

EHESP



Ingénieur du Génie Sanitaire

Promotion : **2013 - 2014**

Date du Jury : **Octobre 2014**

**Gestion des risques sanitaires liés à la présence
éventuelle de chlorure de vinyle monomère dans
les eaux destinées à la consommation humaine
du département des Yvelines**

Judicaël LAPORTE

Lieu de stage : ARS Ile-de-France DT Yvelines

Référente professionnelle : Corinne FELIERS

Référente pédagogique : Nathalie BONVALLOT

Remerciements

Je remercie particulièrement, Madame Corinne FELIERS, Responsable du Département Veille et Sécurité Sanitaire de la Délégation Territoriale des Yvelines de m'avoir recruté, encadré et soutenu durant toute la période de mon stage ainsi que Monsieur Christophe BERTAND, ingénieur d'études sanitaires en charge du volet eau, Mesdames Béatrice TAVE-GALTIER, Marie-Claude GOURDET, techniciennes sanitaires eau et Sylvie CHARPENTIER, adjointe administrative pour m'avoir apporté leur aide ainsi que des réponses à mes nombreuses questions.

Je remercie également Monsieur Alain ISSANCHOU et Madame Françoise DUPRES, de la direction technique de Véolia Eau Ile de France pour avoir apporté leur collaboration et leur temps en ce qui concerne la mise à disposition des données patrimoniales et hydrauliques dont ils disposaient.

Je remercie Madame Nathalie BONVALLOT, professeur de toxicologie à l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique d'avoir été ma référente pédagogique et de m'avoir donné tous ces conseils avisés.

Je remercie Monsieur Thomas CARTIER, de la direction de l'évaluation des risques de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) ainsi que Monsieur Christophe ROSIN, de l'unité de chimie des eaux du Laboratoire d'Hydrologie de Nancy de l'ANSES, pour m'avoir apporté les informations et les explications nécessaires concernant la modélisation mathématique et le détail de la campagne nationale menée sur le CVM.

Je tenais à remercier la Délégation Territoriale des Yvelines dans son ensemble mais surtout les agents du service Contrôle et Sécurité Sanitaires des Milieux (CSSM) pour leur accueil, leur bonne humeur et les petites attentions culinaires dont j'ai pu profiter de nombreuses fois.

Sommaire

Introduction	1
1 Caractéristiques générales du chlorure de vinyle	2
1.1 Définition	2
1.2 Propriétés physiques	2
1.3 Processus de fabrication	3
1.4 Utilisation et usage	3
1.5 Phénomène de relargage	3
1.6 Réglementation.....	4
1.7 Toxicocinétique	7
1.7.1 Absorption.....	7
1.7.2 Distribution.....	8
1.7.3 Métabolisme	8
1.7.4 Élimination	8
1.8 Toxicodynamie.....	10
1.8.1 Toxicité aiguë.....	10
1.8.2 Toxicité chronique	10
1.8.3 Effets mutagènes.....	11
1.8.4 Effets cancérogènes.....	11
1.8.5 Effets sur la reproduction	12
1.9 Valeurs de référence	13
1.9.1 Valeurs toxicologiques de référence par voie orale.....	13
1.9.2 Valeurs toxicologiques de référence par inhalation	13
1.10 Evaluation du risque associé à un dépassement de la limite de qualité	13
1.10.1 Estimation du niveau de risque associé à l'ingestion d'eau de boisson.....	13
1.10.2 Estimation du niveau de risque associé à l'inhalation lors de la douche	14
2 Identification des zones à risque d'exposition au chlorure de vinyle	15
2.1 Méthodes employées.....	15
2.1.1 Périmètre d'étude	15

2.1.2	Méthode 1 : Modélisation mathématique.....	17
C)	Limites et incertitudes.....	23
2.1.3	Méthode 2 : Hiérarchisation	24
2.2	Résultats	28
2.2.1	Modélisation mathématique	28
2.2.2	Méthode de hiérarchisation.....	34
2.2.3	Discussion générale	39
3	Construction d'un plan d'échantillonnage.....	41
3.1	Points de prélèvements	41
3.1.1	Nombre.....	41
3.1.2	Localisation.....	41
3.2	Repérage cartographique.....	41
3.3	Géolocalisation	43
3.4	Validation et prélèvements	44
	Conclusion.....	45
	Bibliographie.....	47
	Liste des annexes	I

Liste des sigles utilisés

ACS : Attestation de Conformité Sanitaire

ADN : Acide désoxyribonucléique

ANSES : l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ARN : Acide ribonucléique

ARS : Agence Régionale de Santé

ARS DT 78 : Délégation territoriale des Yvelines de l'agence régionale de santé d'Ile-de-France

ASTEE : Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BMD: Benchmark Dose

CAA : 2-chloroacétaldéhyde

CAMY : Communauté d'Agglomération de Mantes en Yvelines

CEO : Oxyde de 2-chloroéthylène

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

CSP : Code de la Santé Publique

CSSM : Contrôle et Sécurité Sanitaires des Milieux

CVM : Chlorure de Vinyle Monomère

CYP : Cytochrome P 450

DGS : Direction Générale de la Santé

DSP : Délégation de Service Public

DT : Délégation Territoriale

EDCH : Eaux Destinées à la Consommation Humaine

EP : Eau Potable

ERI : Excès de Risque Individuel

ERU : Excès de Risque Unitaire

FNDAE : Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau potable

InVS : Institut de Veille Sanitaire

MRL : Minimum Risk Level

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Ppm : Partie par million

PVC : Polychlorure de vinyle

RfD : Reference dose

SISE EAUX : Système d'Information des services de Santé-Environnement – Eaux

UDI : Unité de Distribution

US EPA : United States Environmental Protection Agency

VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

Liste des tableaux et des figures

Liste des tableaux

Tableau 1 : Propriétés physiques du CVM (Bonnard et <i>al</i> , 2011).....	2
Tableau 2 : Valeurs de référence proposées dans l'EDCH.....	4
Tableau 3 : Récapitulatif des VTR proposées pour une exposition chronique par voie orale	13
Tableau 4 : Récapitulatif des VTR proposées pour une exposition chronique par voie respiratoire.....	13
Tableau 5 : Estimation de l'excès de risque individuel lié l'ingestion d'eau en fonction du niveau et de la durée du dépassement de la limite de qualité du chlorure de vinyle	14
Tableau 6 : Temps de séjour dans le tronçon identifié comme étant "à risque"	29
Tableau 7 : Concentration en CVM exprimée en microgramme par litre, calculée en fonction de la température et de la teneur initiale en CVM pour la commune d'Issou	31
Tableau 8 : Concentration en CVM exprimée en microgramme par litre, calculée en fonction de la température et de la teneur initiale en CVM pour la commune de Jouars- Pontchartrain	32
Tableau 9 : Concentration en CVM exprimée en microgramme par litre, calculée en fonction de la température et de la teneur initiale en CVM pour la commune de Breuil-en- Vexin.....	33
Tableau 10 : Résultats des prélèvements Véolia sur la commune de Breuil-en-Vexin.....	33
Tableau 11 : Concentration en CVM, exprimée en microgramme par litre, calculée en fonction de la température et de la teneur initiale en CVM pour la commune de Lainville- en-Vexin.....	34
Tableau 12 : Densité de population par kilomètre de réseau par commune	34
Tableau 13 : Rapport entre le linéaire de PVC et le linéaire total par commune.....	35
Tableau 14 : Linéaire de PVC à risque par commune.....	36
Tableau 15 : Rapport entre la longueur de PVC à risque et la longueur de PVC total par commune.....	37
Tableau 16 : Notation globale et hiérarchisation des communes	38
Tableau 17 : Proposition d'échantillonnage pour la commune X.....	44

Liste des figures

Figure 1 : Chlorure de vinyle	2	
Figure 2 : Motif du polychlorure de vinyle	4	
Figure 3 : Métabolisme du chlorure de vinyle (Bonnard et al, 2011)	9	
Figure 4 : Communes d'étude.....	17	
Figure 5 : Schéma de réseau ramifié comportant des tronçons en PVC à risque.....	21	
Figure 6 : Schéma de réseau maillé comportant des tronçons en PVC à risque	22	
Figure 7 : Localisation des communes étudiées pour la modélisation mathématique	30	
Figure 8 : Plan cartographique de la commune X.....	42	
Figure 9 : Plan resserré sur le nord-ouest de la commune X.....	43	
Figure 10 : Vue satellite de la zone A	Figure 11 : Vue satellite de la zone B	43

Introduction

Sous la pression démographique et sanitaire, le besoin d'étendre les réseaux d'eaux a fait que l'industrie spécialisée s'est tournée vers des matériaux disponibles, plus solides, plus légers, plus malléables et économiquement plus avantageux. C'est dans ce contexte que les matières plastiques polymères organiques ont fait leur apparition dans les canalisations d'adduction d'eau potable. Elles ont remplacé les matériaux ferreux tels que la fonte ou l'acier, ou encore des matériaux fibreux et/ou agrégés comme le ciment simple ou l'amiante-ciment.

Dès lors, l'industrie des polychlorures de vinyle (PVC) a été en pleine expansion, en connaissant son apogée au cours des années cinquante. Comme toute chose nouvelle, les bénéfices étaient mis en avant, car connus et reconnus, alors que les dangers encourus par l'utilisation et les méthodes de production ne l'étaient pas. Ce ne sont que des dizaines d'années plus tard que le danger, représenté par le phénomène de relargage du chlorure de vinyle monomère (CVM) dans les eaux destinées à la consommation humaine, a été mis en évidence.

A la fin des années 1970, afin de réduire les concentrations résiduelles en monomère et ainsi limiter le relargage, les traitements par stripping¹ ont été mis en place dans l'industrie du PVC. Cela a permis d'obtenir des canalisations considérées sans danger.

Mais, qu'en est-il des canalisations déjà posées et en utilisation, fabriquées avant 1980 ?

La Direction Générale de la Santé (DGS) a débuté un travail sur cette problématique de santé environnementale à l'échelle nationale, dans un premier temps en 2006, puis en 2012 au moyen d'une instruction demandant aux services des agences régionales de santé (ARS) en charge du contrôle sanitaire des milieux de faire évoluer le contrôle de la qualité des eaux potables et de l'adapter à la problématique CVM.

Comment répondre de manière pertinente aux exigences d'application de l'instruction dans le département des Yvelines ?

Mon travail au sein de la Délégation Territoriale des Yvelines de l'ARS Ile-de-France (ARS DT 78), retranscrit dans ce mémoire, a consisté à apporter des réponses à cette question.

Après une revue bibliographique des caractéristiques physico-chimiques et toxiques du chlorure de vinyle (CVM), nous présenterons une méthodologie de caractérisation des communes et des zones à risque vis-à-vis du CVM permettant d'élaborer un plan d'échantillonnage ciblé sur les zones à risque de dépassement de l'ensemble des communes yvelinoises.

¹ Opération pour laquelle un soluté gazeux est chassé de l'eau par l'action d'un autre gaz appelé gaz laveur et dont le rôle est de provoquer dans la phase gazeuse une chute de la pression partielle du constituant à éliminer et d'entraîner ainsi son dégazage.

1 Caractéristiques générales du chlorure de vinyle

1.1 Définition

Le chlorure de vinyle monomère CVM CH_2CHCl (n° CAS : 75-01-4), appelé aussi chloroéthylène ou encore chloroéthène (cf. figure 1) est un chloroalcène sous forme gazeuse aux conditions normales de pression et de température. Il est principalement utilisé comme monomère dans la fabrication de matières plastiques (polychlorure de vinyle et copolymères tel que le polyvinylidène).

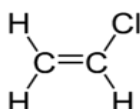


Figure 1 : Chlorure de vinyle

1.2 Propriétés physiques

Dans les conditions normales de pression et de température, le CVM est un gaz incolore, avec une odeur analogue à celle de l'éther (inodore à faible concentration). Il est extrêmement inflammable.

Il a une solubilité dans l'eau comprise entre 1,1 et 2,7 g/L à 20°C. Il est aussi soluble dans de nombreux solvants organiques tels que l'éthanol, les hydrocarbures et les solvants chlorés. De plus, il possède un faible potentiel de bioaccumulation. Le chlorure de vinyle ne s'adsorbe que très peu sur le sol (Koc compris entre 8 et 98) (Brignon, Schucht & Sureau, 2006). De ce fait, en cas de pollution, le CVM non évaporé migre dans les nappes phréatiques où il a la capacité d'y rester des mois durant (99% du CVM dégradé au bout de 108 jours en condition aérobie) (Santé Canada, 2013). Les principales propriétés physiques sont indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Propriétés physiques du CVM (Bonnard et al, 2011)

Masse molaire	62,5 g/mol
Point de fusion	-153,7°C
Point d'ébullition	-14 à -13°C
Température critique	156°C
Pression critique	5590 kPa
Densité	0,9106
Densité du gaz	2,15
Pressions de vapeur	115 kPa à -10°C 340 kPa à 20°C 760 kPa à 50°C
Coefficient de partage octanol/eau (log Pow)	1,36 (calculé) 1,58 (expérimental)
Limites d'explosivité (% en volume d'air)	
Limite inférieure	3,6%
Limite supérieure	33%

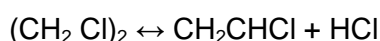
1.3 Processus de fabrication

Le CVM est une molécule de synthèse produite industriellement à partir d'éthylène et de chlore ou de chlorure d'hydrogène (gaz chlorhydrique) en deux étapes successives. La première étape est la fabrication du 1,2-dichloroéthane, soit par chloration directe d'éthylène avec du chlore, soit par chloration d'éthylène avec de l'acide chlorhydrique (HCl) et de l'oxygène (oxychloration), réaction catalysée par du chlorure de cuivre.

La réaction de chloration directe est : $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow (\text{CH}_2\text{Cl})_2$

La réaction d'oxychloration est : $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + 2\text{HCl} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \xrightarrow{\text{CuCl/CuCl}_2} (\text{CH}_2\text{Cl})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

La seconde étape est la pyrolyse du 1,2-dichloroéthane en phase gazeuse :



La polymérisation du CVM peut ensuite être réalisée selon trois procédés : en suspension dans l'eau, en émulsion dans l'eau ou en masse. Ces procédés représentent respectivement 80, 10 et 10% de la production mondiale (Brignon, Schucht & Sureau, 2006).

1.4 Utilisation et usage

Le CVM est principalement utilisé pour la conception du polychlorure de vinyle (PVC), matériau largement répandu et utilisé dans de nombreux domaines. Il entre dans la conception des fils électriques, des équipements domestiques et industriels, des équipements médicaux, des emballages alimentaires et surtout dans la conception de canalisations de distribution d'eau potable. Il a été utilisé comme agent propulseur d'aérosols pendant plusieurs années et a finalement été interdit pour cet emploi par l'arrêté du 17 février 1976.

Au niveau national, le patrimoine de réseaux d'eau potable serait d'environ 850 000 km et le PVC représenterait 40% des linéaires posés, soient 340 000 km. En 2002, 10% des linéaires étaient âgés de plus de 50 ans et 35% des linéaires avaient entre 30 et 50 ans, avec un taux de renouvellement annuel au niveau national estimé à 0,64% (Brunet *et al*, 2010). Cela signifierait une longueur de canalisation « à risque », au mieux, d'environ 152 000 kilomètres en 2014.

1.5 Phénomène de relargage

Le CVM (cf. figure 2) peut migrer dans l'eau par dissolution du PVC des canalisations d'adduction d'eau. Ce problème est souvent marqué pour les canalisations dont la date de pose est antérieure à 1980. En effet, à partir de cette date, des étapes de traitement par stripping ont été mises en place dans les industries fabriquant ce type de canalisations, en vue de récupérer le CVM résiduel et de purifier le PVC. Cette méthode

permet de réduire efficacement la teneur en chlorure de vinyle car celui-ci possède une tension de vapeur élevée.

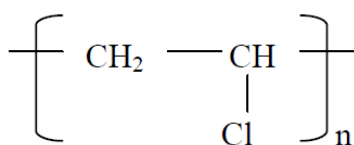


Figure 2 : Motif du polychlorure de vinyle

avec $n = 13000$ à 25000 (Brunet, Favard & Gourmaud, 2010).

La teneur en CVM résiduel est relativement stable tout au long de l'utilisation de la canalisation mais peut être très variable d'un tronçon à l'autre.

Les travaux de la littérature étudiant le phénomène physique de migration dans un matériau par diffusion, impliquant donc dans notre cas le relargage du CVM dans l'eau à partir des canalisations en PVC, montrent que ce phénomène est basé sur la loi de Fick (travaux de A.R. Berens et C.A. Daniels de 1976) et que la concentration du CVM dans l'eau est fonction de :

- ✓ la teneur en CVM résiduel initiale dans la canalisation,
- ✓ la géométrie (diamètre, épaisseur, ...),
- ✓ la température de l'eau,
- ✓ le temps de séjour de l'eau dans la canalisation.

1.6 Réglementation

Le CVM fait l'objet de nombreuses réglementations aussi bien au niveau national qu'international. Les valeurs guides dans l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) ne sont pas les mêmes en fonction des pays et des périodes (cf. tableau 2).

Tableau 2 : Valeurs de référence proposées dans l'EDCH

Valeur de la directive 98/83/CE	Valeur guide OMS* (1994)	Valeur guide OMS (2004)	Health Canada (1997) Révision 2001	US EPA** (révision 2002)
0,5 µg/L	5 µg/L	0,3 µg/L	2 µg/L	2 µg/L (valeur limite) 0 µg/L (objectif)

*Organisation Mondiale de la Santé ; **United States Environmental Protection Agency

Il est classé dans le groupe 1 (cancérogène certain pour l'homme) par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) depuis 1987 (InVS, 2010). Il est également listé dans la directive **76/464/CEE** (transposée en législation française par l'arrêté du 2 février 1998) comme substance toxique ou néfaste à long terme pour l'environnement aquatique (Brignon, Schucht & Sureau, 2006). De plus, selon le

règlement (CE) n° **1272/2008**, il est classé comme gaz extrêmement inflammable (catégorie 1 ; H 220) et comme susceptible de provoquer des cancers (catégorie 1A ; H 350).

Depuis janvier 2004, date d'entrée en application de la nouvelle réglementation (décret 2001-1220 repris par le Code de la Santé Publique), le chlorure de vinyle fait l'objet d'une limite de qualité égale à 0,5 µg/L. L'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine limite la teneur en CVM résiduel au robinet du consommateur à cette même valeur. Celle-ci est issue de la Directive **98/83/CE** du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Cette valeur a été établie par calcul à partir des spécifications de migration maximale du PVC (Guillot *et al*, 2012). C'est d'ailleurs cette méthode de calcul de migration qui est préconisée dans l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, pris en application des articles R. 1321-10, R. 1321-15 et R. 1321-16 du code de la santé publique (CSP).

La directive **78/142/CEE** du 30 janvier 1978, relative au rapprochement des législations des Etats membres en ce qui concerne les matériaux et objets contenant du chlorure de vinyle monomère destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires, fixe la teneur maximale de chlorure de vinyle monomère contenu dans les matériaux et objets destinés à être mis en contact d'aliments ou de denrées alimentaires à 1 mg/kg de produit fini soit 1 partie par million (ppm). Il s'agit de la valeur limite de détection du CVM dégagé par des matériaux et produits pour aliments. La quantité maximale de migration du CVM dans les denrées alimentaires doit, elle, être inférieure à 0,01 mg/kg soit 0,01 ppm.

En complément, la directive n° **80/766/CEE** du 08 juillet 1980² portant fixation de la méthode communautaire d'analyse pour le contrôle officiel de la teneur des matériaux et objets en chlorure de vinyle monomère destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires, ainsi que la directive n° **81/432/CEE** du 29 avril 1981³, portant fixation de la méthode communautaire d'analyses pour le contrôle officiel du chlorure de vinyle monomère cédé par les matériaux et objets aux denrées alimentaires ont été transposées en législation française par l'arrêté du 30 janvier 1984 relatif aux matériaux et objets contenant du chlorure de vinyle monomère et destinés à être mis au contact des denrées, produits et boissons alimentaires. Ce sont ces textes de loi qui ont permis l'émergence de techniques visant à diminuer de manière significative la teneur en CVM telles que le traitement par stripping.

Depuis 1999, les attestations de conformité sanitaire des matériaux au contact de l'eau, délivrées par le ministère en charge de la santé, permettent de s'assurer du respect des

^{2 3} abrogée depuis par le règlement CE n° 10/2011 de la Commission du 14 janvier 2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.

exigences réglementaires. Pour le contrôle de la qualité des matériaux placés au contact de l'EDCH, il est en effet considéré que ceux-ci ne doivent pas apporter dans l'eau plus de 20% de la limite de qualité réglementaire fixée pour chaque substance.

Dans cette approche (ACS et calcul de la migration maximale), la conformité du paramètre CVM est déterminée par analyse du matériau et non par une analyse de l'eau. Cependant, à la suite d'une pollution industrielle ponctuelle au CVM en 2006 et de l'amélioration des techniques d'analyses, de nombreuses ARS ont programmé des campagnes d'analyses plus systématiques du CVM dans le cadre du contrôle sanitaire des EDCH (Guillotin *et al*, 2012). Ainsi, en intégrant ce paramètre à leur grille de contrôle sanitaire, elles se sont affranchies de la méthode calculatoire et se sont recentrées sur la concentration observée dans l'eau directement.

Malheureusement, l'expérience terrain ainsi que la campagne nationale d'analyse du CVM réalisée par le Laboratoire d'Hydrologie de Nancy de l'Anses, à la demande de la DGS en 2011 et 2012 ont montré que le contrôle sanitaire tel qu'il est prévu actuellement par la réglementation, c'est-à-dire non ciblé sur les zones potentiellement à risque de migration du CVM résiduel dans les tronçons de canalisations vers l'EDCH, ne permet pas de détecter les non-conformités, celles-ci étant essentiellement situées au niveau des antennes des réseaux de distribution. Sans compter que les dispositions réglementaires de l'arrêté sont jugées difficiles voire impossibles à mettre en place de par la méconnaissance des paramètres utiles pour réaliser cela. C'est dans ce contexte qu'a été proposé l'instruction du 18 octobre 2012 relative au repérage des canalisations en polychlorure de vinyle susceptibles de contenir du chlorure de vinyle monomère résiduel risquant de migrer vers l'eau destinée à la consommation humaine et à la gestion des risques sanitaires en cas de dépassement de la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine pour le chlorure de vinyle monomère, venant soutenir et réguler les exigences de l'arrêté précité ainsi que les mauvaises pratiques employées par certaines ARS. L'instruction préconise, plutôt que de généraliser le contrôle sanitaire, de cibler les zones potentiellement « à risque » (ex : bout d'antenne), afin de faire des prélèvements là où il peut y avoir danger. L'instruction conseille donc d'identifier, à partir des données patrimoniales des réseaux de distribution de l'eau potable, les UDI où des tronçons de canalisations sont susceptibles de contenir du CVM résiduel risquant de migrer vers l'EDCH (canalisations en PVC antérieures à 1980 et temps de séjour de l'eau supérieur à 2 jours). Ainsi, afin de hiérarchiser les UDI à investiguer, il est demandé de recueillir auprès des personnes responsables de la production et de la distribution de l'eau (PRPDE) les informations suivantes :

- ✓ nom de la (des) commune(s) de l'UDI,
- ✓ nom des bourgs/hameaux desservis,

- ✓ date ou période de pose (ou à défaut avant/après 1980) des tronçons de canalisations en PVC (ou susceptibles d'être en PVC) par bourg/hameau (ou à défaut, date ou période d'arrivée de l'eau potable dans chaque bourg/hameau),
- ✓ le temps de séjour de l'eau dans les canalisations desservant les bourgs/hameaux s'il est connu.

Une fois que ce travail de repérage est achevé, l'ARS définit un plan d'échantillonnage pluriannuel adapté au nombre d'antennes à risque, en prenant soin d'investiguer en priorité les antennes alimentant le plus grand nombre de personnes, et d'effectuer les contrôles lorsque l'eau atteint des températures supérieures à 15°C.

Il est important de noter que certaines modalités énoncées dans l'instruction sont en contradiction avec les dispositions prévues par l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution et l'arrêté du 17 septembre 2003 relatif aux méthodes d'analyse des échantillons d'eau et à leurs caractéristiques de performance. L'instruction précise que ces arrêtés seront modifiés en conséquence ultérieurement.

1.7 Toxicocinétique

Le CVM est un xénobiotique⁴. L'exposition constante à ce type de molécule est inévitable. Leur métabolisation est nécessaire soit pour les rendre plus hydrophiles et donc plus faciles à éliminer, soit pour neutraliser leurs groupements réactifs. Les produits finaux de ce métabolisme sont généralement moins toxiques que le produit père. Ainsi, un xénobiotique peut être transformé en métabolites toxiques ou non : l'équilibre entre ces voies dépend de la nature et de l'expression des enzymes du métabolisme des xénobiotiques, en particulier, des cytochromes P450 (CYP). Cette expression peut varier en fonction de facteurs génétiques, environnementaux ou physiopathologiques.

1.7.1 Absorption

Chez le rat, le chlorure de vinyle est rapidement et complètement absorbé par voie orale (pic sanguin observé 10 à 20 minutes après exposition) ou par inhalation (Bonnard *et al*, 2011).

L'absorption cutanée est faible ; chez le singe, elle est estimée à 0,031% d'une dose de 800 ppm après deux heures d'exposition. Chez l'homme, L'absorption du chlorure de vinyle se fait principalement par voie pulmonaire et par ingestion. La rétention du CVM est de 42% quelle que soit la concentration inhalée (de 2,9 à 23,5 ppm). La biodisponibilité par voie orale est proche de 100% (Bonnard *et al*, 2011).

⁴ Molécule de faible masse moléculaire étrangère à l'organisme

1.7.2 Distribution

Au niveau alvéolo-capillaire, les phénomènes de gradient de pression, le débit sanguin ainsi que la ventilation jouent un rôle important dans la diffusion du composé.

Les études animales indiquent que la distribution est vaste et rapide, cependant le stockage corporel est limité à cause d'une métabolisation et d'une excrétion rapides. Le CVM et/ou ses métabolites sont retrouvés dans le foie, les reins, la rate, la peau et le cerveau, sans que la concentration tissulaire n'augmente après des expositions répétées. Ils peuvent passer la barrière placentaire.

1.7.3 Métabolisme

Les voies impliquées dans le métabolisme du CVM sont les mêmes quelle que soit la voie d'exposition ou l'espèce (cf. figure 3). Le CVM est métabolisé par deux systèmes enzymatiques :

- les alcools déshydrogénases (aux faibles concentrations) qui produisent du 2-chloroacétaldéhyde (CAA) et de l'acide mono chloroacétique,
- l'oxydation (aux fortes concentrations) par une oxydase à CYP, dans notre cas il s'agit d'une mono oxygénase ayant lieu dans le foie, permet d'obtenir un intermédiaire réactif, l'oxyde de 2-chloroéthylène (CEO), qui se réarrange spontanément en CAA.

Le métabolisme est un processus saturable (fonction de la dose). Chez le rat, il suit une cinétique du premier ordre avec saturation enzymatique à environ 100 ppm par inhalation ou entre 1 et 100 mg/kg/j par voie orale.

De plus, en 1976, une expérience de Watanabe *et al* a permis de constater que lors d'administration de doses élevées de CVM, plus de 90% sont éliminés inchangés par voie pulmonaire alors qu'à doses faibles, plus de 75% sont éliminés sous forme de métabolites urinaires.

Cette observation suggère que la voie de bio-transformation du CVM est rapidement saturable.

1.7.4 Élimination

L'élimination s'effectue par réactions de conjugaison au glutathion des métabolites qui seront finalement excrétés essentiellement par voie urinaire sous forme de thioéthers (aux faibles doses).

A des doses plus élevées, le métabolisme se sature et le chlorure de vinyle non métabolisé est excrété dans l'air expiré.

Après exposition cutanée, le singe excrète dans l'air expiré la faible quantité de chlorure de vinyle absorbée.

Trois métabolites sont excrétés dans l'urine (cf. figure 3). Le taux urinaire d'acide thiodiglycolique est corrélé avec la concentration de chlorure de vinyle dans l'air au-delà de 5 ppm. Cet indicateur est fiable seulement pour des valeurs très supérieures à la valeur limite de 1 ppm (valeur limite d'exposition professionnelle 8h) (Bonnard *et al*, 2011). Le chlorure de vinyle et ses métabolites ne s'accumulent pas dans l'organisme (Bisson *et al*, 2010).

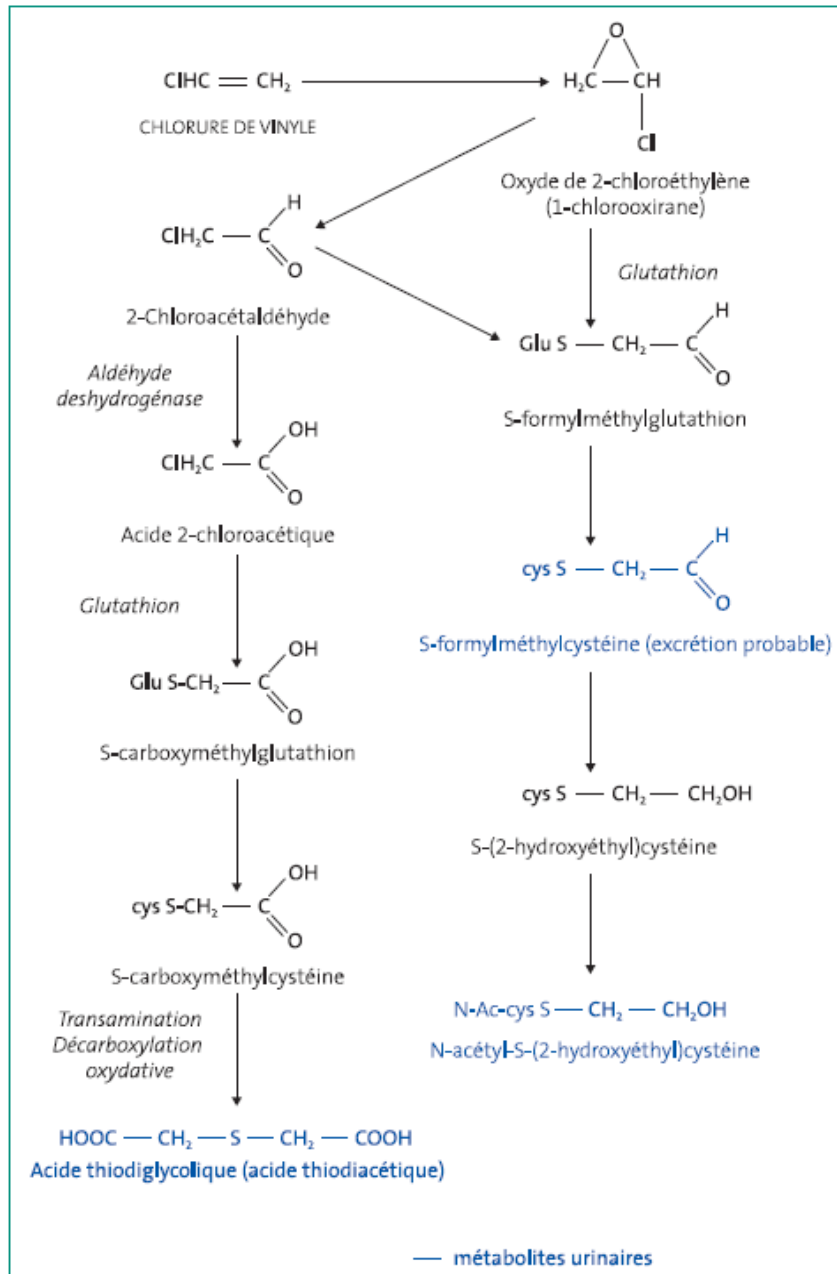


Figure 3 : Métabolisme du chlorure de vinyle (Bonnard *et al*, 2011)

1.8 Toxicodynamie

La caractéristique physico-chimique du CVM le rend liposoluble : Il est donc toxique pour le système nerveux central (toxicité générale des substitués chlorés).

La caractéristique biologique (voie métabolique) est la principale source de toxicité. Le CAA, métabolite cytotoxique est probablement la cause de la toxicité hépatique non cancéreuse. Le CEO, encore plus que le CAA, est un métabolite électrophile très réactif formant des adduits avec l'ADN des cellules endothéliales des sinusoides hépatiques. ADN et ARN se comportent en molécules cibles. Cet aspect rend compte de la mutagenèse et de la cancérogenèse (angiosarcome et hépatocarcinome) du CVM.

La voie immunologique expliquerait la toxicité générale et plus spécifiquement vasculaire du CVM. Deux hypothèses principales sont mises en avant :

- ✓ la formation d'un groupement hapténique par liaison du CAA aux protéines plasmatiques avec une réponse auto immune classique,
- ✓ l'action immunotoxique directe sur les lymphocytes T (observations expérimentales) (Cadiot, 2006).

1.8.1 Toxicité aiguë

Une inhalation d'air contenant une quantité supérieure à 1 000 ppm provoquerait principalement une dépression du système nerveux central, précédée quelques fois d'un état d'euphorie.

La littérature rapporte aussi désorientation, vertiges, somnolence et céphalées comme principaux symptômes. Si l'exposition persiste, une perte de connaissance pouvant entraîner la mort peut être constatée. Une irritation modérée du tractus bronchique peut survenir en cas d'exposition à de très fortes concentrations (Bonnard *et al*, 2011). Une arythmie cardiaque pourrait aussi être observée (Cadiot, 2006).

1.8.2 Toxicité chronique

Les troubles provoqués par le CVM ont été bien décrits chez des ouvriers s'occupant du nettoyage de cuves de polymérisation et soumis à de fortes expositions (généralement supérieures à 100 ppm). Une série de symptômes caractéristiques a été nommée «maladie du chlorure de vinyle» par certains médecins. Cette série associe :

- ✓ Une somnolence et une asthénie ;
- ✓ Des atteintes trophiques cutanée et osseuse, caractérisées par une destruction des os des doigts (pouvant persister encore après l'arrêt de l'exposition), une acro-ostéolyse (avec une atteinte possible d'autres os) ou encore un syndrome de Raynaud, Il s'agit d'une affection dans laquelle les

artères de petit calibre (artérioles) qui irriguent les doigts, les orteils, les oreilles ou le nez sont touchées par des spasmes. Ces lésions régressent après l'arrêt de l'exposition. Une forme de sclérose cutanée (sclérodermie) peut tout de même persister longtemps après la fin de l'exposition ;

- ✓ Des signes digestifs évocateurs d'un ulcère avec des nausées et une anorexie. Il existe fréquemment une hépatite caractérisée par une hépatomégalie puis une cytolyse suivie d'un stade de fibrose hépatique, définie par l'accumulation excessive d'une matrice extracellulaire de composition altérée dans le parenchyme, ou de cirrhose pouvant s'accompagner d'une splénomégalie.

1.8.3 Effets mutagènes

L'impact du CVM sur des gènes en relation avec le développement de cancers chez l'homme a été recherché. De nombreuses études ont révélé une augmentation des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes de travailleurs exposés au CVM. Ces effets peuvent être liés au niveau d'exposition à la substance.

In vitro, le chlorure de vinyle est susceptible d'induire différents types d'atteintes génotoxiques telles que l'échange de chromatides sœurs sur des lymphocytes humains, des mutations sur cellules de hamster chinois, une synthèse non programmée de l'ADN sur des hépatocytes de rats ou encore une transformation cellulaire sur des cellules BALB/c 3t3 de souris. Des mutations chez la drosophile et les levures sont également décrites.

In vivo, ce composé provoque des aberrations chromosomiques, des échanges de chromatides sœurs et la formation de micronoyaux chez le rat. Des mutations géniques sont observées sur les gènes H-ras et P53 dans les tumeurs hépatiques induites par le chlorure de vinyle chez le rat (Afssa, 2005).

1.8.4 Effets cancérigènes

Depuis le milieu des années 1970, le chlorure de vinyle monomère est connu pour provoquer des angiosarcomes hépatiques. Il s'agit d'une tumeur maligne rare (< 200 cas), considérée comme une tumeur sentinelle selon l'Institut de Veille Sanitaire (InVS). Elle présente une caractéristique chronologique à retenir, puisque les durées moyennes d'exposition et les temps de latence sont souvent très longs. Il n'existe aucun marqueur biologique précoce spécifique qui permettrait une surveillance biologique efficace. Les techniques d'imagerie hépatique sont d'intérêt notable car potentiellement anticipatives (Cadiot, 2006).

La cancérigénicité du composé est avérée chez l'animal, prioritairement sur le foie. L'apparition d'angiosarcomes hépatiques et d'hépatocarcinomes est en effet décrite chez plusieurs espèces animales après exposition au chlorure de vinyle. Les études épidémiologiques mettent en évidence une relation causale forte entre l'exposition au

chlorure de vinyle et l'apparition d'angiosarcomes hépatiques et ces observations sont à la base du classement du composé dans le groupe des « cancérigènes certains pour l'homme » à la fois par le CIRC (classe 1) et par l'US EPA (classe A) (Afssa, 2005).

Des études épidémiologiques ont recherché l'existence d'organes cibles autres que le foie. D'autres localisations tumorales peuvent être observées en fonction des espèces : le néphroblastome chez le rat, les tumeurs pulmonaires et mammaires chez la souris, ou encore le papillome du pré estomac chez le hamster.

Chez l'homme des activités mutagènes et clastogènes sont également retrouvées : aberrations chromosomiques, échanges de chromatides sœurs et formation de micronoyaux ont été observés sur des lymphocytes d'ouvriers exposés à de fortes concentrations en chlorure de vinyle. Les cancers du poumon, des organes lymphoïdes et de la peau semblent moins spécifiquement liés à ce composé.

Une méta-analyse des études de mortalité par cancer en relation avec l'exposition au CVM publiée en 2003 a montré une augmentation significative des tumeurs hépatiques (angiosarcomes, mais aussi d'autres types de sarcome). Le CIRC indique une augmentation plus importante du risque de tumeurs hépatiques chez des sujets exposés au chlorure de vinyle et ayant des antécédents d'hépatite virale ou une consommation chronique d'alcool.

Une étude multicentrique américaine a montré une augmentation significative du risque de tumeurs du tissu conjonctif et des tissus mous, mais aucune preuve épidémiologique ne permet de relier l'exposition au CVM et les risques de cancers cérébraux, des tissus lymphatiques, des organes hématopoïétiques ou de mélanomes (Bonnard *et al*, 2011).

Les mutations géniques observées chez l'animal sont généralement retrouvées chez l'homme

1.8.5 Effets sur la reproduction

La littérature ne décrit pas d'effet néfaste sur la reproduction lié à l'exposition au chlorure de vinyle. Des études rétrospectives et prospectives de la fin des années 1980 n'ont pas montré d'incidence de l'exposition de mères au CVM sur leur grossesse (Bonnard *et al*, 2011).

1.9 Valeurs de référence

Les valeurs toxicologiques de référence proposées par les principaux organismes nationaux et internationaux sont récapitulées en tableaux 3 et 4.

1.9.1 Valeurs toxicologiques de référence par voie orale

Tableau 3 : Récapitulatif des VTR proposées pour une exposition chronique par voie orale

Source	VTR	Valeur		Etude	Effet
ATSDR (2004)	MRL (Minimum Risk Level)	3 µg/ kg p.c./j		Til <i>et al.</i> , 1983, 1991	Atteinte hépatique
US EPA (2000)	RfD (reference dose)	3 µg/ kg p.c./j		Til <i>et al.</i> , 1983, 1991	Atteinte hépatique
US EPA (2000)	Oral Slope Factor adulte	$7,2 \cdot 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1*}$	$7,5 \cdot 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1**}$	Feron <i>et al.</i> , 1981	Angiosarcome hépatique
OMS (2011)	Valeur guide	0,3 mg/L pour un excès de risque de 10^{-5}		Feron <i>et al.</i> , 1981	Angiosarcome hépatique
ANSES (2012)	BMD _{10%L95%} **** (Benchmark dose)	$6,25 \cdot 10^{-4} (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$		Feron <i>et al.</i> , 1981	angiosarcomes, carcinomes hépatocellulaires et nodules néoplasiques

*Agency for Toxic Substances and Disease Registry ; **Modèle multi-étapes linéarisé ; ***Modèle alternatif (U.S. EPA, 1996) ; ****estimation de la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95% d'une dose correspondant à une augmentation de 10% de la réponse par rapport au groupe non exposé.

1.9.2 Valeurs toxicologiques de référence par inhalation

Tableau 4 : Récapitulatif des VTR proposées pour une exposition chronique par voie respiratoire

Source	VTR	Valeur		Etude	Effet
US EPA (2000)	RfC (reference concentration)	0,1 mg/m ³ (0,038 ppm)		Til <i>et al.</i> , 1983, 1991	Atteinte hépatique
US EPA (2000)	Inhalation Slope Factor adulte	$4,4 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1*}$	$4,4 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1**}$	Maltoni <i>et al.</i> 1981, 1984	Tumeurs hépatocellulaires
OMS (2000)	Valeur guide pour la qualité de l'air	1 µg/m ³		Epidemiological study of vinyl chloride workers (1976)	Angiosarcomes hépatiques
ANSES (2012)	BMD _{10%L95%} (Benchmark dose)	$3,8 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$		Hong <i>et al.</i> 1981	Angiosarcomes hépatiques et tumeurs hépatocellulaires

*Modèle multi-étapes linéarisé ; **Modèle alternatif (EPA 1996)

1.10 Evaluation du risque associé à un dépassement de la limite de qualité

1.10.1 Estimation du niveau de risque associé à l'ingestion d'eau de boisson

En se basant sur les dernières données disponibles, on considère l'excès de risque unitaire de $6,25 \cdot 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{j})^{-1}$, proposée par l'ANSES en 2012 pour les tumeurs hépatiques (angiosarcomes, carcinomes hépatocellulaires et nodules néoplasiques) et sur

la démarche proposée en 2003 par l'US-EPA pour prendre en compte la susceptibilité des nouveau-nés et des enfants :

- ✓ l'excès de risque individuel (ERI) associé à la consommation d'une eau de boisson dont la concentration en chlorure de vinyle est de 0,5 µg/L, serait de l'ordre de $3,8.10^{-5}$ pour une exposition vie entière. Sachant que les ARS travaillent généralement avec un excès de risque acceptable de 10^{-6} et que l'OMS considère une valeur de 10^{-5} , il est donc aisé de comprendre que cette valeur est inacceptable.
- ✓ le tableau 5 présente l'estimation de l'ERI lié à une exposition pendant une durée de 1 à 9 ans à une concentration supérieure à la limite de qualité puis à une concentration égale à cette limite de qualité pendant le reste de la vie.

Tableau 5 : Estimation de l'excès de risque individuel lié l'ingestion d'eau en fonction du niveau et de la durée du dépassement de la limite de qualité du chlorure de vinyle

Concentration (µg/L)	Temps				
	1 an	2 ans	3 ans	6 ans	9 ans
0,75 µg/L	$4,1.10^{-5}$	$4,4.10^{-5}$	$4,5.10^{-5}$	$4,7.10^{-5}$	$4,9.10^{-5}$
1 µg/L	$4,4.10^{-5}$	$5,1.10^{-5}$	$5,2.10^{-5}$	$5,6.10^{-5}$	$6,1.10^{-5}$
1,5 µg/L	$5,1.10^{-5}$	$6,4.10^{-5}$	$6,7.10^{-5}$	$7,6.10^{-5}$	$8,3.10^{-5}$
2 µg/L	$5,8.10^{-5}$	$7,8.10^{-5}$	$8,2.10^{-5}$	$9,5.10^{-5}$	$1,0.10^{-4}$

1.10.2 Estimation du niveau de risque associé à l'inhalation lors de la douche

Le caractère volatil du CVM fait qu'une part de l'exposition à ce composé pourrait être imputée aux prises de douches. L'ERU par inhalation proposé par l'ANSES est de $3,8.10^{-6}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹ pour une exposition durant la vie entière.

Pour une concentration de 0,5 µg/L de chlorure de vinyle, une durée journalière de douche de 19 minutes (15 minutes pour le temps de douche et de présence dans la salle de bains immédiatement après la douche, 1,27 douche par jour), l'excès de risque de cancer vie entière lié à l'inhalation de cette substance serait inférieur à 10^{-6} ($4,1.10^{-7}$) en estimation haute (détail de la méthode de calcul de l'excès de risque de cancer vie entière lié à l'inhalation disponible en annexe 1).

Ainsi, chez l'adulte et sous des hypothèses conservatrices, l'excès de cancer lié à l'inhalation de chlorure de vinyle au cours de la prise de douche représenterait environ 1% de l'excès de risque de cancer lié à l'ingestion de l'eau selon nos estimations.

Le risque associé à un contact cutané avec le CVM présent dans l'eau est considéré comme secondaire par rapport à celui lié à l'inhalation lors de la prise de douche.

2 Identification des zones à risque d'exposition au chlorure de vinyle

Une zone d'étude a été choisie pour amorcer ce premier travail sur le CVM, car réaliser cela à l'échelle du territoire aurait été ni pertinent ni efficace en premier lieu.

2.1 Méthodes employées

2.1.1 Périmètre d'étude

Il était essentiel de travailler sur des communes pour lesquelles les informations sur le réseau étaient précises voire poussées. La Délégation Territoriale (DT) des Yvelines, a demandé aux PRPDE, conformément aux exigences de l'instruction, de transmettre au service Contrôle et Sécurité Sanitaires des Milieux avant le 31 mars 2014 (courrier envoyé aux PRPDE disponible en annexe 2), pour chaque UDI en gestion, les informations suivantes :

- nom de la (des) commune(s) de l'UDI et le cas échéant, le nom des bourgs/hameaux desservis (rattachés à la commune),
- date ou période de pose (ou à défaut avant/après 1980) des tronçons de canalisations en PVC (ou susceptibles d'être en PVC) par bourg/hameau (ou à défaut, date ou période d'arrivée de l'eau potable dans chaque bourg/hameau),
- le temps de séjour de l'eau dans les canalisations desservant les bourgs/hameaux s'il est connu.

Par ailleurs, ces informations relatives au réseau de distribution sont comprises, à l'exception du temps de séjour, dans le descriptif détaillé des réseaux des services publics de l'eau prévu par le décret n°2012-97 du 27 janvier 2012 relatif à la définition d'un descriptif détaillé des réseaux des services publics de l'eau et de l'assainissement et d'un plan d'actions pour la réduction des pertes d'eau du réseau de distribution d'eau potable, devant être établi par les collectivités organisatrices des services d'eau pour le 31 décembre 2013. Le terme de « descriptif détaillé du réseau » a été soumis à interprétation de la part des différentes PRPDE.

Si la majorité des PRPDE a effectué le recensement précis des canalisations avec les longueurs, les diamètres et les matériaux, certaines ne bénéficient pas du niveau d'information nécessaire pour satisfaire à leurs exigences réglementaires. Il est à noter que le taux de réponse était d'environ 95% à la fin du mois de juin, après de nombreuses relances de la part des services de l'ARS DT 78.

La totalité des communes dont les réseaux d'eaux étaient gérés en Délégation de Service Public (DSP) par les grands traitiers d'eau étaient en règle vis-à-vis de leurs obligations réglementaires régies par le décret susmentionné. C'est donc pour cela que le principal

critère de sélection a été le type de gestion du réseau d'eau potable (directe ou délégation) et qu'il a été décidé de travailler exclusivement sur des communes en DSP. Dans le même temps, Veolia a communiqué ses résultats d'auto-surveillance du paramètre CVM des mois précédents, relevés au terme d'une campagne de prélèvements, au titre de l'article R1321 – 23 du CSP. Après surveillance et recontrôle, deux résultats non-conformes ont été signalés au service CSSM, au titre de l'article R1321-25 du CSP. Profitant de cette situation, l'ARS DT 78 a demandé s'il était possible d'aller plus loin dans l'exploitation de ces résultats. Une réunion de travail avec la Direction Technique de Veolia Eau Ile de France a eu lieu dans ce sens afin de savoir ce qu'il était possible de faire. Ces derniers ont confirmé leur volonté de travailler en collaboration avec les services de l'ARS DT 78 afin de solutionner durablement et efficacement ce problème.

Après discussion, il est ressorti que quelques communes de leur parc de gestion disposaient d'une modélisation hydraulique pouvant nous faire bénéficier d'informations supplémentaires. Il a donc été décidé d'étudier l'ensemble des communes du parc de gestion (cf. figure 4). Et, dans cet ensemble, de choisir un sous-ensemble, composé des communes bénéficiant de cette modélisation hydraulique. Ces communes sont au nombre de quatre :

- Brueil en Vexin
- Lainville en Vexin
- Issou
- Une grande partie de la commune de Jouars Pontchartrain

Tout cela a été fait dans le but de développer deux méthodes : une méthode de hiérarchisation des communes vis-à-vis du risque d'exposition au CVM et une modélisation mathématique, sur le sous-ensemble, permettant de quantifier les concentrations en CVM ayant migré depuis les canalisations à risque. Le travail aura vocation ensuite à être extrapolé à l'ensemble du département des Yvelines.

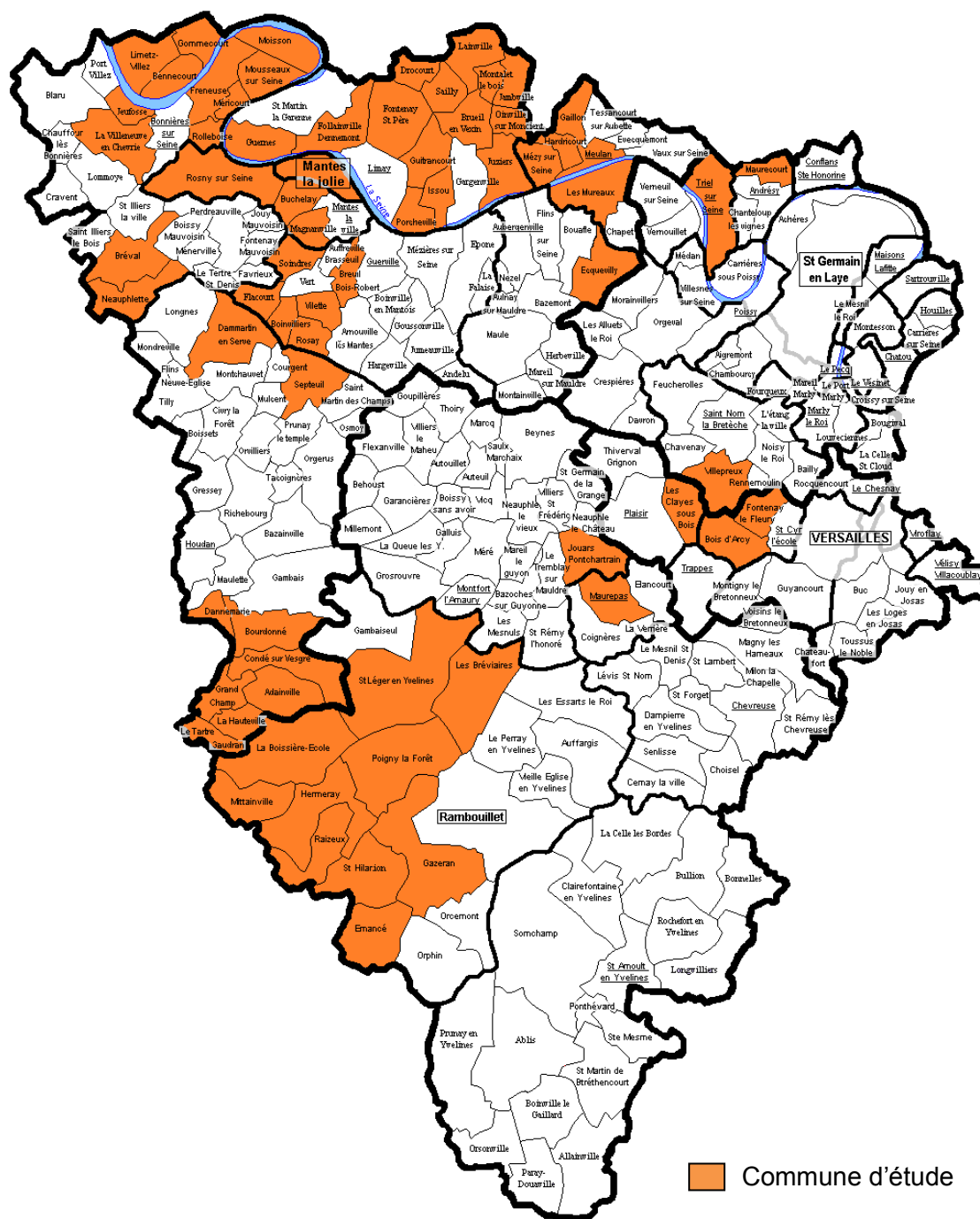


Figure 4 : Communes d'étude

2.1.2 Méthode 1 : Modélisation mathématique

Le tableau 1 des analyses types de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, pris en application des articles R. 1321-10, R. 1321-15 et R. 1321-16 du CSP, indique que la limite de qualité se réfère à la concentration résiduelle en monomères dans l'eau et que la concentration du paramètre chlorure de vinyle en D2 doit être calculée conformément aux spécifications de la migration maximale du polymère en contact avec l'eau. De ces mots, il faut donc comprendre que le CVM n'est pas obligatoirement

recherché lors des analyses effectuées sur les eaux prélevées au robinet mais que sa concentration est estimée par une modélisation mathématique.

De plus, la campagne nationale d'analyse du CVM réalisée par le Laboratoire d'Hydrologie de Nancy de l'ANSES, à la demande de la DGS en 2011 et 2012 a montré que le contrôle sanitaire tel qu'il est prévu actuellement par la réglementation, c'est-à-dire non ciblé sur les zones potentiellement à risque de migration du CVM résiduel dans les tronçons de canalisations vers l'EDCH, ne permet pas de détecter les non-conformités, celles-ci étant essentiellement situées au niveau des antennes des réseaux de distribution. Ainsi, même quand le paramètre CVM est recherché par analyse, rien n'assure que le prélèvement a été réalisé correctement, là où il faut.

Il est intéressant de noter qu'aucun modèle ou méthode de calcul n'est proposé par l'arrêté pour réaliser cela.

Bien plus que l'application de l'arrêté précité, la modélisation a pour objectif de devenir un d'outil d'aide à la décision en ce qui concerne la hiérarchisation des zones à risques. Celle-ci permet d'avoir une idée des zones représentant théoriquement un plus grand danger. On peut conjecturer sur le fait que les zones pourvues du plus grand linéaire en PVC posé avant 1980 sont les plus dangereuses, mais cette implication n'est vraie que si un temps de séjour conséquent le confirme. De ce fait, comment prioriser entre une zone avec un fort linéaire et un temps de séjour court et une zone de faible linéaire mais de temps de séjour très long ? La réponse n'est pas aisée et doit pouvoir clairement se justifier avant toute prise de décision.

A) Paramètres

La relation permettant d'obtenir la concentration en CVM relargué dans l'eau par les canalisations en PVC est tirée de la publication *Modeling and Control of Vinyl Chloride in Drinking Water Distribution Systems* de Michael Beardsley et Craig D. Adams. Le soin a été pris de faire valider son utilisation par le service de l'ANSES concerné. Cette formule est applicable non seulement pour le chlorure de vinyle mais aussi pour l'ensemble des polymères soumis au phénomène de migration. La concentration imputable au relargage est notée ΔC et exprimée en mg/L.

$$\Delta C = 2,8 C_0 \left(\frac{(d + 2 \left(\frac{e}{2}\right))^2 - d^2}{d^2} \right) \left(\frac{D}{\pi e^2 a} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi d^2 L}{Q} \right)$$

(Beardsley & Adams, 2003)

a) *Paramètres spécifiques à l'eau*

La température (à indiquer en Kelvin) (**T**) : comprise généralement entre 13 et 25°C, une étude de la répartition des températures a été effectuée en prenant en compte les températures des prélèvements réalisés entre le 1^{er} avril et le 30 septembre au cours des cinq dernières années (2008 à 2013), recensées sur le Système d'Information des services de Santé-Environnement – Eaux (SISE EAUX) à l'échelle des communes concernées. Pour les températures utilisées dans le modèle on prendra en considération le 1^{er} quartile, la médiane, le 3^{ème} quartile de la série des températures retenues, et 25°C (valeur arbitraire correspondant à la valeur maximale réglementaire). La température n'intervient pas directement dans la formule. Elle influence la constante de diffusion D.

Le débit (**Q**) : ce paramètre à la possibilité d'être suivi en continu sur le réseau. Lorsqu'il ne l'est pas, il peut être déterminé ou en tout cas approximé par le calcul si le temps de séjour ou la vitesse d'écoulement ainsi que la géométrie de la canalisation sont connus. En absence totale de données il est possible d'émettre des hypothèses en se basant sur les valeurs guides d'écoulement. Celles-ci se situent entre 0,5 et 1,5 m/s selon le Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau potable (FNDAE) (Celier & Faby). Ces valeurs émises par la FNDAE reflètent la théorie. En pratique, il semblerait que les vitesses d'écoulement seraient aux alentours de 0,1 m/s (0,05 m/s en valeur basse, des valeurs inférieures aux valeurs guides recommandées par la FNDAE donc). Ainsi, en connaissant les caractéristiques géométriques de la canalisation, on peut conjecturer un débit en considérant une vitesse de l'ordre de 0,1 m/s en absence de données hydrauliques. Dans le cas où cette valeur serait inférieure à la réalité cela minimiserait le débit, et aurait un effet protecteur sans conséquence négative.

La concentration initiale en CVM (**C_{EP0}**) : elle correspond à la concentration en sortie de production. L'analyse de la concentration en sortie d'usine pour le paramètre CVM est inscrite au programme P2 du contrôle sanitaire. Elle est généralement inférieure au seuil de détection. Dans ce cas, il est possible d'émettre une hypothèse en valeur basse avec une concentration égale à la limite de détection si elle est connue ou à 0 µg/L si elle ne l'est pas. En hypothèse haute, on peut considérer une concentration égale à la limite de quantification. Il s'agit d'une hypothèse simplificatrice.

b) *Paramètres spécifiques à la canalisation*

On considère une canalisation de forme cylindrique (forme classique). Le diamètre intérieur (**d**) est spécifique à la canalisation, il est connu car celui-ci est relevé dans les listes exhaustives de paramètres des traiters d'eau. Il en est de même pour la longueur (**L**) de la canalisation. L'épaisseur (**e**) est retrouvée à l'aide de la littérature spécialisée, selon la norme européenne NF EN ISO 1452-2 : 2010 en vigueur. Cette norme européenne a le statut de norme française. Elle s'applique aux systèmes de canalisations

pour l'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, jusqu'à une température de 45°C inclus.

L'âge de la canalisation en années (**a**), assimilé à une date de pose, est un paramètre qui n'est pas nécessairement renseigné. De plus, il est basé sur le principe déclaratif, aucune vérification ne peut donc être faite. Ainsi, lorsque cette année de pose n'est pas connue, il est considéré un âge égal à 40 ans. Cela équivaudrait à une pose vers les années 1974/75, correspondant bien à une période avant la mise en place du stripping permettant d'atteindre 1 ppm de CVM dans le produit fini. Sinon, la différence entre l'année 2014 et l'année de pose indiquée par le délégataire est faite.

L'un des paramètres les plus difficile à estimer, car il est généralement impossible de le connaître, est la teneur initiale en CVM de la canalisation (**Co**). La littérature rapporte des valeurs oscillant entre 1 et 1000 ppm en général, mais pouvant atteindre 11 000 ppm pour certaines canalisations. Une teneur en CVM de 200 ppm est considérée comme « typique » pour les canalisations des années 1970 à 1975. Des analyses sur 42 canalisations réalisées par les distributeurs d'eau et le LHN ont montré une teneur moyenne de 394 ppm avec un écart-type de 1700 ppm (Guillot *et al*, 2012). Le modèle sera appliqué pour les concentrations suivantes :

- ✓ **1 ppm**, correspondant à la teneur réglementaire actuelle dans le produit fini, fixée par la directive **78/142/CEE** du 30 janvier 1978 (valeur limite de détection du CVM dégagé par des matériaux et produits pour aliments) ;
- ✓ **394 ppm**, teneur moyenne obtenue par les distributeurs d'eau et le LHN ;
- ✓ **500 ppm**, valeur arbitraire ;
- ✓ **1000 ppm**, valeur maximale généralement constatée dans la littérature.

c) Paramètres spécifiques à la diffusion

La constante de diffusivité du CVM (**D**) est le paramètre rendant compte de la diffusion de la molécule dans le fluide en contact avec la canalisation, mettant en avant la tendance naturelle d'un système à rendre homogènes les concentrations des espèces chimiques en son sein. Il s'agit donc d'un phénomène de transport de matière, irréversible, qui se traduit par la migration d'espèces chimiques dans un milieu, sous l'effet de l'agitation thermique, de telle sorte qu'on observe un déplacement des constituants des zones de forte concentration vers celles de faible concentration. Dans la publication Beardsley & Adams de 2003, l'expression de D est : $D = 3,7 \cdot \exp(-17000 / (1,987 \cdot T))$, avec T la température de l'eau en Kelvin.

B) Hypothèses de calcul

Afin de simplifier la réalité, des hypothèses ont été formulées concernant le comportement de l'eau lors de son passage dans les canalisations en PVC. Deux types de réseaux peuvent généralement être rencontrés : les réseaux ramifiés et les réseaux maillés. Ces

deux types n'ont pas le même comportement hydraulique, mais dans chacun des cas il faut pouvoir tenir compte du passage successif de l'eau dans des canalisations en PVC.

a) Réseau ramifié

Les canalisations successives sont repérées par un index permettant d'identifier leur ordre (cf. figure 5).

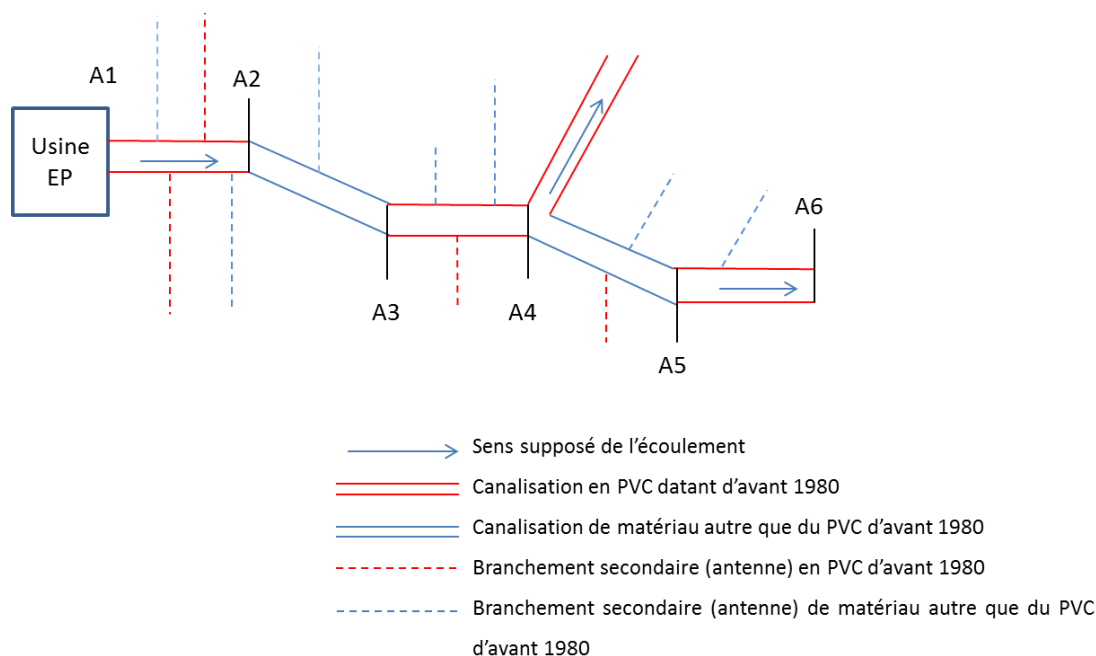


Figure 5 : Schéma de réseau ramifié comportant des tronçons en PVC à risque

On considère la concentration $C(x, t)$ comme étant la concentration en CVM dans un volume d'eau au point x à l'instant t . $C(A1, t)$ représente la concentration en CVM dans l'eau traitée en sortie d'usine. Cette concentration sera notée C_{EP0} dans la suite de ce document. Dans un premier temps, il faut vérifier la valeur de C_{EP0} . En sortie d'usine, le paramètre CVM est intégré au contrôle sanitaire selon l'analyse de type P2. Si sur le bulletin d'analyses $C_{EP0} = 0 \mu\text{g/L}$, cela signifie que l'eau en sortie d'usine ne contient pas de CVM détectable, on peut donc ne pas tenir compte de cette valeur en hypothèse basse (limite de détection et de quantification non précisées).

Sur la représentation schématique du réseau, seules les canalisations rouges sont en PVC datant d'avant 1980 ou de date inconnue, les canalisations bleues sont en un matériau autre que du PVC d'avant 1980 ou de date inconnue. L'eau suit le trajet $A1, \dots, A6$. On note $V_{i,i+1}$ le volume de la canalisation comprise entre les points A_i et A_{i+1} et $C(A_i, t)$ la concentration en CVM dans l'eau au point A_i à l'instant t . En considérant que le réseau d'adduction d'eau potable est en charge, le volume intérieur de la canalisation est égal au volume d'eau qu'elle contient.

On peut écrire que $\Delta C_{\text{réseau}} = C(A6, t) - C_{EP0}$, en considérant la même unité d'eau.

On obtient :

$$C(A6, t) = C_{EP0} + \frac{C(A2,t)*V_{1,2} + C(A3,t)*V_{2,3} + C(A4,t)*V_{3,4} + C(A5,t)*V_{4,5} + C(A6,t)*V_{5,6}}{V_{1,2} + V_{2,3} + V_{3,4} + V_{4,5} + V_{5,6}}$$

$$\text{Soit } \Delta C_{\text{réseau}} = \frac{C(A2,t)*V_{1,2} + C(A3,t)*V_{2,3} + C(A4,t)*V_{3,4} + C(A5,t)*V_{4,5} + C(A6,t)*V_{5,6}}{V_{1,2} + V_{2,3} + V_{3,4} + V_{4,5} + V_{5,6}}$$

De manière générale on peut écrire que :

$$\Delta C_{\text{réseau}} = \frac{\sum_{i=1}^n C(A_{i+1},t)*V_{i,i+1}}{\sum_{i=1}^n V_{i,i+1}}$$

b) Réseau maillé

Pour les réseaux maillés (cf. figure 6), en l'absence d'information sur la circulation de l'eau dans le réseau, on fait l'hypothèse (forte) que l'eau circule dans l'ensemble du réseau. Cette hypothèse pourra être affinée par la suite avec des informations complémentaires sur le trajet de l'eau éventuellement. En effectuant avec un maillage du réseau comme suit,

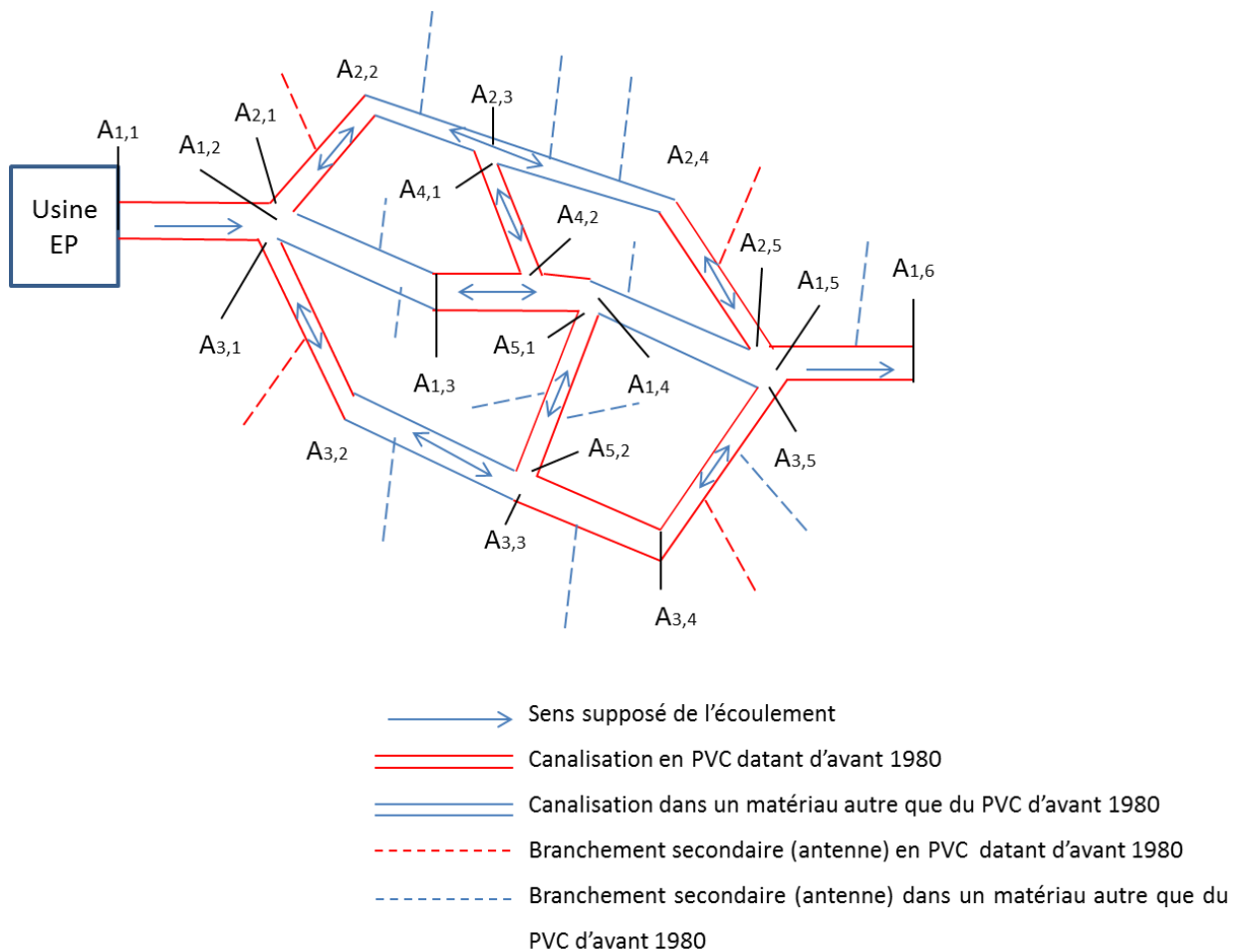


Figure 6 : Schéma de réseau maillé comportant des tronçons en PVC à risque

On peut traduire cette hypothèse par la formule suivante :

$$\Delta C_{\text{réseau}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C(A_{i,j+1}, t) * V_{ij,ij+1}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n V_{ij,ij+1}}$$

où $C(A_{i,j+1}, t)$ représente la concentration en CVM dans l'eau au point $A_{i,j+1}$ et $V_{ij,ij+1}$ le volume de la canalisation comprise entre les points $A_{i,j}$ et $A_{i,j+1}$.

Pour appliquer le modèle dans son ensemble il faut un niveau de connaissance du réseau assez élevé. Cela suppose que la modélisation hydraulique de celui-ci puisse fournir le trajet de l'eau et son débit en un certain nombre de points caractéristiques du réseau. La méthode et les hypothèses ont été travaillées avant l'obtention de l'ensemble des informations de la part de Véolia. En l'absence du trajet de l'eau la formule ne peut s'appliquer que localement, pour connaître l'influence d'un tronçon désigné. De ce fait, dans la suite de la démarche, la formule sera utilisée de manière locale, donc sans faire appel aux hypothèses formulées en a) et b) de la partie B) Hypothèses de calcul.

C) Limites et incertitudes

a) *Limites*

La formule mathématique utilisée pour réaliser le calcul de la concentration est une formule empirique, basée sur la première loi de la diffusion de Fick. De ce fait, le modèle mathématique est aussi soumis aux hypothèses et limites de la loi de Fick elle-même. De plus, pour calculer un débit à partir du temps de séjour, on détermine par le calcul le volume de la canalisation selon ses paramètres géométriques. Si une formation de dépôts préjudiciables est présente dans la canalisation, cela peut entraîner une différence significative entre le volume théorique et le volume réel d'eau dans la canalisation, et donc entraîner par la même une différence entre débit théorique et débit réel.

Le fait de considérer la concentration totale en CVM relargué sur l'ensemble du parcours de l'eau ou du réseau maximise la valeur de la concentration finale. Les caractéristiques physico-chimiques du composé font que sur de longues distances, de longs temps de trajet, à la rencontre de nombreuses perturbations et éléments hydrauliques, le CVM, passé en solution, aura de grande chance de dégazer de l'eau et donc de se volatiliser en partie et d'être éliminé par le réseau (présence éventuelle de ventouses). Des études ont été menées sur la cinétique de dégazage du CVM dans des eaux en bouteille, mais aucune comparaison ne peut être faite avec la situation rencontrée dans les canalisations. Il n'y a donc pas de règle pouvant préciser, à quelle distance, quelle vitesse ou encore quelle température le CVM passé en solution en amont sera finalement dégazé en totalité ou partie.

b) Incertitudes

La concentration initiale en CVM de la canalisation est une donnée impossible à connaître. La formule est utilisée pour une gamme de concentrations, en considérant que la véritable valeur se situe dans cette gamme, mais sans aucune certitude. Et puis, dans le cas où un facteur de différence est appliqué à la teneur initiale en CVM, ce même facteur se retrouve appliqué à la valeur de la concentration en CVM relargué calculée.

La concentration en chlore libre est un paramètre qui n'est pas pris en compte dans la formule de la publication de Beardsley & Adams. Celui-ci est assez controversé, car si certaines publications n'en font pas état, d'autres, comme l'étude *Investigation of factors affecting the accumulation of vinyl chloride in polyvinyl chloride piping used in drinking water distribution systems* de Walter et al de 2011, considère que celui-ci pourrait jouer un rôle dans la migration. Sans compter que les effets de la dureté, de l'agressivité ou du pH n'ont pas été étudiés ici, ni le rôle que peut jouer la présence de biofilm dans le réseau d'adduction d'eau potable.

Malgré l'importance des paramètres hydrauliques dans la bonne gestion du réseau d'adduction d'eau potable, ceux-ci ne sont suivis que globalement par la plupart des traitiers et ne permettent pas d'accéder à un niveau d'information suffisant sur l'ensemble des communes. L'absence de données est donc un frein à la modélisation mathématique : le débit en est le meilleur exemple. Dépendant de facteurs extérieurs, il est très difficile voire impossible de quantifier un débit d'eau avec un niveau de précision de l'ordre du mètre cube / heure. L'état structurel intrinsèque du réseau (présence de fissures ou de casse) ou l'effectif de la population et la demande en eau, font que celui-ci est très variable. Ainsi, si aucune donnée hydraulique n'est disponible, il faudra se baser sur les consommations moyennes journalières. La présence d'éléments hydrauliques (réservoirs, châteaux d'eau, vannes d'arrêt, interconnexion ...) peut aussi sensiblement influencer sur le débit réel, il est donc important de garder à l'esprit que la valeur obtenue n'est qu'une approximation de la réalité.

2.1.3 Méthode 2 : Hiérarchisation

Il a été décidé de favoriser une méthode inspirée de la méthode de sélection/hiérarchisation employée dans le cadre du groupe de travail de l'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE) lors de la campagne nationale sur le CVM de 2011.

A) Critères de sélection

Pour se faire il faut, dans un premier temps, calculer ou disposer des éléments suivants :

- ✓ Le linéaire total en PVC posé avant 1980 ou de date inconnue,
- ✓ La densité d'habitants / kilomètre de réseau,

- ✓ Le rapport linéaire PVC / linéaire total,
- ✓ Le rapport linéaire PVC posé avant 1980 (ou date de pose inconnue) (PVC à risque de migration de CVM) / linéaire total de PVC.

B) Référence d'évaluation

A partir de là, l'ASTEE a déterminé des critères de sélection. Ceux-ci sont cités à ce stade en termes d'exemples. Ils seront adaptés par la suite à la réalité yvelinoise. Les critères retenus sont :

- ✓ Une faible densité d'habitants (inférieure à 90 habitants/ kilomètre de réseau), laissant présager un faible puisage,
- ✓ Une proportion de PVC dans le linéaire de canalisations supérieure à 60 %,
- ✓ Une proportion de PVC à risque de migration de CVM par rapport au linéaire de PVC total supérieur à 85 %.

Enfin, il a été réalisé trois à quatre prélèvements sur les communes sélectionnées :

- ✓ Un prélèvement en sortie de station de traitement,
- ✓ Un prélèvement en centre bourg,
- ✓ Un ou deux prélèvements en antenne de réseau.

Le linéaire total en PVC posé avant 1980 ou de date inconnue n'est pas un critère de sélection pour l'ASTEE, c'est pourquoi ils n'ont pas fixé de limite sur ce paramètre.

Ces critères de sélection ne reflètent pas la réalité de la situation des Yvelines, c'est pourquoi ils ont été modifiés afin de les adapter.

a) *Densité d'habitants*

Les informations concernant l'ensemble des communes « Véolia » représentent la base de données initiale. La densité d'habitants par kilomètre de réseau est le paramètre traduisant une faible demande en eau pouvant entraîner une plus longue stagnation de l'eau dans le réseau. Ainsi, faible densité de population peut s'associer à long temps de séjour. Sur l'ensemble des communes la densité d'habitants s'étend de 11,22 (commune de Tartre Gaudran) à 455,49 habitants/ km de réseau (ville de Mantes-la-Jolie). De manière arbitraire il a été considéré de séparer cette ensemble de données en quartile :

Le premier quartile est 55,28 habitants/km ; la médiane est 70,19 habitants/km ; le troisième quartile est 138,06 habitants/km et le maximum est 455,49 habitants/km.

Afin d'avoir un visuel traduisant la situation, les communes sont associées à une couleur selon leur positionnement vis-à-vis des quartiles : rouge pour le premier interquartile, orange pour le second, jaune pour le troisième et vert pour le dernier.

A ce code couleur, permettant de repérer rapidement les zones mises en avant, on associe un code chiffré : 1 pour rouge, 2 pour orange, 3 pour jaune et 4 pour vert.

Ce codage chiffré servira par la suite pour hiérarchiser l'ensemble des communes en donnant priorité aux plus petites valeurs. Il sera le même pour l'ensemble des critères.

b) *Proportion de PVC dans le linéaire de canalisations*

Le rapport linéaire de PVC / linéaire total est le critère rendant compte des proportions de canalisations pouvant être considérées à risque constatées sur une commune.

Seule la commune de Neauphlette possède un rapport dépassant la valeur de 50% (55,2%). Sachant que l'ASTEE considérait une valeur de 60% dans sa démarche, la pertinence de l'application de ce critère s'est posée. De plus, un faible pourcentage de PVC ne signifie pas obligatoirement un faible linéaire de PVC. Tout dépend de la longueur totale du réseau de la commune. Ainsi, afin de ne négliger aucun de ces deux paramètres il a été décidé d'appliquer d'une part des quartiles sur les rapports linéaire PVC / linéaire total, comme précédemment et d'autre part de déterminer une longueur caractéristique de canalisation PVC à risque sur une commune.

La valeur minimale est 0,0%, le premier quartile est 3,2%, la médiane est 11,9%, le troisième quartile est 20,6% et le maximum est 55,2%. Cette fois, pour le code couleur : vert pour le premier interquartile, jaune pour le second, orange pour le troisième et rouge pour le quatrième.

c) *Le linéaire total en PVC posé avant 1980 ou de date inconnue*

Concernant la longueur caractéristique, on considère trois longueurs obtenues à partir de trois concentrations en CVM dans l'EDCH : 0,1 µg/L (limite de détection généralement constatée), 0,3 µg/L (Recommandation OMS) et 0,5 µg/L (valeur réglementaire, et limite de quantification généralement constatée pour la technique analytique *Headspace*⁵).

On suppose que ces concentrations ne sont dues qu'aux phénomènes de relargage de CVM des canalisations en PVC datant d'avant 1980.

On rappelle que la relation permettant d'obtenir la concentration dans l'eau est la suivante :

$$\Delta C = 2,8 C_0 \left(\frac{(d + 2 \left(\frac{e}{2}\right))^2 - d^2}{d^2} \right) \left(\frac{D}{\pi e^2 a} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi d^2 L}{4 Q} \right)$$

Cette longueur caractéristique de canalisations en PVC d'avant 1980 « à risque » notée L_c permet d'illustrer l'expression « présence importante » employée en page 6 au IV-1 de l'instruction N°DGS/EA4/2012/366 susmentionnée.

⁵ La technique *headspace* ou espace de tête est basée sur la volatilité de l'analyte recherché dans une matrice complexe non chromatographiable. Elle peut prendre deux aspects, soit statique, où le prélèvement se fait dans l'espace de tête directement avec un volume constant, soit dynamique après piégeage de l'analyte sur un support que l'on désorbe par un choc thermique.

Le recensement des informations sur l'ensemble des canalisations du réseau d'eau potable fait ressortir un diamètre intérieur médian de canalisation de 0,063 m (**d**) et donc une épaisseur de 0,003 m (**e**).

En supposant une vitesse d'écoulement de l'eau de 0,1 m/s (**v**), à partir des caractéristiques de canalisation médians considérés on peut dire que le débit associé à cette vitesse est $Q = v * \pi * (d/2)^2$, soit $Q = 3,12 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, soit **1,12 m³/h**.

L'instruction précise qu'il convient d'effectuer des prélèvements pour une température supérieure à 15°C. Sur la période d'avril à septembre de 2008 à 2013 il a été constaté une température médiane d'environ 17,5°C, cette valeur sera donc retenue pour le calcul. De ce fait, on obtient $D = 6,0 * 10^{-17}$ (dimension de D : [longueur]²/[temps]).

On considère une date de pose vers la fin des années soixante-dix, donc **a** égal à 40 ans. Le facteur **Co**, représentant la teneur initiale en CVM de la canalisation, sera pris égal à 394 mg/kg (valeur issue des travaux menés par le LHN de l'ANSES).

En appliquant l'ensemble des valeurs choisies, on déplace les différents membres de l'équation afin d'obtenir une expression pour la longueur L telle que :

$$L = \frac{\Delta C * Q * (\pi e^2 a)^{1/2} * d^2 * 2,8 * 4 * Co}{\left((d + 2 \left(\frac{e}{2} \right))^2 - d^2 \right) * D^{1/2} * \pi * d^2}$$

On obtient ainsi :

L_{c1} = 1840 m pour une concentration de 0.1 µg/L ;

L_{c2} = 5510 m pour une concentration de 0,3 µg/L ;

L_{c3} = 9200 m pour une concentration de 0,5 µg/L.

Ces valeurs sont des points de référence permettant de classer les informations sur les longueurs de canalisations. Il faut évidemment considérer que la base de calcul est établie à partir de nombreuses hypothèses que l'expérience terrain et l'avancée des méthodes de calcul permettront d'améliorer.

Les communes ont été classées à partir de ces valeurs en considérant le code couleur suivant : vert pour les communes ayant un linéaire de PVC à risque inférieur ou égal à 1840 m, jaune pour les communes entre 1840 et 5510 m, orange pour les communes entre 5510 et 9200 m et rouge pour les communes ayant un linéaire en PVC à risque supérieur à 9200 m.

d) Rapport entre le linéaire de PVC à risque et le linéaire de PVC total

Pour ce dernier critère, L'ASTEE a travaillé arbitrairement avec un ratio supérieur à 85%. Celui-ci semblant convenir à la configuration yvelinoise, il a donc été décidé de considérer cette valeur comme référence. Ainsi, toutes les communes dont le ratio est supérieur à

85% sont affectées d'un code couleur rouge. Pour conserver le principe des quatre classes de valeurs, des fractions de cette valeur ont été considérées pour obtenir les bornes des intervalles. Ainsi, le premier intervalle est $[0 ; 0,29[$, le second $[0,29 ; 0,57[$, le troisième $[0,57 ; 0,85[$ et le dernier $[0,85 ; 1]$. Ces intervalles sont de nouveau reliés au code couleur fixé de telle sorte que les communes du premier intervalle sont en vert, celles du second en jaune, celles du troisième en orange et celles du quatrième en rouge.

e) *Synthèse de la méthode de hiérarchisation des communes*

L'ensemble des critères définis permet d'obtenir une classification générale des communes à prioriser. Les quatre critères précédemment explicités sont pris en compte, chacun affecté d'un indice (de 1 à 4, 0 en cas d'absence de données). Ils ont tous un coefficient 1. Tout Cela permet de déterminer une note globale pour chaque commune et de les hiérarchiser de la plus petite note à la plus grande. Cette notation globale permet donc de classer les communes entre elles. Pour aller plus loin, il a été décidé de regrouper ces communes, là encore en classes, mais cette fois en trois classes différentes plutôt que quatre. Au vu des notes globales, il ne paraissait pas pertinent d'en faire quatre. Ainsi les communes ayant une note globale entre 4 et 8 sont de priorité 1 (rouge), celles entre 9 et 11 de priorité 2 (orange) et celles entre 12 et 16 de priorité 3 (vert). Le cas ne s'est pas présenté ici, mais les communes qui présenteront une note globale inférieure à 4 devront faire l'objet d'une étude au cas par cas afin de définir à quel niveau de priorité elles seront placées, car une note inférieure à 4 signifierait un manque évocateur d'information sur la commune.

C) Limites

Cette méthode de hiérarchisation semble plus simple d'un point de vue mathématique. Elle ne permet pas d'avoir de précision sur les zones à risque d'une commune. Elle permet d'orienter des soupçons sur les communes pouvant présenter un plus grand danger mais n'a pas de vocation à fournir de détail à l'échelle du tronçon. Travaillant directement avec les données issues des traitants d'eau, aucune hypothèse due à la méconnaissance du réseau n'est générée.

Cette première étape a été réalisée sur l'ensemble des communes du parc de gestion de Véolia. Cela sera fait à terme sur toutes les communes des Yvelines afin de couvrir l'ensemble du territoire.

2.2 Résultats

2.2.1 Modélisation mathématique

Les résultats communiqués par Véolia concernant les temps de séjour dans les canalisations repérées sont recensés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Temps de séjour dans le tronçon identifié comme étant "à risque"

Commune	Adresse	Temps de séjour pour une journée moyenne de consommation	commentaires
ISSOU*	Rue de la Cote	15 heures	
	Rue des Guyonnes	26 heures	
	Chemin d'exploitation	200 heures	PVC de date non renseigné
	Rue de Caucriaumont	18 heures	
JOUARS PONTCHARTRAIN*	Route de Paris	de 9 à 24 heures	
	Rue de la Grande Borne	> 9heures	
	Rue de l'Ecorcherie	6 heures	
	Impasse André Gide	5 heures	
	Sente de la Cimballe	9 heures	
	Rue des Graviers	9 heures	
BRUEIL EN VEXIN*	Ferme de la Malmaison	30 heures	
	Rue Saint Laurent	87 heures	en milieu d'antenne
		179 heures	en extrémité d'antenne
	Chemin des Joncs	33 heures	
	Impasse du Moulin	ND	
	Rue de la Mare aux Chevaux	30 heures	
LAINVILLE EN VEXIN*	Sente du Quernouillet	120 heures	
	Chemin des Châtaigniers		

*Le code couleur associé aux communes permet de les situer géographiquement sur la carte des Yvelines (cf. figure 7).

Ces valeurs de temps de séjour représentent le temps passé par l'eau dans le tronçon de date de pose antérieure à 1980. Ces tronçons ont été repérés au cours d'inspection terrain, établies par les traitiers d'eau. Ces temps de séjour ont été utilisés pour obtenir des valeurs de concentrations à l'aide de la modélisation mathématique. Ces durées peuvent paraître très longues dans certains tronçons. Cela pourrait se justifier dans le cas de canalisation de grand diamètre et alimentant peu voire un seul branchement. Les réseaux d'eau potable sont généralement surdimensionnés afin d'assurer un débit suffisant pour la sécurité incendie.

Le temps n'intervenant pas dans la formule de manière proprement dite, il a été retravaillé afin de l'associer à un débit, par la relation simple : débit = volume/ temps de séjour. La modélisation a été appliquée pour différentes valeurs de concentration initiale en CVM. Les températures de modélisation choisies correspondent pour une part aux températures extrêmes favorables aux prélèvements, soient : 15°C, qui est la température minimale conseillée pour réaliser les prélèvements et 25°C, température réglementaire maximale pour une EDCH. Ainsi, les autres températures considérées, sont soit les quartiles des températures observées entre le 1er avril et le 30 septembre au cours des cinq dernières années (2008 à 2013), recensées sur SISE EAUX à l'échelle des communes concernées

ou celles des prélèvements réalisés par Véolia lors de leur autocontrôle, lorsque celles-ci sont disponibles. Cela, dans le but de vérifier que valeur calculée et valeur mesurée sont proches, en s'affranchissant des incertitudes pouvant subsister.

Les résultats obtenus sont fournis par commune.

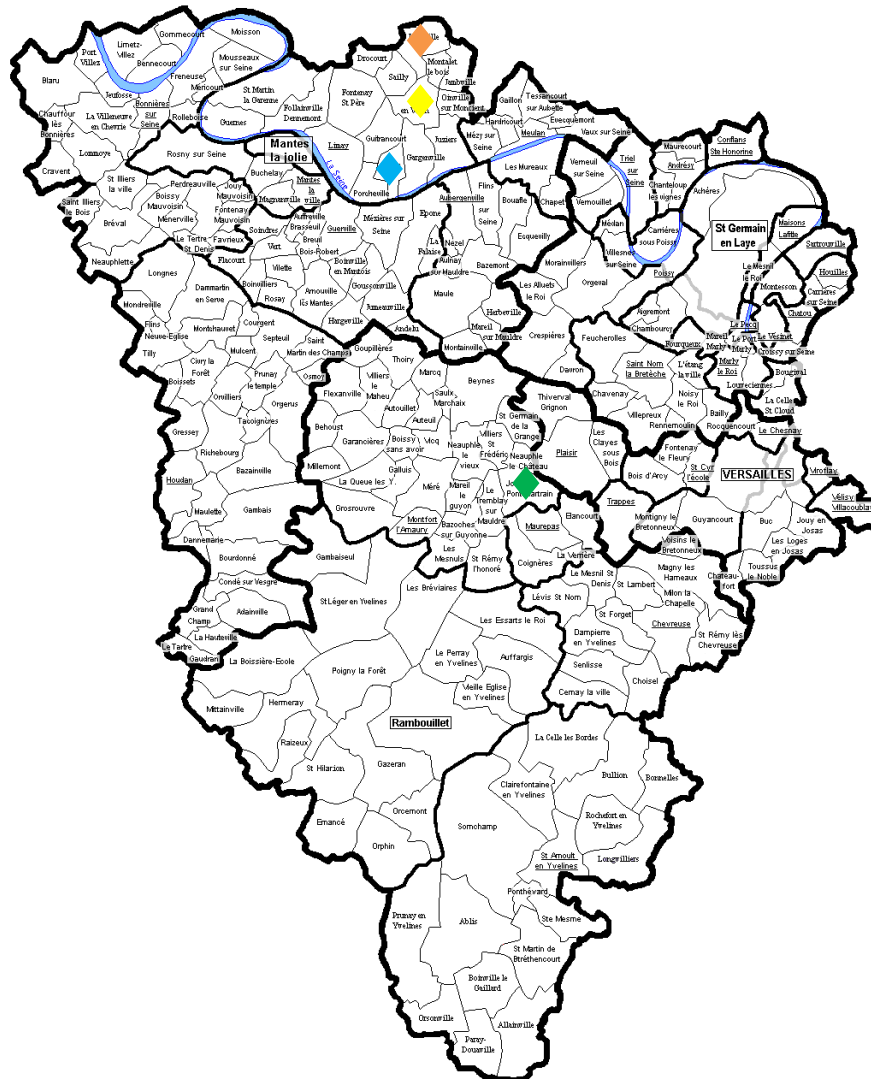


Figure 7 : Localisation des communes étudiées pour la modélisation mathématique

A) Issou

La commune d'Issou est équipée d'un réseau maillé. Les résultats obtenus par calcul sont disponibles en tableau 7.

Tableau 7 : Concentration en CVM exprimée en microgramme par litre, calculée en fonction de la température et de la teneur initiale en CVM pour la commune d'Issou

Tronçon (rue)	Température (°C)	Teneur initiale en CVM de la canalisation (en ppm)			
		1	394	500	1000
Rue de la Côte	15	0,0	0,3	0,3	0,7*
	16,2	0,0	0,3	0,4	0,7
	17,5	0,0	0,3	0,4	0,8
	25	0,0	0,4	0,5	1,1
Rue des Guyonnes	15	0,0	0,5	0,6	1,2
	16,2	0,0	0,5	0,6	1,2
	17,5	0,0	0,5	0,7	1,3
	25	0,0	0,7	0,9	1,9
Chemin d'exploitation	15	0,0	2,0	2,6	5,1
	16,2	0,0	2,1	2,7	5,4
	17,5	0,0	2,3	2,9	5,8
	25	0,0	3,3	4,1	8,3
Rue de Caucriaumont	15	0,0	0,3	0,4	0,8
	16,2	0,0	0,3	0,4	0,9
	17,5	0,0	0,4	0,5	0,9
	25	0,0	0,5	0,7	1,3

*En rouge : concentration dépassant la valeur réglementaire de 0,5µg/L

Le 1^{er} août 2013, deux prélèvements ont été réalisés sur la commune, un à la rue de la Côte et l'autre à la rue des Hautes Frileuses. Ils étaient tous deux conformes (< 0,3 µg/L). Les températures observées lors de ces prélèvements n'ont pas été retransmises.

B) Jouars-Pontchartrain

La commune de Jouars-Pontchartrain est équipée d'un réseau maillé. Les résultats obtenus par calcul sont disponibles en tableau 8.

Tableau 8 : Concentration en CVM exprimée en microgramme par litre, calculée en fonction de la température et de la teneur initiale en CVM pour la commune de Jouars-Pontchartrain

Tronçon (rue)	Température (°C)	Teneur initiale en CVM de la canalisation (en ppm)			
		1	394	500	1000
Route de paris	15	0,0	0,2	0,2	0,4
	22,1	0,0	0,2	0,3	0,6*
	22,3	0,0	0,2	0,3	0,6
	25	0,0	0,3	0,3	0,7
Rue de la grande borne	15	0,0	0,2	0,2	0,5
	22,1	0,0	0,2	0,3	0,6
	22,3	0,0	0,3	0,3	0,6
	25	0,0	0,3	0,4	0,7
Rue de l'Ecorcherie	15	0,0	0,1	0,1	0,3
	22,1	0,0	0,1	0,2	0,4
	22,3	0,0	0,2	0,2	0,4
	25	0,0	0,2	0,2	0,4
Impasse André Gide	15	0,0	0,1	0,1	0,2
	22,1	0,0	0,1	0,2	0,3
	22,3	0,0	0,1	0,2	0,3
	25	0,0	0,1	0,2	0,4
Sente de la Cimballé	15	0,0	0,2	0,2	0,4
	22,1	0,0	0,2	0,3	0,6
	22,3	0,0	0,2	0,3	0,6
	25	0,0	0,3	0,3	0,7
Rue des Graviérs	15	0,0	0,1	0,1	0,2
	22,1	0,0	0,1	0,2	0,3
	22,3	0,0	0,1	0,2	0,3
	25	0,0	0,1	0,2	0,4

*En rouge : concentration dépassant la valeur réglementaire de 0,5µg/L

Le 30 juillet et le 07 août 2013 deux prélèvements ont été réalisés sur la commune, l'un à la Sente de la Cimballé, l'autre au Chemin du Paradis. Ils étaient tous deux conformes (< 0,3 µg/L) pour des températures respectives de 22,1 et 22,3 °C.

C) Breuil-en-Vexin

La commune de Breuil-en-Vexin est équipée d'un réseau majoritairement ramifié. Les résultats obtenus par calcul sont disponibles en tableau 9.

Tableau 9 : Concentration en CVM exprimée en microgramme par litre, calculée en fonction de la température et de la teneur initiale en CVM pour la commune de Breuil-en-Vexin

Tronçon (rue)	Température (°C)	Teneur initiale en CVM de la canalisation (en ppm)			
		1	394	500	1000
Rue Saint Laurent	15	0,0	3,2	4,0	8,1
	18,4	0,0	3,7	4,8	9,5
	19,1	0,0	3,9	4,9	9,8
	25	0,0	5,1	6,5	13,0
Chemin des Joncs	15	0,0	0,6	0,7	1,5
	18,4	0,0	0,7	0,9	1,8
	19,1	0,0	0,7	0,9	1,8
	25	0,0	0,9	1,2	2,4
Rue de la mare aux chevaux	15	0,0	0,5	0,7	1,4
	18,4	0,0	0,6	0,8	1,6
	19,1	0,0	0,6	0,8	1,6
	25	0,0	0,9	1,1	2,2
Ferme de la Malmaison	15	0,0	0,5	0,7	1,4
	18,4	0,0	0,6	0,8	1,6
	19,1	0,0	0,6	0,8	1,6
	25	0,0	0,9	1,1	2,2

*En rouge : concentration dépassant la valeur réglementaire de 0,5µg/L

De nombreux prélèvements ont été réalisés sur la commune de Breuil-en-Vexin, les leurs résultats sont regroupés en tableau 10.

Tableau 10 : Résultats des prélèvements Véolia sur la commune de Breuil-en-Vexin

Commune	Date	Lieu de prélèvement	CVM (µg/L)	T (°C)	Conformité
BRUEIL EN VEXIN	23/07/2013	Ferme de la Malmaison	1,4	19,1	Non
	30/09/2013	Ferme de la Malmaison	1,9	18,4	Non
	11/12/2013	Ferme de la Malmaison	< 0,3	8,4	Oui
	24/12/2013	Ferme de la Malmaison	< 0,3	8,5	Oui
	04/03/2014	Ferme de la Malmaison	< 0,3	19,1	Oui
	23/07/2013	Chemin des Joncs	< 0,3	20,2	Oui

Deux résultats non conformes ont été obtenus le 23 juillet et le 30 septembre 2013, à la suite de quoi une purge a été mise en place afin d'obtenir des concentrations respectant la limite réglementaire.

D) Lainville-en-Vexin

La commune de Lainville-en-Vexin est équipée d'un réseau maillé en partie. Les résultats obtenus par calcul sont disponibles en tableau 11.

Tableau 11 : Concentration en CVM, exprimée en microgramme par litre, calculée en fonction de la température et de la teneur initiale en CVM pour la commune de Lainville-en-Vexin

Tronçon (rue)	Température (°C)	Teneur initiale en CVM de la canalisation (en ppm)			
		1	394	500	1000
Sente du Quernouillet Chemin des Chataigniers	15	0,0	1,8	2,3	4,6
	18,4	0,0	2,1	2,7	5,4
	25	0,0	2,9	3,6	7,3

*En rouge : concentration dépassant la valeur réglementaire de 0,5µg/L

Le 29 juillet et le 30 septembre 2013 deux prélèvements ont été réalisés sur la commune, tous deux au 6 chemin des Châtaigniers. Le premier prélèvement était non conforme (6,5 µg/L), le second l'était (< 0,3 µg/L), pour des températures respectives de 18,4 et 14,7 °C.

2.2.2 Méthode de hiérarchisation

A) Densité d'habitants

La priorisation pour le paramètre *Densité de population* est présentée en tableau 12

Tableau 12 : Densité de population par kilomètre de réseau par commune

Commune	Hab/ Km de réseau	Commune	Hab/ Km de réseau
ECQUEVILLY	151,77	JUZIERS	162,91
MOISSON	63,30	MEZY SUR SEINE	121,44
BOINVILLIERS	59,06	MUREAUX	356,63
ROSAY	43,20	GAILLON SUR MONTCIENT	80,82
FLACOURT	56,03	JAMBVILLE	62,67
BENNECOURT	132,55	LAINVILLE EN VEXIN	59,47
FRENEUSE	105,07	MONTALET LE BOIS	39,99
GOMMECOURT	79,49	OINVILLE SUR MONTCIENT	98,93
JEUFOSSE	46,21	BRUEIL EN VEXIN	61,32
LIMETZ VILLEZ	125,22	DROCOURT	63,66
VILLENEUVE EN CHEVRIE	32,6	FONTENAY SAINT PERE	64,53
SEPTEUIL	106,27	SAILLY	41,30
BREVAL	73,13	GUITRANCOURT	73,48
NEAUPHLETTE	59,53	BOIS D'ARCY	295,13
GUERNES	97,20	FONTENAY LE FLEURY	438,55
BREUIL BOIS ROBERT	93,43	LES CLAYES SOUS BOIS	290,04
BUHELAY	77,37	VILLEPREUX	292,41
FOLLAINVILLE DENNEMONT	65,08	ADAINVILLE	33,67
MAGNAVILLE	221,79	LA BOISSIERE ECOLE	37,07
MANTES LA JOLIE	455,49	BOURDONNE	30,09
MERICOURT	61,67	LES BREVIAIRES	68,83
MOUSSEAUX SUR SEINE	64,57	CONDE SUR VESGRE	62,50

PORCHEVILLE	143,88	EMANCE	47,86
ROLLEBOISE	49,60	GAZERAN	43,14
ROSNY SUR SEINE	136,12	GRANDCHAMP	53,03
SOINDRES	159,54	HAUTEVILLE	13,87
DAMMARTIN EN SERVE	100,19	HERMERAY	42,77
ISSOU	220,21	MITTAINVILLE	45,25
JOUARS PONTCHARTRAIN	112,33	POIGNY LA FORET	61,01
MAUREPAS	259,30	RAIZEUX	59,70
VILLETTE	63,85	SAINT HILARION	46,96
TRIEL SUR SEINE	186,18	SAINT LEGER EN YVELINES	71,54
MEULAN	269,79	TARTRE GAUDRAN	11,22
HARDRICOURT	162,53	MAURECOURT	211,01

B) Proportion de PVC dans le linéaire de canalisations

La priorisation pour le critère *Rapport du linéaire de PVC / linéaire total* est en tableau 13.

Tableau 13 : Rapport entre le linéaire de PVC et le linéaire total par commune

Commune	Rapport PVC/linéaire total	Commune	Rapport PVC/linéaire total
ECQUEVILLY	7,2%	JUZIERS	0,7%
MOISSON	3,4%	MEZY SUR SEINE	0,0%
BOINVILLIERS	33,1%	MUREAUX	0,1%
ROSAY	2,9%	GAILLON SUR MONTCIENT	2,9%
FLACOURT	18,1%	JAMBVILLE	3,8%
BENNECOURT	4,4%	LAINVILLE EN VEXIN	5,0%
FRENEUSE	3,1%	MONTALET LE BOIS	5,9%
GOMMECOURT	7,2%	OINVILLE SUR MONTCIENT	5,4%
JEUFOSSE	5,0%	BRUEIL EN VEXIN	23,1%
LIMETZ VILLEZ	16,2%	DROCOURT	0,2%
VILLENEUVE EN CHEVRIE	14,5%	FONTENAY SAINT PERE	13,7%
SEPTEUIL	0,7%	SAILLY	15,9%
BREVAL	20,6%	GUITRANCOURT	0,3%
NEAUPHLETTE	55,2%	BOIS D'ARCY	0,0%
GUERNES	3,5%	FONTENAY LE FLEURY	3,5%
BREUIL BOIS ROBERT	13,8%	LES CLAYES SOUS BOIS	3,4%
BUCELAY	3,3%	VILLEPREUX	5,0%
FOLLAINVILLE DENNEMONT	3,2%	ADAINVILLE	22,1%
MAGNANVILLE	46,5%	LA BOISSIERE ECOLE	34,4%
MANTES LA JOLIE	2,8%	BOURDONNE	19,5%
MERICOURT	0,5%	LES BREVIAIRES	25,4%
MOUSSEUX SUR SEINE	20,7%	CONDE SUR VESGRE	12,1%
PORCHEVILLE	2,4%	EMANCE	25,3%
ROLLEBOISE	16,1%	GAZERAN	38,9%
ROSNY SUR SEINE	11,7%	GRANDCHAMP	28,3%
SOINDRES	5,6%	HAUTEVILLE	18,1%
DAMMARTIN EN SERVE	18,2%	HERMERAY	23,5%
ISSOU	16,4%	MITTAINVILLE	13,0%

JOUARS PONTCHARTRAIN	13,1%	POIGNY LA FORET	24,7%
MAUREPAS	22,4%	RAIZEUX	16,6%
VILLETTE	12,9%	SAINT HILARION	29,6%
TRIEL SUR SEINE	2,2%	SAINT LEGER EN YVELINES	41,6%
MEULAN	0,3%	TARTRE GAUDRAN	23,3%
HARDRICOURT	0,0%	MAURECOURT	2,0%

C) Linéaire de PVC à risque par commune

La priorisation pour le paramètre *Linéaire de PVC à risque* est présentée en tableau 14

Tableau 14 : Linéaire de PVC à risque par commune

Commune	Linéaire PVC avant 1980 ou inconnue (m)	Commune	Linéaire PVC avant 1980 ou inconnue (m)
ECQUEVILLY	1 895	JUZIERS	151
MOISSON	473	MEZY SUR SEINE	0
BOINVILLIERS	1 311	MUREAUX	123
ROSAY	263	GAILLON SUR MONTCIENT	243
FLACOURT	244	JAMBVILLE	512
BENNECOURT	482	LAINVILLE EN VEXIN	702
FRENEUSE	709	MONTALET LE BOIS	444
GOMMECOURT	214	OINVILLE SUR MONTCIENT	609
JEUFOSSE	464	BRUEIL EN VEXIN	2 424
LIMETZ VILLEZ	2 482	DROCOURT	19
VILLENEUVE EN CHEVRIE	2 091	FONTENAY SAINT PERE	2 155
SEPTEUIL	159	SAILLY	1 429
BREVAL	3 150	GUITRANCOURT	25
NEAUPHLETTE	6 623	BOIS D'ARCY	0
GUERNES	247	FONTENAY LE FLEURY	457
BREUIL BOIS ROBERT	1 066	LES CLAYES SOUS BOIS	1 824
BUHELAY	0	VILLEPREUX	155
FOLLAINVILLE DENNEMONT	138	ADAINVILLE	3 273
MAGNANVILLE	8 658	LA BOISSIERE ECOLE	7 627
MANTES LA JOLIE	1 078	BOURDONNE	2 306
MERICOURT	35	LES BREVIAIRES	3 609
MOUSSEAUX SUR SEINE	342	CONDE SUR VESGRE	1 466
PORCHEVILLE	211	EMANCE	3 608
ROLLEBOISE	1 054	GAZERAN	5 609
ROSNY SUR SEINE	1 672	GRANDCHAMP	530
SOINDRES	215	HAUTEVILLE	1 723
DAMMARTIN EN SERVE	1 112	HERMERAY	4 184
ISSOU	2 060	MITTAINVILLE	510
JOUARS PONTCHARTRAIN	6 099	POIGNY LA FORET	1 022
MAUREPAS	16 128	RAIZEUX	1 920
VILLETTE	1 059	SAINT HILARION	3 688
TRIEL SUR SEINE	833	SAINT LEGER EN YVELINES	5 071
MEULAN	0	TARTRE GAUDRAN	644
HARDRICOURT	0	MAURECOURT	0

D) Proportion de PVC à risque de migration de CVM par rapport au linéaire de PVC total

Le tableau 15 permet d'illustrer la répartition des communes en classe.

Tableau 15 : Rapport entre la longueur de PVC à risque et la longueur de PVC total par commune

Commune	rapport PVC avant 1980 ou inconnu / PVC total	Commune	rapport PVC avant 1980 ou inconnu / PVC total
ECQUEVILLY	100,0%	JUZIERS	86,1%
MOISSON	92,2%	MEZY SUR SEINE	-
BOINVILLIERS	86,3%	MUREAUX	100,0%
ROSAY	100,0%	GAILLON SUR MONTCIENT	100,0%
FLACOURT	54,2%	JAMBVILLE	100,0%
BENNECOURT	79,3%	LAINVILLE EN VEXIN	100,0%
FRENEUSE	60,3%	MONTALET LE BOIS	100,0%
GOMMECOURT	35,3%	OINVILLE SUR MONTCIENT	98,2%
JEUFOSSE	100,0%	BRUEIL EN VEXIN	91,0%
LIMETZ VILLEZ	100,0%	DROCOURT	100,0%
VILLENEUVE EN CHEVRIE	80,4%	FONTENAY SAINT PERE	100,0%
SEPTEUIL	100,0%	SAILLY	96,6%
BREVAL	56,2%	GUITRANCOURT	100,0%
NEAUPHLETTE	80,0%	BOIS D'ARCY	-
GUERNES	66,9%	FONTENAY LE FLEURY	44,1%
BREUIL BOIS ROBERT	100,0%	LES CLAYES SOUS BOIS	87,6%
BUCELAY	0,0%	VILLEPREUX	8,9%
FOLLAINVILLE DENNEMONT	15,0%	ADAINVILLE	64,8%
MAGNANVILLE	68,0%	LA BOISSIERE ECOLE	95,7%
MANTES LA JOLIE	41,5%	BOURDONNE	70,1%
MERICOURT	100,0%	LES BREVIAIRES	76,2%
MOUSSEAUX SUR SEINE	17,1%	CONDE SUR VESGRE	65,0%
PORCHEVILLE	40,8%	EMANCE	77,7%
ROLLEBOISE	79,3%	GAZERAN	48,3%
ROSNY SUR SEINE	34,1%	GRANDCHAMP	31,4%
SOINDRES	100,0%	HAUTEVILLE	74,3%
DAMMARTIN EN SERVE	56,7%	HERMERAY	78,2%
ISSOU	59,9%	MITTAINVILLE	28,4%
JOUARS PONTCHARTRAIN	97,3%	POIGNY LA FORET	24,2%
MAUREPAS	96,8%	RAIZEUX	77,9%
VILLETTE	100,0%	SAINTE HILARION	63,6%
TRIEL SUR SEINE	59,2%	SAINTE LEGER EN YVELINES	57,4%
MEULAN	0,0%	TARTRE GAUDRAN	100,0%
HARDRICOURT	-	MAURECOURT	0,0%

E) Synthèse de la méthode de hiérarchisation des communes

L'ensemble des critères définis permet d'obtenir une classification générale des communes à prioriser (tableau 16). La notation détaillée des communes est disponible en annexe 3.

Tableau 16 : Notation globale et hiérarchisation des communes

Commune	Note	Commune	Note
LA BOISSIERE ECOLE	5	ECQUEVILLY	11
NEAUPHLETTE	7	FLACOURT	11
MAUREPAS	7	MERICOURT	11
BRUEIL EN VEXIN	7	MOUSSEAUX SUR SEINE	11
ADAINVILLE	7	ISSOU	11
EMANCE	7	MEZY SUR SEINE	11
GAZERAN	7	OINVILLE SUR MONTCIENT	11
HERMERAY	7	DROCOURT	11
SAINT HILARION	7	MITTAINVILLE	11
TARTRE GAUDRAN	7	POIGNY LA FORET	11
BOINVILLIERS	8	BENNECOURT	12
VILLENEUVE EN CHEVRIE	8	SEPTEUIL	12
JOUARS PONTCHARTRAIN	8	GUERNES	12
FONTENAY SAINT PERE	8	SOINDRES	12
SAILLY	8	DAMMARTIN EN SERVE	12
BOURDONNE	8	HARDRICOURT	12
LES BREVIAIRES	8	GAILLON SUR MONTCIENT	12
JEUFOSSE	9	GUITRANCOURT	12
LIMETZ VILLEZ	9	BOIS D'ARCY	12
MAGNANVILLE	9	LES CLAYES SOUS BOIS	12
ROLLEBOISE	9	FRENEUSE	13
VILLETTE	9	GOMMECOURT	13
MONTALET LE BOIS	9	ROSNY SUR SEINE	13
GRANDCHAMP	9	JUZIERS	13
HAUTEVILLE	9	MUREAUX	13
RAIZEUX	9	BUHELAY	14
SAINT LEGER EN YVELINES	9	FOLLAINVILLE DENNEMONT	14
MOISSON	10	TRIEL SUR SEINE	14
ROSAY	10	FONTENAY LE FLEURY	14
BREVAL	10	MANTES LA JOLIE	15
BREUIL BOIS ROBERT	10	PORCHEVILLE	15
JAMBVILLE	10	VILLEPREUX	15
LAINVILLE EN VEXIN	10	MEULAN	16
CONDE SUR VESGRE	10	MAURECOURT	16

2.2.3 Discussion générale

Au vu des résultats obtenus par le modèle sur les quatre communes, il semble très difficile de faire des comparaisons avec les valeurs obtenues par analyse. Une chose peut tout de même être soulignée, les zones et plus généralement les communes où des dépassements de valeur ont été confirmés par analyses ont un plus grand nombre de résultats non-conformes modélisés. Conformément à ce qui avait été annoncé, il est démontré qu'à la valeur de 1 ppm (teneur dans les canalisations réglementaire en vigueur), aucun dépassement de la valeur réglementaire en CVM dans l'EDCH n'est constaté. Les communes possédant un réseau maillé n'ont pas particulièrement tendance à présenter plus de résultats conformes que les communes possédant un réseau maillé. Un échantillon plus large de communes permettrait certainement de trancher sur ce caractère.

Au sens de l'instruction, une zone est considérée « à risque » lorsqu'il y a présence de canalisation en PVC datant d'avant 1980 et un temps de séjour dans cette canalisation supérieur à deux jours. En revanche, avec la modélisation, si effectivement tous les tronçons dont le temps de séjour est supérieur à 48 heures sont non-conformes, on constate que certaines zones ayant des temps de séjour voisins de 30 heures sont elles aussi non-conformes. Ainsi, la modélisation mathématique permet de cibler plus précisément ces zones à risque. Il faut tout de même garder à l'esprit que les valeurs obtenues sont à remettre dans un contexte. Ici, on ne prend pas en compte toutes les perturbations pouvant être rencontrées sur le réseau et qui faciliterait le dégazage du CVM de l'eau. Mais le cumul de CVM au cours du trajet, de la circulation de l'eau dans le réseau n'est pas pris en compte lui non plus. Ici, seule la situation locale est considérée. Les résultats de la modélisation, s'ils ne sont pas considérés de manière absolue, peuvent permettre de manière relative de hiérarchiser les zones à risque sur lesquelles il faudrait intervenir en priorité.

On remarque en comparant le tableau 14 : Linéaire de PVC à risque par commune et le tableau 15 : Rapport entre le linéaire de PVC et le linéaire total par commune que les deux informations ne priorisent pas les communes de la même manière. Tenir compte des deux types d'information est donc un bon point permettant de dire qu'ils possèdent tous deux leur importance.

On peut souligner le fait que les communes soumises à la modélisation mathématique ne sont pas affectées de la même façon par la potentialité d'un risque vis-à-vis d'un dépassement en CVM selon la méthode choisie. Si la commune de Breuil-en-Vexin se retrouve bien en priorité 1 comme c'était le cas pour la modélisation mathématique (concentrations dépassant la valeur réglementaire dans la majorité des cas), la commune de Lainville-en-Vexin se retrouve elle en priorité 2 à un unique point de différence avec la commune d'Issou. Sans compter que la commune de Jouars-Pontchartrain, affichant des

valeurs réglementaires avec la modélisation, est ici en priorité 1. Seuls les résultats des prélèvements permettront de trancher sur les capacités de chacune des deux méthodes. Dans tous les cas, l'objectif principal de la démarche est atteint pour cette seconde méthode.

3 Construction d'un plan d'échantillonnage

Une fois que la hiérarchisation est effective, il convient de définir un plan d'échantillonnage pluriannuel adapté au nombre d'antennes à risque comme le prévoit l'instruction. Pour se faire, l'utilisation des cartographies fournies par les traiteurs d'eau ainsi que leur participation à l'élaboration du plan sont essentielles. Aucune méthode précise ne peut être convenue.

3.1 Points de prélèvements

3.1.1 Nombre

Il s'agit de fixer un nombre de prélèvements cohérent, permettant de saisir le mieux possible la situation. Le traiteur d'eau a pour rôle de s'assurer que les points de prélèvements souhaités sont accessibles. Dans le cas contraire, il le signale et l'ARS choisit d'autres points dans la mesure du possible.

Il a été décidé de fixer cette valeur à 5 au maximum sur les communes des Yvelines. En comparaison à l'ASTEE, cela représente un à deux prélèvements supplémentaires par commune.

3.1.2 Localisation

Un prélèvement obligatoire devra être effectué en sortie d'usine. Cela permettra de vérifier que les éventuels dépassements de limite de qualité ne sont pas dus à une pollution de la ressource. Un prélèvement en centre bourg et un prélèvement minimum obligatoire en bout d'antenne devront être réalisés. Les prélèvements en bout de réseau pourront donc être au nombre trois en fonction de la configuration de celui-ci. Concernant ces bouts d'antenne, il sera intéressant de repérer les antennes pour lesquelles il y aurait un grand linéaire de canalisations à risque en amont pour un réseau ramifié ou en proche périphérie pour un réseau maillé. De ce fait, des précisions, voire même des suppositions sur le sens d'écoulement pourront être une information à prendre en compte.

Afin d'illustrer de manière simple la définition du plan d'échantillonnage, la commune X⁶ sera prise en exemple dans la suite du document. La cartographie du réseau de cette commune est présentée en figure 8.

3.2 Repérage cartographique

Cette étape permet de cibler les zones à fort linéaire en canalisations à risque. Les cartographies fournies par les traiteurs d'eau sont légendées de telle sorte que les réseaux à risques soient immédiatement repérables (cf. figure 8).

⁶ L'ensemble des informations permettant l'identification de la commune pris en exemple a été rendu anonyme.

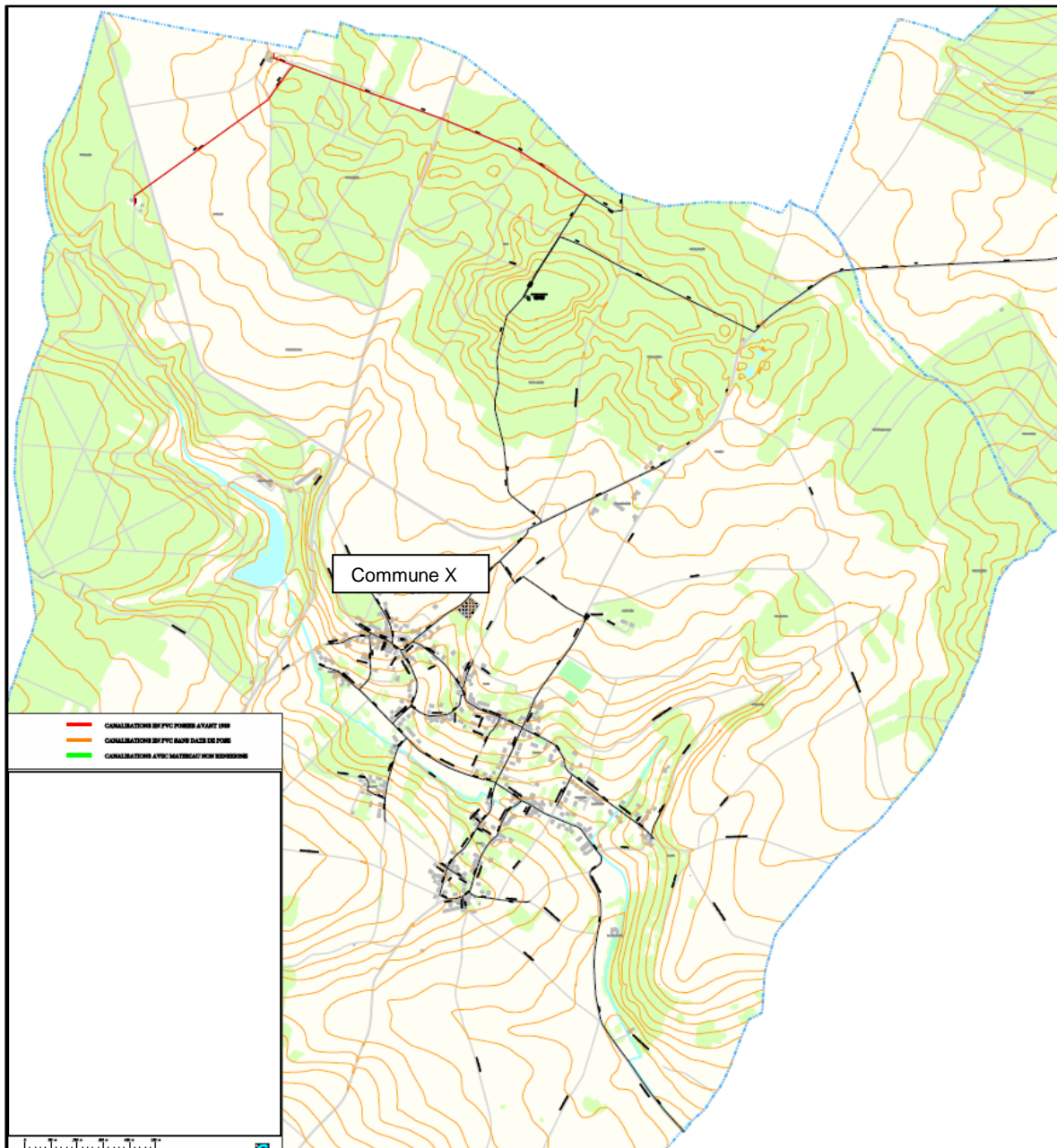


Figure 8 : Plan cartographique de la commune X

Les tronçons en rouge représentent les canalisations en PVC posées avant 1980, en orange les canalisations en PVC sans date de pose et en vert les canalisations avec un matériau non renseigné.

En effectuant un zoom sur le nord-ouest de la commune (cf. figure 9), on remarque qu'il y a, *a priori*, deux zones d'habitation principalement concernées par les canalisations en PVC datant d'avant 1980 (zones A et B). Il paraît donc pertinent de choisir des points de prélèvements proches de ces deux zones.

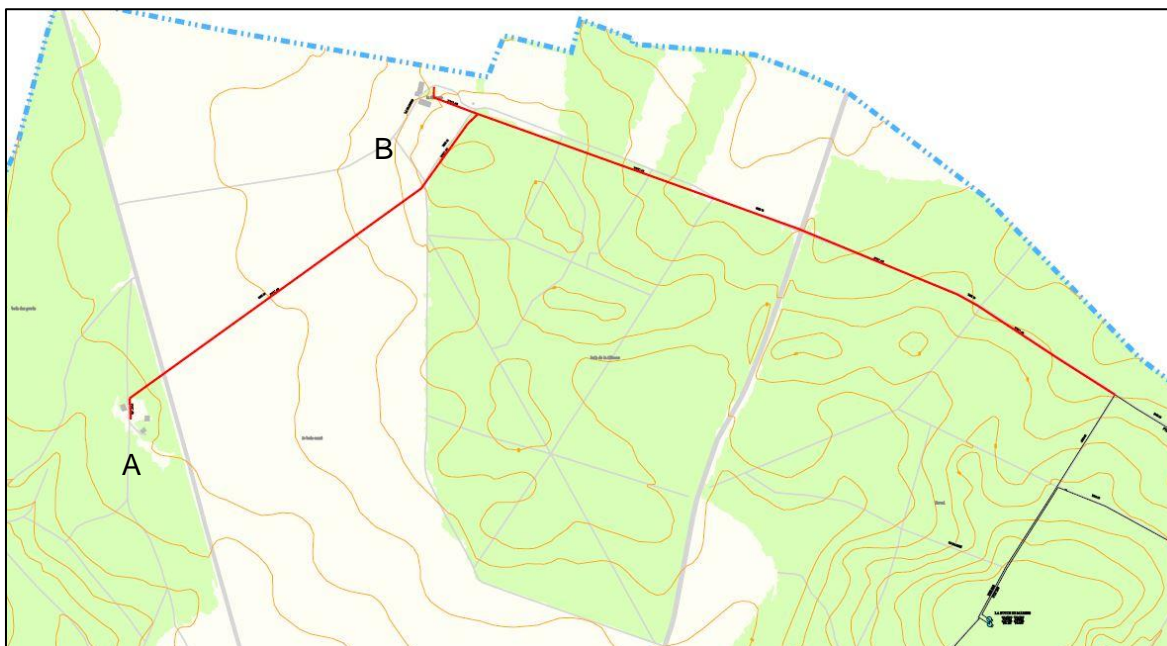


Figure 9 : Plan resseré sur le nord-ouest de la commune X

3.3 Géolocalisation

Une fois que la cartographie réseau est validée, il faut passer à la géolocalisation, si possible, afin de pouvoir obtenir des adresses postales.

Ici, les zones A et B sont clairement identifiées (cf. figures 10 et 11), mais aucune adresse précise ne peut être identifiée.

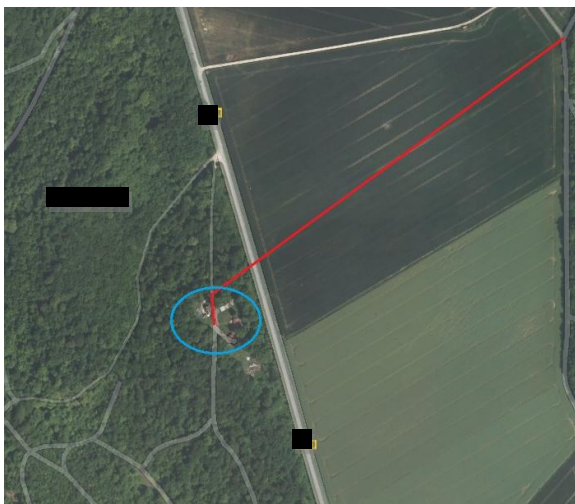


Figure 10 : Vue satellite de la zone A



Figure 11 : Vue satellite de la zone B

Ici, la localisation est donc grossière mais permet de cibler de manière univoque les zones de travail (zones entourées en bleu) ainsi que les canalisations (en rouge) repérées en Figure 9. Dès lors, le détail des zones (cf. tableau 17) permet de cibler les canalisations à risque et les points potentiels de prélèvements.

Tableau 17 : Proposition d'échantillonnage pour la commune X

Commune	Troncon (rue)	longueur PVC inc. ou avt 80 L (m)	Diamètre intérieur d (mm)	Secteur cartographique	Point éventuel de prélèvements	Référence PSV* ou UDI**
X	RUE 1	24,1	63	B	oui, section xxxxx	PSV 000
	RUE 1	1 224,3	63	B	non	PSV 000
	RUE 1	100,7	40	B	non	PSV 000
	RUE 1	131,2	40	B	non	PSV 000
	RUE 2	36,9	40	A	oui, zone xxxxx, le long de la Départementale XXX	PSV 000
	RUE 2	637,9	40	A	non	PSV 000

* Point de Surveillance ; **Unité de Distribution

3.4 Validation et prélèvements

Le plan d'échantillonnage doit être validé par toutes les parties. Une fois que cela est fait, les prélèvements peuvent être mis en place. Ceux-ci devront être réalisés selon les modalités précisées en annexe 2 de l'instruction précisant la méthode de prélèvement et d'analyse du CVM dans l'eau du robinet, ainsi que, dans l'idéal, pour des températures d'eau supérieures à 15°C. Ainsi, selon les résultats, il sera important de se conformer au logigramme, en cas de non-conformité, présenté en annexe 3 de l'instruction. Les annexes 2 et 3 de l'instruction sont disponibles en annexe 4 de ce mémoire.

S'agissant de la première année de mise en place (année n), il serait recommandable d'établir un plan d'échantillonnage annuel, d'en faire le bilan afin d'en cibler les forces et faiblesses dans le but de l'améliorer pour l'année $n+1$ et de réaliser, à partir de l'année $n+2$ un véritable plan pluriannuel. Il faudra veiller à mettre à jour annuellement la base de données concernant les travaux sur les canalisations à risque et toutes les informations s'y afférant, importantes pour le suivi.

Conclusion

Le travail à effectuer sur le chlorure de vinyle est encore épineux. Entre complexité réglementaire et méconnaissance, de nombreux problèmes doivent encore être réglés autour de cette problématique. Des efforts sont malgré tout constatés par les autorités en charge de la qualité de l'eau. La volonté de bien faire est très présente.

C'est donc dans ce contexte très volontariste que s'inscrit ce mémoire rendant compte de mon stage au sein du service CSSM de la DT 78 de l'ARS Ile-de-France.

Le point de départ de ce travail a été la mise en application pratique de l'instruction du 18 octobre 2012 relative au repérage des canalisations en PVC susceptibles de contenir du CVM résiduel risquant de migrer vers l'EDCH et à la gestion des risques sanitaires en cas de dépassement de la limite de qualité des EDCH pour le CVM. Outil indispensable à la gestion des dépassements mais quelque peu difficile à expliciter au quotidien par les ARS, dans une réalité de terrain. La mise en place de celle-ci concernant les étapes de sélection et d'échantillonnage est bien plus subtile et complexe qu'il peut paraître. Ce sont sur ces paramètres initiaux que la mission du stage était accentuée. La finalité de ce mémoire était double : proposer un outil d'aide à la hiérarchisation basé sur des données issues des traiters d'eau et de ce fait, proposer une méthode d'échantillonnage permettant de cibler véritablement les zones à risques sur l'ensemble des communes yvelinoises afin de prévenir le risque de dépassement. Deux méthodes ont donc été abordées afin de répondre au mieux à cette commande. La première, utilisée sur quatre communes, est très dépendante d'un niveau très poussé d'information sur le fonctionnement hydraulique du réseau alors que la seconde, moins précise sur l'aspect modélisation et précision mathématique, fonctionne avec les informations transcrites par les traiters d'eau, relatives au décret n°2012-97 du 27 janvier 2012.

L'outil de modélisation mathématique pourrait être une solution pérenne aussi bien pour les traiters d'eau que pour les ARS dans leurs choix stratégiques de points de prélèvements. Pour se faire, un fort investissement devra être requis de la part des acteurs de l'eau potable pour aller plus loin dans la connaissance et la modélisation du patrimoine hydrique dont ils ont la gestion. En parallèle, on peut espérer, comme il est dit dans l'instruction, que l'évolution réglementaire indiquée aura bien lieu, et que celle-ci prendra plus en considération les spécificités du chlorure de vinyle d'une part, et les spécificités hydrauliques d'autre part. Les ARS ont pour leur part l'instruction de leur côté pour se faire entendre. Celle-ci rappelle leurs prérogatives au titre de l'article R.1321-12 du Code de la Santé Publique, en matière d'exigence aux titulaires de l'autorisation d'utilisation d'eau en vue de la consommation humaine.

Sur le plan sociétal, il s'agira de gérer ce danger en demeurant au contact de la population, car le CVM pourrait rajouter encore plus de scepticisme vis-à-vis des

matériaux constitutifs de nos canalisations, surtout que les problèmes de plomb hydrique préoccupent encore beaucoup. Il est aussi important de rappeler que bien plus qu'un aspect sanitaire, le phénomène de relargage dû à des canalisations en PVC posées avant 1980, pourrait concerner aussi des enjeux financiers, lorsqu'on sait que la durée d'amortissement des canalisations peut être de plusieurs décennies.

Sur un plan plus personnel, j'ai apprécié le temps passé au sein du service CSSM pour ce stage, j'ai pu découvrir des choses au-delà de la problématique traitée. Découvrir le fonctionnement de l'ARS avec un regard interne permet aussi de mettre des situations concrètes sur des idées développées au cours de la formation à l'EHESP. Enfin, j'ai pu faire face à la complexité et au multiple langage des textes de lois, chose à laquelle on n'est pas obligatoirement confronté dans la vie de tous les jours.

Bibliographie

Par ordre d'apparition dans le texte :

R. Brunet, M. Favard, M.J. Gourmaud, Canalisations en pvc et résidus de chlorure de vinyle monomère dans l'eau potable, *Conférence n°70*, Ianesco Chimie, 2010

J.-M. Brignon, S. Schucht, S. Sureau, Chlorure de vinyle - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, 2006

Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique - Le chlorure de vinyle [en ligne]. *Santé Canada* [page consultée le 14 juin 2014]. Disponibilité et accès : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/vinyl_chloride/index-fra.php

N. Bonnard, M.-T. Brondeau, D. Jargot, M. Falcy, O. Schneider, Fiche toxicologique: Chlorure de vinyle. s.l. : Institut National de Recherche et de Sécurité, 2011.

M. Beardsley, C. D. Adams, Modeling and Control of Vinyl Chloride in Drinking Water Distribution Systems, *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 129, No. 9, 2003.

Institut de Veille Sanitaire InVS, Chlorure de vinyle monomère (CVM) Note de position de l'Institut de veille sanitaire, 2010

L. Guillotin, B. Jédor, C. Galey, T. Cartier; E. Joulin, C. Rosin, X. Dauchy, Chlorure de vinyle monomère dans l'eau potable : état des connaissances et retour d'expérience d'une étude nationale sur des réseaux considérés comme à risque, *JIE 2012 -conférence n° 15*, poitiers, 2012

M. Bisson, A. Droissart-Long, N. Houeix, N. Manier, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques - Chlorure de vinyle, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, 2010

A. Cadiot, Le chlorure de vinyle monomère - exposé théorique, Besançon, 4-5-6 Décembre 2006

Afssa, Fiche 7 : Evaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la limite de qualité du chlorure de vinyle dans les eaux destinées à la consommation humaine, 2005.

J.-L. Celerier, J.-A. Faby, mis à jour par **G. Loiseau** et **C. Juery**, La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux, Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau, *Office International de l'Eau – SNIDE*.

R. K Walter, P-H. Lin, M. Edwards, R. E. Richardson, Investigation of factors affecting the accumulation of vinyl chloride in polyvinyl chloride piping used in drinking water distribution systems, *Water research* 45 (2011) 2607 - 2615 pp., 2011

ATSDR, Appendix A. ATSDR Minimal Risk Levels and Worksheets Vinyl Chloride, 2004

USEPA, Integrated Risk Information System Vinyl chloride (CASRN 75-01-4), dernière révision 08/07/2000.

ANSES, Valeur toxicologique de référence pour le chlorure de vinyle, Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective *Édition scientifique*, Juillet 2012

USEPA Exposure Factor Handbook, édition 2011, Office of Research and Development, Washington, DC 20460 National Center for Environmental Assessment, EPA, 2011

Liste des annexes

Annexe 1 : Calcul détaillé de l'estimation du niveau de risque associé à l'inhalation lors de la douche.

Annexe 2 : Courrier adressé aux PRPDE de la part des services de l'ARS.

Annexe 3 : Tableaux détaillés de notations des communes à hiérarchiser.

Annexe 4 : Annexes 2 et 3 de l'instruction N°DGS/EA4/2012/366 du 18 octobre 2012 relative au repérage des canalisations en polychlorure de vinyle susceptibles de contenir du chlorure de vinyle monomère résiduel risquant de migrer vers l'eau destinée à la consommation humaine et à la gestion des risques sanitaires en cas de dépassement de la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine pour le chlorure de vinyle monomère.

Annexe 1 : Calcul détaillé de l'estimation du niveau de risque associé à l'inhalation lors de la douche

Scenario d'exposition :

Homme de 40 ans, temps passé dans la douche et temps passé dans la salle de bains immédiatement après de 15 minutes / douche (valeur médiane, USEPA exposure factors handbook, Table 16-32 page 16-112), nombre de douche de 1,27 douche/ jour (valeur moyenne, USEPA Exposure Factors Handbook, Table 16-30 page 16-109), cabine de douche de volume 2 m³ (Afssa, 2005).

Il s'agit d'une estimation haute qui consiste à considérer que l'ensemble du chlorure de vinyle présent initialement dans l'eau se volatilise lors de la douche et que l'air de la cabine de douche n'est pas renouvelé.

Le risque associé à un contact cutané avec le chlorure de vinyle présent dans l'eau est considéré comme secondaire par rapport à celui lié à l'inhalation lors de la prise de douche. L'hypothèse de calcul considère que l'ensemble du chlorure de vinyle passe dans l'air de la cabine de douche.

On considère la concentration moyenne inhalée par jour telle que :

$$C^{\circ}_{\text{moy inhalée}} = C^{\circ}_{\text{douche inhalée}} * t_{\text{douche}} * F \text{ avec :}$$

Avec :

- ✓ $C^{\circ}_{\text{douche inhalée}}$: concentration moyenne en chlorure de vinyle dans l'air inhalé pendant la douche ;
- ✓ t_{douche} : fraction de temps d'exposition à la concentration $C^{\circ}_{\text{douche inhalée}}$ pendant une journée, égale à la durée de la douche ramenée à la durée d'une journée ;
- ✓ F : fréquence d'exposition, égale au nombre de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jours.

La concentration moyenne dans l'air est estimée comme étant la valeur moyenne entre la concentration en début de douche (soit 0 mg/L) et la concentration en fin de douche qui est égale à $(C^{\circ}_{\text{eau}} * Q_{\text{eau}}) / V$. Ainsi la concentration moyenne dans l'air est estimée par :

$$C^{\circ}_{\text{douche inhalée}} = [(C^{\circ}_{\text{eau}} * Q_{\text{eau}}) / V] / 2$$

Avec :

- ✓ C°_{eau} : concentration en polluant dans l'eau (on considère ici la valeur réglementaire de 0,5 µg/L) ;
- ✓ Q_{eau} : quantité d'eau utilisée lors de la douche (on considère le même volume que l'Afssa en 2005) soit 65L ;
- ✓ V : volume de la cabine de douche, qui est estimé égal à 2 m³.

En considérant un temps de présence dans la douche de 15 minutes on obtient :

$$t_{\text{douche}} = 15 / (24 \cdot 60)$$

La fréquence d'exposition F est estimée à 1,27 douche par jour, 365 jours par an.

$$\text{On obtient : } C^{\circ}_{\text{moy inhalée}} = \frac{0,5 \cdot 65 \cdot 15 \cdot 1,27}{2 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 60} = 0,11 \mu\text{g}/\text{m}^3.$$

Pour l'estimation de l'excès de risque de cancer on considère que la caractérisation du risque lié à une exposition à une substance cancérogène par inhalation pendant la vie entière s'exprime par un excès de risque individuel qui se calcule de la façon suivante :

$$\text{ERI} = C^{\circ}_{\text{moy inhalée}} \cdot \text{ERU}$$

Avec :

Pour le chlorure de vinyle, un ERU par inhalation proposé par l'ANSES de $3,8 \cdot 10^{-6}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹ pour une exposition durant la vie entière (ANSES, 2012).

$$\text{Soit un } \text{ERI} = 0,11 \cdot 3,8 \cdot 10^{-6} = 4,2 \cdot 10^{-7}.$$

Annexe 2 : Courrier adressé aux PRPDE de la part des services de l'ARS



Direction Santé Publique
Département Veille et Sécurité Sanitaires
Service Contrôle et Sécurité Sanitaires des Milieux
Délégation territoriale des Yvelines
Service CSSM

A la Personne Responsable de la
Production et de la Distribution de l'Eau

Affaire suivie par: Christophe BERTRAND

Courriel : ars-dt78-cssm@ars.sante.fr

Téléphone : 01 30 97 68 28

Télécopie : 01 39 49 48 10

Versailles, le

Objet : repérage des canalisations à risque de migration du chlorure de vinyle monomère dans l'eau destinée à la consommation humaine

Madame, Monsieur,

Mes services réalisent le contrôle sanitaire de vos installations de production/distribution d'eau destinée à la consommation humaine. Dans ce cadre, la recherche du Chlorure de Vinyle Monomère (CVM) est réalisée au point de mise en distribution depuis 2007.

Plusieurs éléments présentés ci-après me conduisent à mener des investigations complémentaires par rapport à la présence potentielle de cette substance dans l'eau que vous distribuez. En effet :

- Le CVM est utilisé pour la fabrication des canalisations en PVC. A la fin des années 70, une étape supplémentaire a été introduite progressivement dans le process de fabrication afin de réduire la teneur en CVM résiduel dans le PVC. Les matériaux en PVC antérieurs à 1980 peuvent donc avoir potentiellement une teneur en CVM résiduel beaucoup plus élevée, et sont ainsi les seuls à pouvoir induire une migration de CVM dans l'eau. Parmi ces canalisations en PVC ancien, le relargage du CVM dans l'eau à partir des canalisations en PVC augmente avec :
 - le linéaire des tronçons de canalisations en PVC,
 - la température de l'eau,
 - la teneur en CVM résiduel initiale dans ces tronçons,
 - le temps de séjour de l'eau dans ces tronçons.

Ces situations se rencontrent essentiellement dans les canalisations desservant les habitats dispersés des réseaux ruraux.

- Le CVM peut être à l'origine :
 - d'angiosarcome hépatique, un cancer du foie particulier et très rare (10 cas/an estimés en France),
 - de carcinome hépatocellulaire, forme la plus fréquente de cancer du foie (7600 cas/an estimés en France), mais le plus souvent lié à d'autres facteurs de risque comme l'alcoolisme ou les infections par les virus des hépatites.

Toutefois, aucune association à ce jour n'a été établie entre ces cas de cancer et une consommation d'eau du robinet.

143 boulevard de la Reine – BP 724 – 78007 – Versailles Cedex
Standard : 01 30 97 73 00
www.ars.iledefrance.sante.fr

- Une campagne nationale d'analyse du CVM réalisée par le Laboratoire d'hydrologie de Nancy de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail à la demande du Ministère chargé de la santé a montré que le contrôle sanitaire tel qu'il est prévu actuellement par la réglementation, c'est-à-dire non ciblé sur les zones potentiellement à risque de migration du CVM résiduel dans les tronçons de canalisations vers l'EDCH, ne permet pas de détecter les non-conformités, celles-ci étant essentiellement situées au niveau des antennes des réseaux de distribution.

Compte-tenu de ces éléments, je souhaite prioriser les UDI à investiguer selon la probabilité de mesurer des teneurs en CVM supérieures à la limite de qualité dans l'eau distribuée.

Dans cet objectif, **je vous saurais gré, de me transmettre, avant le 31 mars 2014**, pour chaque UDI dont vous avez la gestion, les informations suivantes :

- nom de la (des) commune(s) de l'UDI et le cas échéant, le nom des bourgs/hameaux desservis (rattachés à la commune),
- date ou période de pose (ou à défaut avant/après 1980) des tronçons de canalisations en PVC (ou susceptibles d'être en PVC) par bourg/hameau (ou à défaut, date ou période d'arrivée de l'eau potable dans chaque bourg/hameau),
- le temps de séjour de l'eau dans les canalisations desservant les bourgs/hameaux s'il est connu.

Vous pourrez compléter les données dont vous disposez, en sollicitant en tant que de besoin les collectivités (notamment en fonction des missions et responsabilités éventuellement déléguées), en consultant les archives des anciennes Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt¹, (dossiers de subvention pour le raccordement aux réseaux d'alimentation en eau potable), en analysant des photos aériennes de la commune (mise en évidence de l'évolution de l'urbanisation), etc.

Par ailleurs, ces informations relatives au réseau de distribution font partie du descriptif détaillé des réseaux des services publics de l'eau prévu par le décret n°2012-97 du 27 janvier 2012 susmentionné et devant être établi par les collectivités organisatrices des services d'eau pour le 31 décembre 2013. Les informations collectées dans le cadre de la présente demande faciliteront par la suite l'élaboration de ce descriptif détaillé.

Vous pourrez reporter ces informations sur un plan de réseaux sur lequel apparaîtront également l'unité de production, le(s) réservoir(s), le bâti et les noms des différents hameaux/antennes desservis.

Enfin, vous voudrez bien indiquer s'il existe une modélisation hydraulique de ces réseaux.

Il est à noter que dans le cas où toutes les canalisations d'une UDI ne sont pas en PVC, ou sont en PVC et posées après 1980, il n'y a pas de risque d'exposition au CVM, et que par conséquent, vous n'avez pas à transmettre l'ensemble des informations ci-dessus. Néanmoins, vous voudrez bien me l'attester par écrit.

Mes services se tiennent à votre disposition pour toute information complémentaire.

P/Le Directeur Général
de l'Agence Régionale de Santé
la Responsable du Département Veille
et Sécurité Sanitaires

Corinne FELIERS

Copie : distributeur

¹ devenues la Direction Départementale des Territoires (DDT)

Annexe 3 : Tableaux détaillés de notations des communes à hiérarchiser

Notation du paramètre densité de population

Commune	Hab/ Km de réseau	Note	Commune	Hab/ Km de réseau	Note
ECQUEVILLY	151,77	4	JUZIERS	162,91	4
MOISSON	63,3	2	MEZY SUR SEINE	121,44	3
BOINVILLIERS	59,06	2	MUREAUX	356,63	4
ROSAY	43,2	1	GAILLON SUR MONTCIENT	80,82	3
FLACOURT	56,03	2	JAMBVILLE	62,67	2
BENNECOURT	132,55	3	LAINVILLE EN VEXIN	59,47	2
FRENEUSE	105,07	3	MONTALET LE BOIS	39,99	1
GOMMECOURT	79,49	3	OINVILLE SUR MONTCIENT	98,93	3
JEUFOSSE	46,21	1	BRUEIL EN VEXIN	61,32	2
LIMETZ VILLEZ	125,22	3	DROCOURT	63,66	2
VILLENEUVE EN CHEVRIE	32,6	1	FONTENAY SAINT PERE	64,53	2
SEPTEUIL	106,27	3	SAILLY	41,3	1
BREVAL	73,13	3	GUITRANCOURT	73,48	3
NEAUPHLETTE	59,53	2	BOIS D'ARCY	295,13	4
GUERNES	97,2	3	FONTENAY LE FLEURY	438,55	4
BREUIL BOIS ROBERT	93,43	3	LES CLAYES SOUS BOIS	290,04	4
BUCHELAY	77,37	3	VILLEPREUX	292,41	4
FOLLAINVILLE DENNEMONT	65,08	2	ADAINVILLE	33,67	1
MAGNANVILLE	221,79	4	LA BOISSIERE ECOLE	37,07	1
MANTES LA JOLIE	455,49	4	BOURDONNE	30,09	1
MERICOURT	61,67	2	LES BREVIAIRES	68,83	2
MOUSSEAUX SUR SEINE	64,57	2	CONDE SUR VESGRE	62,5	2
PORCHEVILLE	143,88	4	EMANCE	47,86	1
ROLLEBOISE	49,6	1	GAZERAN	43,14	1
ROSNY SUR SEINE	136,12	3	GRANDCHAMP	53,03	1
SOINDRES	159,54	4	HAUTEVILLE	13,87	1
DAMMARTIN EN SERVE	100,19	3	HERMERAY	42,77	1
ISSOU	220,21	4	MITTAINVILLE	45,25	1
JOUARS PONTCHARTRAIN	112,33	3	POIGNY LA FORET	61,01	2
MAUREPAS	259,3	4	RAIZEUX	59,7	2
VILLETTE	63,85	2	SAINT HILARION	46,96	1
TRIEL SUR SEINE	186,18	4	SAINT LEGER EN YVELINES	71,54	3
MEULAN	269,79	4	TARTRE GAUDRAN	11,22	1
HARDRICOURT	162,53	4	MAURECOURT	211,01	4

Notation du paramètre « rapport du linéaire de PVC sur le linéaire total de PVC »

Commune	Rapport PVC/linéaire total	Note	Commune	Rapport PVC/linéaire total	Note
ECQUEVILLY	7,20%	3	JUZIERS	0,70%	4
MOISSON	3,40%	3	MEZY SUR SEINE	0,00%	4
BOINVILLIERS	33,10%	1	MUREAUX	0,10%	4
ROSAY	2,90%	4	GAILLON SUR MONTCIENT	2,90%	4
FLACOURT	18,10%	2	JAMBVILLE	3,80%	3
BENNECOURT	4,40%	3	LAINVILLE EN VEXIN	5,00%	3
FRENEUSE	3,10%	4	MONTALET LE BOIS	5,90%	3
GOMMECOURT	7,20%	3	OINVILLE SUR MONTCIENT	5,40%	3
JEUFOSSE	5,00%	3	BRUEIL EN VEXIN	23,10%	1
LIMETZ VILLEZ	16,20%	2	DROCOURT	0,20%	4
VILLENEUVE EN CHEVRIE	14,50%	2	FONTENAY SAINT PERE	13,70%	2
SEPTEUIL	0,70%	4	SAILLY	15,90%	2
BREVAL	20,60%	1	GUITRANCOURT	0,30%	4
NEAUPHLETTE	55,20%	1	BOIS D'ARCY	0,00%	4
GUERNES	3,50%	3	FONTENAY LE FLEURY	3,50%	3
BREUIL BOIS ROBERT	13,80%	2	LES CLAYES SOUS BOIS	3,40%	3
BUCHELAY	3,30%	3	VILLEPREUX	5,00%	3
FOLLAINVILLE DENNEMONT	3,20%	4	ADAINVILLE	22,10%	1
MAGNANVILLE	46,50%	1	LA BOISSIERE ECOLE	34,40%	1
MANTES LA JOLIE	2,80%	4	BOURDONNE	19,50%	2
MERICOURT	0,50%	4	LES BREVIAIRES	25,40%	1
MOUSSEAUX SUR SEINE	20,70%	1	CONDE SUR VESGRE	12,10%	2
PORCHEVILLE	2,40%	4	EMANCE	25,30%	1
ROLLEBOISE	16,10%	2	GAZERAN	38,90%	1
ROSNY SUR SEINE	11,70%	3	GRANDCHAMP	28,30%	1
SOINDRES	5,60%	3	HAUTEVILLE	18,10%	2
DAMMARTIN EN SERVE	18,20%	2	HERMERAY	23,50%	1
ISSOU	16,40%	2	MITTAINVILLE	13,00%	2
JOUARS PONTCHARTRAIN	13,10%	2	POIGNY LA FORET	24,70%	1
MAUREPAS	22,40%	1	RAIZEUX	16,60%	2
VILLETTE	12,90%	2	SAINTE HILARION	29,60%	1
TRIEL SUR SEINE	2,20%	4	SAINTE LEGER EN YVELINES	41,60%	1
MEULAN	0,30%	4	TARTRE GAUDRAN	23,30%	1
HARDRICOURT	0,00%	4	MAURECOURT	2,00%	4

Notation du paramètre « linéaire de PVC antérieur à 1980 ou de date inconnue »

Commune	PVC linéaire total avant 1980 ou inconnue	Note	Commune	PVC linéaire total avant 1980 ou inconnue	Note
ECQUEVILLY	1 895	3	JUZIERS	151	4
MOISSON	473	4	MEZY SUR SEINE	0	4
BOINVILLIERS	1 311	4	MUREAUX	123	4
ROSAY	263	4	GAILLON SUR MONTCIENT	243	4
FLACOURT	244	4	JAMVILLE	512	4
BENNECOURT	482	4	LAINVILLE EN VEXIN	702	4
FRENEUSE	709	4	MONTALET LE BOIS	444	4
GOMMECOURT	214	4	OINVILLE SUR MONTCIENT	609	4
JEUFOSSE	464	4	BRUEIL EN VEXIN	2 424	3
LIMETZ VILLEZ	2 482	3	DROCOURT	19	4
VILLENEUVE EN CHEVRIE	2 091	3	FONTENAY SAINT PERE	2 155	3
SEPTEUIL	159	4	SAILLY	1 429	4
BREVAL	3 150	3	GUITRANCOURT	25	4
NEAUPHLETTE	6 623	2	BOIS D'ARCY	0	4
GUERNES	247	4	FONTENAY LE FLEURY	457	4
BREUIL BOIS ROBERT	1 066	4	LES CLAYES SOUS BOIS	1 824	4
BUCHELAY	0	4	VILLEPREUX	155	4
FOLLAINVILLE DENNEMONT	138	4	ADAINVILLE	3 273	3
MAGNANVILLE	8 658	2	LA BOISSIERE ECOLE	7 627	2
MANTES LA JOLIE	1 078	4	BOURDONNE	2 306	3
MERICOURT	35	4	LES BREVIAIRES	3 609	3
MOUSSEAUX SUR SEINE	342	4	CONDE SUR VESGRE	1 466	4
PORCHEVILLE	211	4	EMANCE	3 608	3
ROLLEBOISE	1 054	4	GAZERAN	5 609	2
ROSNY SUR SEINE	1 672	4	GRANDCHAMP	530	4
SOINDRES	215	4	HAUTEVILLE	1 723	4
DAMMARTIN EN SERVE	1 112	4	HERMERAY	4 184	3
ISSOU	2 060	3	MITTAINVILLE	510	4
JOUARS PONTCHARTRAIN	6 099	2	POIGNY LA FORET	1 022	4
MAUREPAS	16 128	1	RAIZEUX	1 920	3
VILLETTE	1 059	4	SAINT HILARION	3 688	3
TRIEL SUR SEINE	833	4	SAINT LEGER EN YVELINES	5 071	3
MEULAN	0	4	TARTRE GAUDRAN	644	4
HARDRICOURT	0	4	MAURECOURT	0	4

Notation du paramètre « rapport du linéaire de PVC antérieur à 1980 ou de date inconnue sur le linéaire total de PVC »

Commune	rapport PVC 80 ou inc/PVCtot	Note	Commune	rapport PVC 80 ou inc/PVCtot	Note
ECQUEVILLY	100,00%	1	JUZIERS	86,10%	1
MOISSON	92,20%	1	MEZY SUR SEINE	-	0
BOINVILLIERS	86,30%	1	MUREAUX	100,00%	1
ROSAY	100,00%	1	GAILLON SUR MONTCIENT	100,00%	1
FLACOURT	54,20%	3	JAMBVILLE	100,00%	1
BENNECOURT	79,30%	2	LAINVILLE EN VEXIN	100,00%	1
FRENEUSE	60,30%	2	MONTALET LE BOIS	100,00%	1
GOMMECOURT	35,30%	3	OINVILLE SUR MONTCIENT	98,20%	1
JEUFOSSE	100,00%	1	BRUEIL EN VEXIN	91,00%	1
LIMETZ VILLEZ	100,00%	1	DROCOURT	100,00%	1
VILLENEUVE EN CHEVRIE	80,40%	2	FONTENAY SAINT PERE	100,00%	1
SEPTEUIL	100,00%	1	SAILLY	96,60%	1
BREVAL	56,20%	3	GUITRANCOURT	100,00%	1
NEAUPHLETTE	80,00%	2	BOIS D'ARCY	-	0
GUERNES	66,90%	2	FONTENAY LE FLEURY	44,10%	3
BREUIL BOIS ROBERT	100,00%	1	LES CLAYES SOUS BOIS	87,60%	1
BUCHELAY	0,00%	4	VILLEPREUX	8,90%	4
FOLLAINVILLE DENNEMONT	15,00%	4	ADAINVILLE	64,80%	2
MAGNANVILLE	68,00%	2	LA BOISSIERE ECOLE	95,70%	1
MANTES LA JOLIE	41,50%	3	BOURDONNE	70,10%	2
MERICOURT	100,00%	1	LES BREVIAIRES	76,20%	2
MOUSSEAUX SUR SEINE	17,10%	4	CONDE SUR VESGRE	65,00%	2
PORCHEVILLE	40,80%	3	EMANCE	77,70%	2
ROLLEBOISE	79,30%	2	GAZERAN	48,30%	3
ROSNY SUR SEINE	34,10%	3	GRANDCHAMP	31,40%	3
SOINDRES	100,00%	1	HAUTEVILLE	74,30%	2
DAMMARTIN EN SERVE	56,70%	3	HERMERAY	78,20%	2
ISSOU	59,90%	2	MITTAINVILLE	28,40%	4
JOUARS PONTCHARTRAIN	97,30%	1	POIGNY LA FORET	24,20%	4
MAUREPAS	96,80%	1	RAIZEUX	77,90%	2
VILLETTE	100,00%	1	SAINT HILARION	63,60%	2
TRIEL SUR SEINE	59,20%	2	SAINT LEGER EN YVELINES	57,40%	2
MEULAN	0,00%	4	TARTRE GAUDRAN	100,00%	1
HARDRICOURT	-	0	MAURECOURT	0,00%	4

Synthèse de notation

Commune	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	Note globale	Commune	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	Note globale
ECQUEVILLY	4	3	3	1	11	JUZIERS	4	4	4	1	13
MOISSON	2	3	4	1	10	MEZY SUR SEINE	3	4	4	0	11
BOINVILLIERS	2	1	4	1	8	MUREAUX	4	4	4	1	13
ROSAY	1	4	4	1	10	GAILLON SUR MONTCIENT	3	4	4	1	12
FLACOURT	2	2	4	3	11	JAMBVILLE	2	3	4	1	10
BENNECOURT	3	3	4	2	12	LAINVILLE EN VEXIN	2	3	4	1	10
FRENEUSE	3	4	4	2	13	MONTALET LE BOIS	1	3	4	1	9
GOMMECOURT	3	3	4	3	13	OINVILLE SUR MONTCIENT	3	3	4	1	11
JEUFOSSE	1	3	4	1	9	BRUEIL EN VEXIN	2	1	3	1	7
LIMETZ VILLEZ	3	2	3	1	9	DROCOURT	2	4	4	1	11
VILLENEUVE EN CHEVRIE	1	2	3	2	8	FONTENAY SAINT PERE	2	2	3	1	8
SEPTEUIL	3	4	4	1	12	SAILLY	1	2	4	1	8
BREVAL	3	1	3	3	10	GUITRANCOURT	3	4	4	1	12
NEAUPHLETTE	2	1	2	2	7	BOIS D'ARCY	4	4	4	0	12
GUERNES	3	3	4	2	12	FONTENAY LE FLEURY	4	3	4	3	14
BREUIL BOIS ROBERT	3	2	4	1	10	LES CLAYES SOUS BOIS	4	3	4	1	12
BUHELAY	3	3	4	4	14	VILLEPREUX	4	3	4	4	15
FOLLAINVILLE DENNEMONT	2	4	4	4	14	ADAINVILLE	1	1	3	2	7
MAGNANVILLE	4	1	2	2	9	LA BOISSIERE ECOLE	1	1	2	1	5
MANTES LA JOLIE	4	4	4	3	15	BOURDONNE	1	2	3	2	8
MERICOURT	2	4	4	1	11	LES BREVIAIRES	2	1	3	2	8
MOUSSEAUX SUR SEINE	2	1	4	4	11	CONDE SUR VESGRE	2	2	4	2	10
PORCHEVILLE	4	4	4	3	15	EMANCE	1	1	3	2	7
ROLLEBOISE	1	2	4	2	9	GAZERAN	1	1	2	3	7
ROSNY SUR SEINE	3	3	4	3	13	GRANDCHAMP	1	1	4	3	9
SOINDRES	4	3	4	1	12	HAUTEVILLE	1	2	4	2	9
DAMMARTIN EN SERVE	3	2	4	3	12	HERMERAY	1	1	3	2	7
ISSOU	4	2	3	2	11	MITTAINVILLE	1	2	4	4	11
JOUARS PONTCHARTRAIN	3	2	2	1	8	POIGNY LA FORET	2	1	4	4	11
MAUREPAS	4	1	1	1	7	RAIZEUX	2	2	3	2	9
VILLETTE	2	2	4	1	9	SAINTE HILARION	1	1	3	2	7
TRIEL SUR SEINE	4	4	4	2	14	SAINTE LEGER EN YVELINES	3	1	3	2	9
MEULAN	4	4	4	4	16	TARTRE GAUDRAN	1	1	4	1	7
HARDRICOURT	4	4	4	0	12	MAURECOURT	4	4	4	4	16

ANNEXE 2 instruction:

Méthode de prélèvement et d'analyse du CVM dans l'eau du robinet

1/ Prélèvement

Le CVM étant très volatil, il faut être très attentif au moment du prélèvement. Il est conseillé d'utiliser directement les flacons utilisés pour l'analyse et éviter toute opération d'aliquotage (répartition du volume prélevé dans plusieurs flacons). Ces flacons doivent être complètement remplis sans laisser d'espace de tête pour les analyses réalisées par *purge and trap* (norme NF EN ISO 15680), conditions dans lesquelles le CVM reste stable pendant quelques jours. Le chlore n'a pas d'effet constaté sur le CVM : il n'est donc pas nécessaire de neutraliser le résiduel de chlore dans l'échantillon. Néanmoins, la bonne pratique des laboratoires consiste généralement à le pratiquer (ajout de thiosulfate) selon les recommandations de la norme NF EN ISO 15680. Cette neutralisation devient incontournable si d'autres composés tels que les trihalométhanes (THM) sont recherchés dans le même échantillon. La température de l'eau et la concentration en désinfectant (indicateur possible du temps de séjour de l'eau) devront être mesurées systématiquement.

Le prélèvement doit être réalisé après purge des canalisations intérieures, afin de ne pas prélever l'eau y ayant stagné, selon les prescriptions du « Guide technique de prélèvement pour le suivi sanitaire des eaux en application du code de la santé publique » (FD T 90-520).

Remarque : si le prélèvement est effectué pour s'assurer de l'efficacité d'une purge ponctuelle, il faut veiller à vider l'ensemble de la canalisation entre le branchement sur le réseau de distribution d'eau potable et le robinet (ou réaliser le prélèvement au niveau de la purge).

2/ Analyse

Les méthodes analytiques normalisées ne sont pas spécifiques à l'analyse du CVM. La méthode la plus utilisée se fait par mesure de l'espace de tête (méthode dite *head space*). Il est cependant difficile d'atteindre des seuils de quantification inférieurs à 0,5 µg/L avec cette méthode. La technique *purge and trap* (norme NF EN ISO 15680) permet d'atteindre des seuils de quantification plus bas, de l'ordre de 0,1 µg/L. Cependant, tous les laboratoires n'ont pas les moyens de réaliser ce type d'analyse. Le laboratoire en charge des analyses doit :

- bénéficier d'un agrément du Ministère chargé de la santé pour l'analyse de CVM, permettant de garantir des performances compatibles avec la réglementation ;

- prélever les échantillons d'eau directement dans les flacons destinés à l'analyse, afin de supprimer les éventuelles étapes de sous-aliquotage (risque potentiel de sous-estimation de la concentration en CVM dans l'eau) ;

- conserver les échantillons au frais avant analyse ;

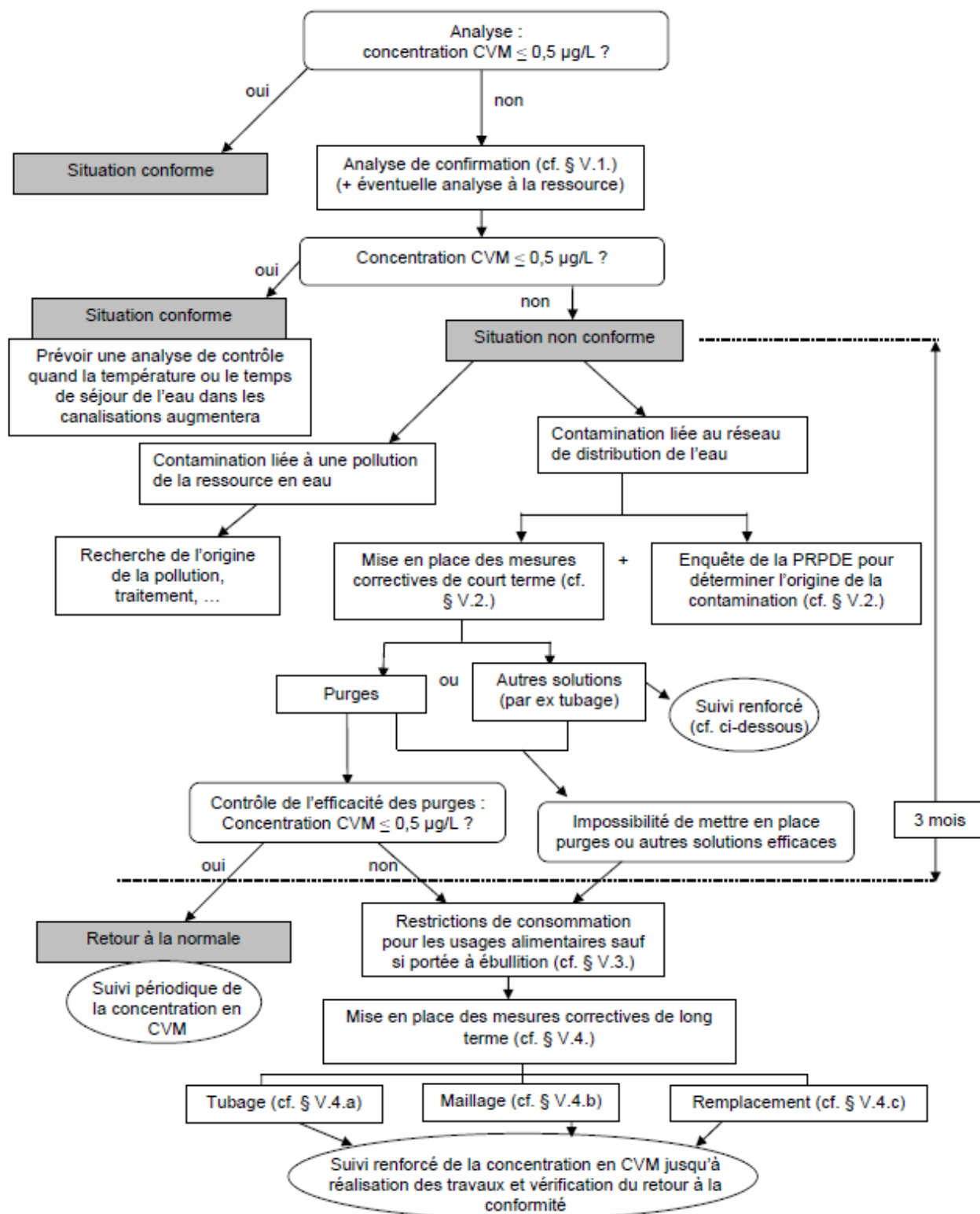
- démarrer l'analyse impérativement dans les 48 heures pour une analyse en *head space* et 5 jours en *purge and trap* ;

- communiquer à l'ARS les résultats positifs (concentration) compris entre limite de détection et limite de quantification, si cette dernière n'est pas meilleure que 0,5 µg/L.

Si les conditions de prélèvements et d'analyses indiquées ci-dessus sont respectées, les résultats obtenus par la méthode *head space* et ceux obtenus par la méthode *purge and trap* sont comparables.

Les conclusions de l'essai interlaboratoire destiné aux laboratoires agréés pour l'analyse du CVM dans l'eau et aux laboratoires des distributeurs d'eau, coordonné par le laboratoire d'hydrologie de Nancy (LHN) de l'Anses pourront conduire à renforcer ces préconisations.

**ANNEXE 3 instruction:
Logigramme en cas de non-conformité**



LAPORTE	Judicael	October 9, 2014
Ingénieur du Génie Sanitaire Promotion 2014		
Health risk management with regard to eventual presence of vinyl chloride monomer in water for human consumption from the Yvelines department		
Délégation Territoriale des Yvelines de l'Agence Régionale de Santé d'Ile-de-France		
<p>Summary:</p> <p>Vinyl chloride monomer is the component part of polyvinyl chloride used in pipe manufacturing process. At the end of the seventies, an additional step was progressively added to the process in order to decrease the PVC pipe's vinyl chloride residual. Pipes manufactured before 1980 could potentially get a high VCM level and are thus, the only ones which are able to lead to VCM migration in water. VCM migration increase with length of PVC pipe, water temperature, the initial VC content and water residence time.</p> <p>VCM could cause liver angiosarcoma and hepatocellular carcinoma. It is a real health challenge with regard to drinking water. The circular note from the French Directorate General for Health DGS/EA4/2012/366 dated October 18, 2012 started a substantive work on it. VCM is not targeted in sanitary control, and that make trouble to identify when limit values have been exceeded.</p> <p>In order to apply the circular note efficiently in the Territorial Delegation of the Yvelines department, it was decided developing tools, using data from water treatment companies to target and/or prioritize high-risk areas and cities. All this is with the aim of providing a relevant sampling plan for the entire department.</p> <p>A mathematical modeling methodology and a method for prioritizing cities were propounded to answer that concern.</p> <p>Modelling methodology is more precise but seems to be difficult to conduct on the entire department currently. It could be a sustainable solution in the future provided that enhancing knowledge. Prioritization methodology is less mathematically sophisticated but works with the available data from water treatment companies and can be undertaken throughout the territory. Thus, the developed tool will allow public health agency of Yvelines to work focused on hazardous points by VCM.</p>		
<p>Key words :</p> <p>Vinyl chloride monomer (VCM) – Polyvinyl chloride pipes – Risk management – Migration – Mathematical modelling – Prioritization – Health control – Sampling plan – Drinking water quality.</p>		
<p><i>L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.</i></p>		

LAPORTE	Judicaël	09 octobre 2014
Ingénieur du Génie Sanitaire Promotion 2014		
Gestion des risques sanitaires liés à la présence éventuelle de chlorure de vinyle monomère dans les eaux destinées à la consommation humaine du département des Yvelines		
Délégation Territoriale des Yvelines de l'Agence Régionale de Santé d'Ile-de-France		
<p>Résumé :</p> <p>Le chlorure de vinyle est le monomère constitutif du polychlorure de vinyle, utilisé dans la fabrication de canalisations. A la fin des années 70, une étape supplémentaire a été introduite dans le process de fabrication afin de réduire la teneur en CVM résiduel dans le PVC. Les matériaux PVC antérieurs à 1980 peuvent potentiellement avoir une teneur en CVM résiduel très élevée, et sont ainsi les seuls à pouvoir induire une migration de CVM dans l'eau. Pour ces canalisations en PVC ancien, le relargage du CVM dans l'eau augmente avec le linéaire des tronçons de canalisations en PVC, la température de l'eau, la teneur en CVM résiduel initiale et le temps de séjour de l'eau dans ces tronçons.</p> <p>Ce composé peut être à l'origine d'angiosarcome hépatique et de carcinome hépatocellulaire. Il représente un véritable enjeu sanitaire lié aux eaux destinées à la consommation humaine. L'instruction DGS/EA4/2012/366 du 18 octobre 2012 a enclenché un travail de fond sur ce paramètre car il n'est pas recherché de manière ciblée lors du contrôle sanitaire. Cela pose problème dans la mise en évidence de dépassement.</p> <p>Afin de mettre en application cette instruction à la Délégation Territoriale des Yvelines, il a été décidé de développer des outils exploitant les données communiquées par les traités d'eau, permettant de cibler et/ou hiérarchiser les communes et les zones à risque d'exposition au CVM. Ceci, afin de créer un plan d'échantillonnage départemental pertinent.</p> <p>Une modélisation mathématique et une hiérarchisation multicritères ont été proposées pour répondre à la demande.</p> <p>La modélisation est plus précise mais difficilement applicable actuellement sur tout le département. Elle pourrait être une solution pérenne dans l'avenir en supposant une amélioration des connaissances. La méthode de hiérarchisation, moins avancée sur le plan mathématique, fonctionne avec les informations issues des traités d'eau, et peut être déployée sur le département entier. Ainsi, l'outil mis en place permettra de travailler sur les points problématiques ciblés.</p>		
<p>Mots clés :</p> <p>Chlorure de vinyle monomère (CVM) – Canalisation en polychlorure de vinyle – Gestion des risques – Migration – Modélisation mathématique – Hiérarchisation – Contrôle sanitaire – Plan d'échantillonnage – Qualité de l'eau potable.</p>		
<i>L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.</i>		