone plus forte dans les échantillons.

Même s'il peut exister une inter-dépendance entre ces 3 phénomènes, l'approche spécifique suggérée permettrait de déduire un certain nombre d'enseignements instructifs quant au suivi de polluants, principalement hydrophobes, et ayant des interactions spécifiques avec les matériaux utilisés en échantillonnage en eau souterraine.

5. Bibliographie

- [1] Gal F., Ghestem JP (2011) - Nature des tuyaux utilisés en échantillonnage d'eau souterraine : impact sur la qualité des données de surveillance de substances chimiques. BRGM/RP 60652-FR, 58 pages, 14 figures, 8 tableaux, 3 annexes.
- [2] Ghestem JP., Brach M (2012) – Impact de la nature du matériel d'échantillonnage sur les données de surveillance des phtalates en eau souterraine. Rapport final. BRGM/RP-61777-FR, 30 p., 9 ill.
- [3] S.Bristeau, JP.Ghestem (2012) – Résultats de l'essai interlaboratoires chlordécone et chlordécone-5b-hydro dans les eaux de surface continentales et eaux souterraines. Rapport final – Rapport AQUAREF – 2012 - 65 p.
- [4] NF EN ISO 5667-3 – AFNOR - Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 3 : Conservation et manipulation des échantillons d'eau (Mai 2013)

Annexe 1

Caractéristiques techniques des tuyaux PVC utilisés

Tuyau d'arrosage standard de type Tricoflex®

TRICOFLEX

Eau



TRICOFLEX®

+60
°C
-15

Tuyau souple multicouche.
Revêtement extérieur en PVC très résistant aux UV, avec armature textile polyester tricotée et âme noire lisse composée de deux couches.



- 1 2 Revêtement bicouche en PVC souple jaune ou vert
- 3 Renforcement textile tricoté
- 4 5 Ame noire bicouche lisse

Marquage : TRICOFLEX Soft & Flex Technology [N° lot]

APPLICATIONS

- Arrosage
- Irrigation
- Refoulement et amenée d'eau

SECTEURS D'ACTIVITÉ

- Cultures maraîchères
- Exploitations agricoles
- Horticulture
- Amenée d'eau en industrie et sur les chantiers BTP

AVANTAGES

La conception multicouche, composée d'un tricotage exclusif et d'une double couche intérieure assure au Tricoflex à la fois une grande souplesse pour une maniabilité aisée, une excellente résistance à l'écrasement et de faibles déformations sous pression. A cela s'ajoute l'aspect très lisse de la paroi intérieure qui facilite le passage de l'eau et garantit ainsi la régularité du débit.

Très épais et constitué de matières de qualité, le Tricoflex présente une remarquable résistance au vieillissement et une

exceptionnelle souplesse. Son revêtement extérieur en PVC jaune lui apporte une bonne protection contre l'abrasion et les rayons ultra-violet.

RACCORDS

Raccords Express ou à embout cannelé avec collier à bande. Bien veiller avant montage à ce que l'embout ne soit pas blessant pour le tube intérieur (cas notamment des raccords mal ébavurés donc coupants).

TENUE CHIMIQUE

Voir tableau pages 69 à 72 colonne A.

Tuyau de type Tricoclair®

TRICOFLEX

Multi usages



P.L.N.E.
28 à 81
bar

TRICOCLAIR® AL

+60
°C
-15

-  (EU) N° 102011
-
-
- jus de fruits
- alcools forts
- vins
- lait

APPLICATIONS

- Tuyau polyvalent adapté à de nombreux usages :
- Alimentation de machines et d'outillages en air comprimé
 - Passage de gaz industriels
 - Passage de produits alimentaires
 - Transfert de certains produits chimiques (voir ci-contre)
 - Refoulement d'eau (traitement des eaux)

TOUS SECTEURS D'ACTIVITÉ

- Industrie automobile, usines d'assemblage
- Plasturgie
- Agroalimentaire
- Bâtiment
- Garages (VL/PL et véhicules agricoles)
- Menuiserie, etc...

Tuyau renforcé polyvalent alimentaire et très performant.

Conception tri-couche très résistante, en PVC souple transparent de classe A et sans phtalates, avec renforcement en fibre polyester haute ténacité.



- 1 Recouvrement en PVC souple alimentaire
- 2 Renforcement polyester
- 3 Tube intérieur en PVC souple alimentaire

Marquage : TRICOCLAIR AL Ø int x Ø ext / Ø int x ep. (EU) N° 10/2011 [PS] BAR [N° lot]

AVANTAGES

La formulation matière exclusive du Tricoclair AL lui confère souplesse, longévité, une protection anti-UV supérieure et une grande transparence. Il est apte aux contacts avec les produits alimentaires et les alcools titrant jusqu'à 50%. Le renforcement équilibré permet, quant à lui, une tenue en pression élevée associée à de faibles déformations. Il peut ainsi supporter des cycles longs et fréquents d'impulsions de pression.

TENUE CHIMIQUE

Voir tableau pages 69 à 72 colonne A.
Le Tricoclair AL offre une large compatibilité chimique. Parmi les produits avec lesquels il peut entrer en contact, sous certaines conditions de température et de concentration, on citera certains acides (chlorhydrique, acétique, borique, citrique, nitrique, phosphorique...), certaines bases (hydroxyde de sodium, potasse...), l'eau de javel, l'eau de mer, des sels (certains chlorures, nitrates, sulfates, phosphates, carbonates...).
Le transfert d'hydrocarbures provoque une perte de souplesse pouvant rendre le Tricoclair AL cassant, on lui préférera donc le Tricofuel dans ce cas. Pour plus de précisions, nous consulter.

RACCORDS COMPATIBLES

Emboutis cannelés, à olive ou à gorge (type Express). Montage avec colliers à bande, à tourillons, à oreilles (éviter les colliers à une oreille), ou colffes adaptées. Le sertissage avec des jupes non blessantes est possible (nous consulter dans ce cas). Bien veiller avant montage à ce que l'embout ne soit pas blessant pour le tube intérieur (cas notamment des raccords mal ébavurés donc coupants).

Livré avec disque présentoir à rabat jusqu'au diamètre 13



*jusqu'au diamètre 13



Tuyau de type Tubclair®

TRICOFLEX

Multi usages



TUBCLAIR® AL

+60
°C
-15



- ✓ jus de fruits
- ✓ vins

- ✓ alcools forts
- ✓ lait

Tube polyvalent alimentaire monocouche en PVC souple transparent de classe A, 75 shA

Marquage : TUBCLAIR AL (EU) N° 10/2011 [N° lot]

APPLICATIONS

- Passage de liquides divers sans pression : eau, certains acides et bases, liquides alimentaires tels que lait, jus de fruits, bière, vins...
- Transfert de poudres alimentaires.
- Utilisation comme gaine de protection

SECTEURS D'ACTIVITÉ

- Industrie en général
- Agroalimentaire
- Laboratoires

AVANTAGES

Conçu avec des matières de première qualité, le Tubclair AL est un tuyau souple très transparent, léger et apte aux contacts avec les denrées alimentaires et les alcools titrant jusqu'à 50% vol. Il a en outre une excellente longévité et bénéficie d'une protection anti-UV supérieure. Le Tubclair AL se décline en une gamme très complète de diamètres.

RACCORDS

Raccords à embout cannelé ou à olive avec colliers à bande ou à oreille(s). Le sertissage est à proscrire. Bien veiller avant montage à ce que l'embout ne soit pas blessant pour le tube intérieur (cas notamment des raccords mal ébavurés donc coupants).

TENUE CHIMIQUE

Voir tableau pages 69 à 72 colonne A.

Le Tubclair a une large compatibilité chimique. Parmi les produits avec lesquels il peut entrer en contact, sous certaines conditions de température et de concentration, on citera certains acides (chlorhydrique, acétique, borique, citrique, nitrique, phosphorique...), certaines bases (hydroxyde de sodium, potasse...), l'eau de javel, l'eau de mer, des sels (certains chlorures, nitrates, sulfates, phosphates, carbonates...).

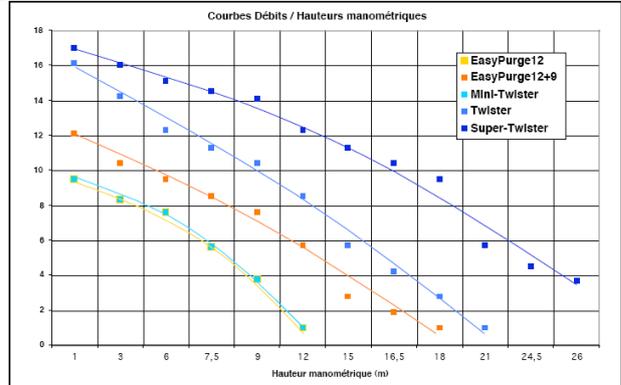
Le transfert d'hydrocarbures provoque une perte de souplesse pouvant rendre le Tubclair cassant. Choisir plutôt dans ce cas le TUBE PU CALIBRE (page 32).

Annexe 2

Caractéristiques techniques d'une pompe Twister (commercialisée par SDEC)

SDEC France présente: **POMPES IMMERGEES 12 Volts STANDARD**
pour la purge et le prélèvement d'eau en piézomètre jusqu'à 26 m

- Moteurs hautes performances, tolèrent sable, limons et petits débris.
- Conçues pour un fonctionnement continu. Pas de refroidissement nécessaire.
- Auto-amorcées. Cavitation minimale.
- Capables de tourner jusqu'à deux heures à sec.
- Pour forages à partir de 50 mm (Ø hors tout 45 mm).
- Alimentation par batterie 12 Volts (véhicule ou batterie externe)
- Conviennent pour l'échantillonnage à bas débit "Low Flow" (via un contrôleur de débit en option).
- Durée de vie élevée (jusqu'à 500 heures de fonctionnement)
- Investissement réduit. Excellent rapport prix/prestation.



Ces pompes immergées EasyPurge, capables de remonter des hauteurs manométriques allant de 12 à 26 m, se connectent directement sur une batterie (ou autre alimentation) 12 Volts. Leur conception fiable autorise le prélèvement ou la purge en continu de puits d'observation et piézomètres.

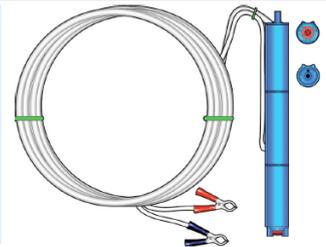
	h (m)	1	3	6	7,5	9	12	15	16,5	18	21	25	26
EasyPurge12	Q (l/min)	9,5	8,3	7,6	5,6	3,8	1						
EasyPurge12+9	"	12,1	10,4	9,5	8,5	7,6	5,7	2,8	1,9	1			
Mini-Twister	"	9,5	8,3	7,6	5,6	3,8	1						
Twister	"	16,1	14,2	12,3	11,3	10,4	8,5	5,7	4,2	2,8	1		
Super Twister	"	17	16	15,1	14,5	14,1	12,3	11,3	10,4	9,5	5,7	4,5	3,7

Twister

La pompe Twister est capable de remonter une hauteur manométrique de 21,25 m, connectée simplement sur une batterie 12 Volts (débit max. 16,1 l/min). Durée de vie élevée de ses moteurs: 400 heures. Livrée prête à l'emploi avec 24,5 m de câble pour usage intensif et pinces crocodile, en carton individuel.

Caractéristiques

- Nombre d'étages: 3
- Consommation électrique: 130-180 Watts
- Tension d'alimentation: 12-15 V cc à la source
- Ampérage maximum: 11 A
- Longueur: 368 mm
- Diamètre: 42 mm (45 mm hors tout)
- Diamètre de l'embout: 11 mm
- Matières utilisées: PVC et acier inoxydable
- Longueur du câble: 24,5 m, section 2x3,3 mm², muni d'un connecteur pour prise allume-cigare et pinces crocodile.



Annexe 3

Caractéristiques techniques d'une pompe MP1 (Grundfos)

MP 1



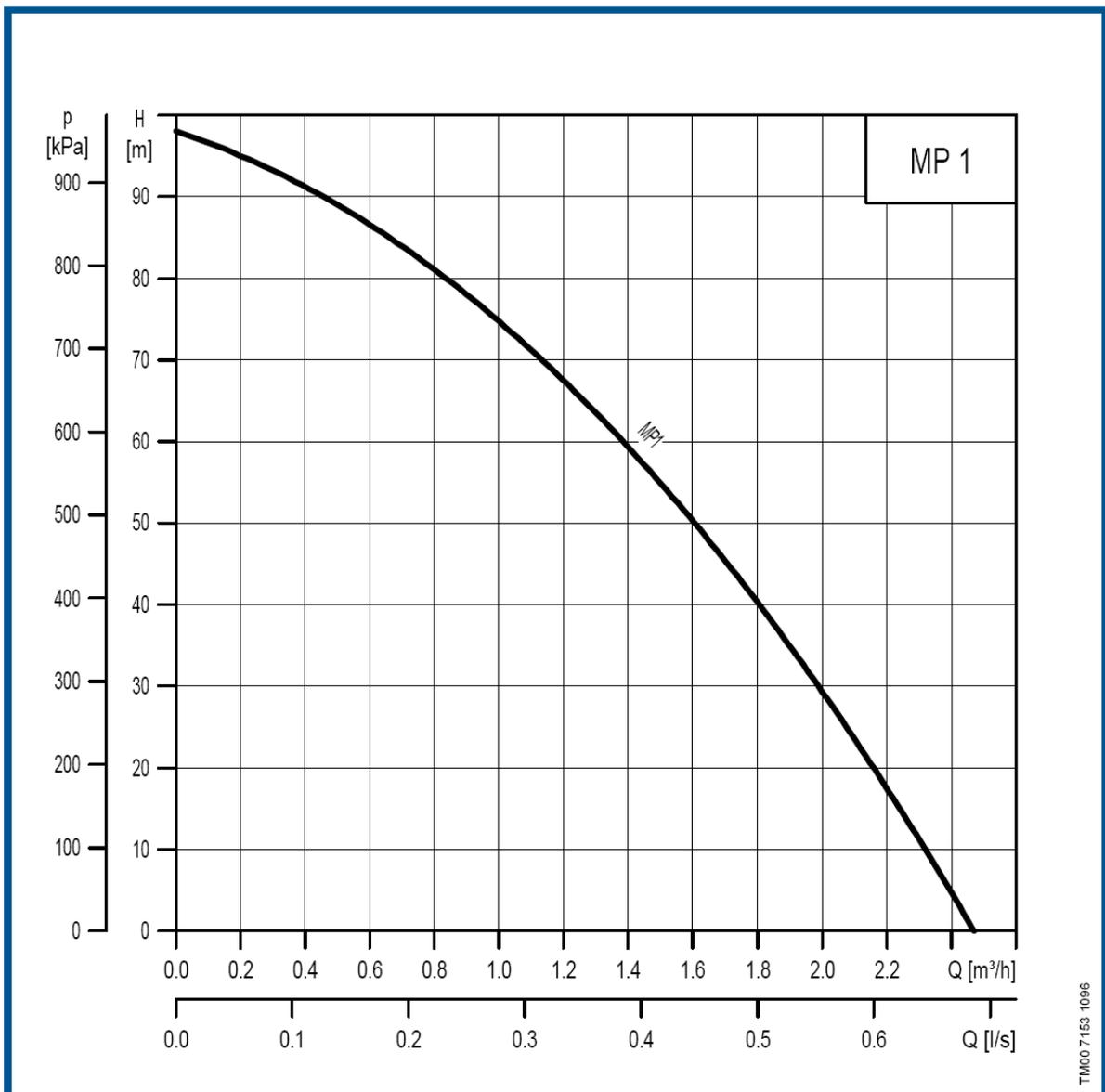
TM00 0527 3192

Pompe de prélèvement pour la prévention et la surveillance des nappes phréatiques

La pompe immergée Grundfos MP 1 est conçue pour le prélèvement d'échantillons à des fins d'analyse.

Plage de performances :

Débit :	0 à 2 m ³ /h (0 à 35 l/mn)
Hauteur manométrique :	90 mCE maxi
Température du liquide :	+1°C à +35°C
Diamètre du forage :	2"



TM00 7153 1096

Caractéristiques générales

MP 1

Applications

La pompe immergée Grundfos MP 1 est spécialement conçue pour le prélèvement d'échantillons à des fins d'analyse dans des forages 2". La pompe MP 1 est équipée d'un convertisseur de fréquences qui permet de régler le débit et la hauteur manométrique de la pompe. Le convertisseur BMI/MP 1 permet de faire varier la fréquence dans une plage de 50 à 400 Hz correspondant à une vitesse maximum de 23.000 mn⁻¹. La valeur nominale est de 1 m³/h à 74 mCE.

Lors d'un prélèvement, il est important que l'échantillon ne soit pas affecté par l'équipement de prélèvement. La MP 1 est construite en matériaux inertes ne contaminant pas le liquide pompé et n'influençant pas les résultats de l'analyse.

Les caractéristiques de la pompe sont ajustées grâce au convertisseur de fréquences qui modifie la vitesse de la pompe.

Avant de prélever un échantillon, le forage doit être purgé. La vitesse de rotation très élevée permet de réduire de façon considérable le temps de préparation. Il faut cependant veiller à ce que la pompe ne tire pas plus d'eau que le forage ne peut en donner. Dans ce cas de l'air pourrait entrer dans la pompe. Le fonctionnement à sec pendant de longues périodes entraînerait la destruction de la pompe et du moteur. La pompe ne doit pas fonctionner à sec sauf pour vérifier le sens de rotation.

Pour éviter le nettoyage de la pompe après chaque essai et pour supprimer le risque de transfert de produits contaminés d'un forage à l'autre, il est recommandé d'installer une pompe par forage et d'utiliser le même convertisseur de fréquences.

La pompe est prévue pour un forage de 2". Pour forage supérieur à 3", installer la pompe dans un fourreau de 3" maximum.

Liquides pompés

Pompage dans les nappes polluées de liquides clairs non explosifs sans particules abrasives ou fibreuses.

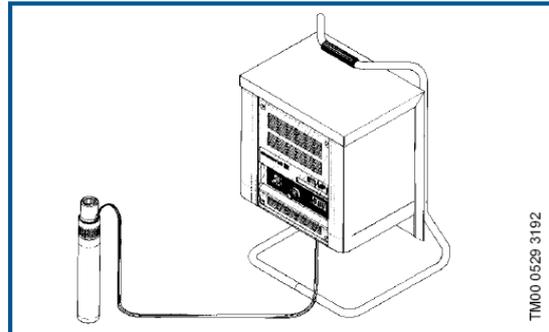
Température de : +1°C à +35°C
Quantité de sable maximum : 50 g/m³.

Une quantité de sable plus importante réduira considérablement la durée de vie des pièces d'usure.

Nota: La pompe n'est pas prévue pour pomper des hydrocarbures concentrés ainsi que des produits chimiques ou explosifs.

La pompe MP 1 n'est pas homologuée anti-déflagrante. En cas de doute quant à son utilisation, il convient de consulter les autorités compétentes.

Si un liquide de densité ou de viscosité supérieure à l'eau doit être pompé, la puissance consommée sera supérieure à la puissance nominale et la vitesse de rotation sera réduite. Moteur et convertisseur sont équipés d'une protection contre les surcharges.

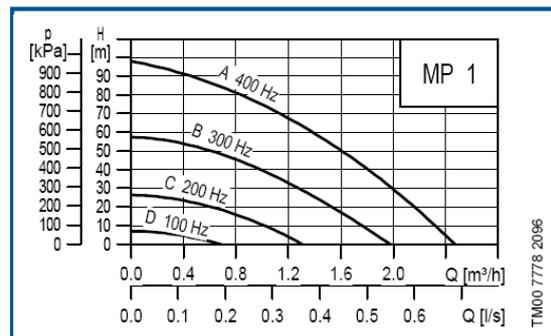


TM00 0528 3192

Désignation

Pompe de prélèvement MP 1
Débit nominal en m³/h

Courbes



TM00 7778 2096

Les courbes sont données selon :

- une température du liquide : +20°C
- le liquide : eau pure
- viscosité : 1 mm²/s

Exemple de courbes débit/hauteur manométrique obtenues par variation de fréquences grâce au convertisseur.

Courbe A fréquence : 400 Hz
Courbe B fréquence : 300 Hz
Courbe C fréquence : 200 Hz
Courbe D fréquence : 100 Hz

Gamme

La pompe MP 1 n'existe qu'en une seule dimension avec sortie en diamètre 3/4" F. Trois longueurs de câble sont proposées suivant la profondeur du forage: 20 mètres, 50 mètres ou 70 mètres de câble. Le convertisseur BMI/MP 1 est fourni sans câble d'alimentation ni prise.

Caractéristiques générales

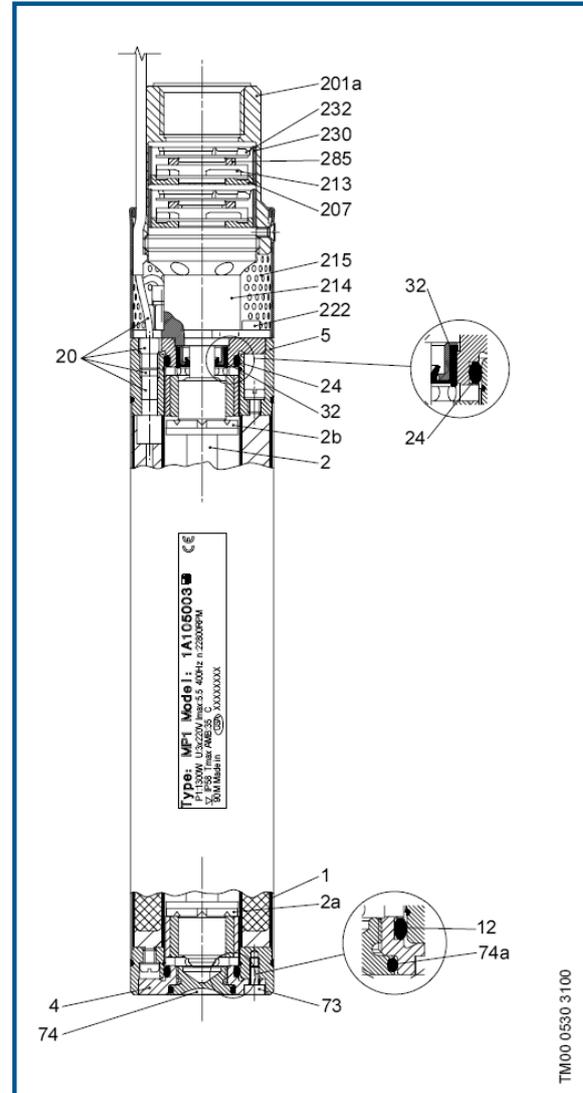
MP 1

Matériaux (pompe)

Pos.	Composants	Matériaux	DIN W.-Nr.	AISI
201a	Corps de pompe	Acier inoxydable	1.4401	316
232	Défecteur	Acier inoxydable	1.4401	316
230	Joint intermédiaire	Acier inoxydable	1.4401	316
285	Rondelle	PTFE		
213	Roue	Acier inoxydable	1.4401	316
207	Bague d'étanchéité	PTFE		
215	Crépine d'aspiration	Acier inoxydable	1.4401	316
214	Entretoise	Acier inoxydable	1.4401	316

Matériaux (moteur)

Pos.	Composants	Matériaux	DIN W.-Nr.	AISI
2	Rotor	Feuille d'acier revêtue PTFE et aluminium		
	Arbre	Acier inoxydable	1.4460	329
	Palier radial tournant	Carbure de tungstène		
2a	Rondelle de butée	PTFE		
2b				
32	Joint d'étanchéité	FKM		
12, 24, 74a	Joint toriques	FKM		
4, 5	Paliers radiaux fixes	Acier inoxydable Céramique	1.4401	316
1	Stator			
	Chemise du rotor	Acier inoxydable	1.4401	316
	Chemise du stator	Acier inoxydable	1.4401	316
73, 222	Vis	Acier inoxydable	1.4401	316
20	Câble moteur (4 x 1 mm ²)	ETFE/FEP (Tefzel)		
	Vis de câble	Acier inoxydable	1.4401	316
	Rondelles	PTFE/laiton		
	Garnitures d'étanchéité du câble	FKM		
	Connecteurs	Laiton plaque or		
74	Vis pour injection du liquide moteur	Acier inoxydable	1.4460	329





**Centre scientifique et technique
Direction des Laboratoires (LAB)**
3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr