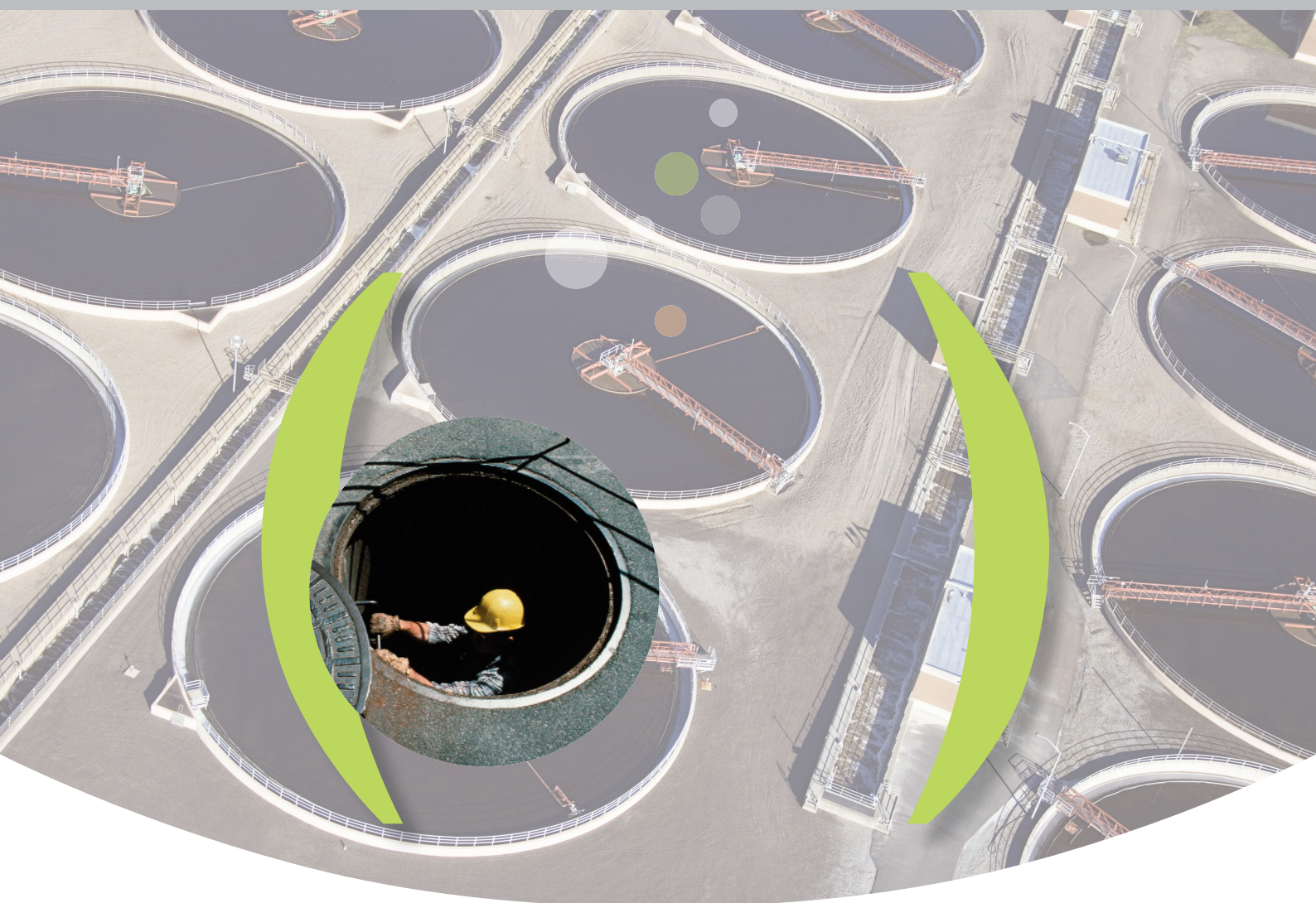


Virus *Influenza* pandémique A (H1N1) 2009

Évaluation du risque sanitaire pour les travailleurs
de l'assainissement des eaux usées

- Note de l'Afsset
- Rapport d'expertise collective



Le Directeur général

Maisons-Alfort, le **09 SEP. 2009**

Note

de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

Relative au
« Virus Influenza pandémique A (H1N1) 2009 : évaluation du risque sanitaire pour les travailleurs de l'assainissement des eaux usées »

Saisine Afsset n° 2009/06 »

Contexte

La survenue d'une nouvelle pandémie grippale, due au virus *Influenza A (H1N1)2009*, a été déclarée par l'OMS le 11 juin 2009. La France se prépare à une telle éventualité depuis plusieurs années, notamment au travers du « plan pandémie grippale ». En 2007, l'Afsset avait évalué comme peu probable une éventuelle contamination des eaux usées par le virus de la grippe aviaire H5N1 et avait recommandé que cet avis soit reconsidéré en cas d'émergence d'un virus pandémique¹.

Le 9 juin 2009, l'Afsset a été saisie en urgence par la Direction générale de la santé (DGS) pour évaluer le risque sanitaire lié aux eaux usées, pour les travailleurs exposés, en cas de contamination des eaux résiduaires par le virus *Influenza A (H1N1)swl*.

Présentation de la question posée

La demande initiale, mentionnée dans le courrier de saisine du 9 juin 2009, se compose de deux parties.

1. La production d'un rapport intermédiaire pour la fin du mois d'août 2009, indiquant :
 - les méthodes de prélèvement, de transport d'échantillons et d'analyses, pertinentes pour détecter les virus A/H1N1swl dans les eaux usées, en précisant leurs performances et les modalités d'interprétation des résultats ;
 - la liste des laboratoires disposant d'une compétence dans le domaine de l'analyse des virus A/H1N1swl dans les eaux usées ;
 - l'efficacité des produits d'inactivation et de désinfection des virus en fonction des caractéristiques des eaux usées ;
 - les mesures de protection à prendre en cas d'épizootie et de transmission humaine de virus A/H1N1swl, vis-à-vis d'une exposition à des eaux contaminées pour la population générale et les travailleurs et notamment ceux des stations de traitement d'eaux

¹ Evaluation du risque sanitaire pour l'homme lié à la présence de virus Influenza aviaire hautement pathogène de sous-type H5N1 ou d'un virus pandémique dérivé de celui-ci dans divers effluents aqueux et eaux de surface, Afsset janvier 2007

résiduaire (égout). Il nous est demandé de préciser si des mesures complémentaires doivent être prises par rapport à celles en vigueur pour ces personnels.

2. La réalisation, dans un deuxième temps, d'une évaluation du risque sanitaire pour l'homme lié à l'exposition à des eaux contaminées par le virus A/H1N1swl.

Limites du champ d'expertise

Dans le contexte d'urgence, compte tenu des données disponibles sur le nouveau virus pandémique et du délai contraint, l'Afsset a précisé dans une note du 24 juin 2009, qu'elle fournirait pour la fin août des éléments de réponse opérationnels relatifs à la protection des agents intervenant dans les stations d'épurations (STEP) et dans les égouts, en cas d'exposition au virus *Influenza A (H1N1)2009*. Il est à noter que seules ces deux catégories de travailleurs sont considérées dans le cadre de cette demande en urgence. Ainsi, les questions suivantes seront abordées :

- les mesures de protection à prendre en cas de transmission humaine de virus *Influenza A (H1N1)2009*, vis-à-vis d'une exposition des travailleurs et notamment ceux des stations de traitement d'eaux résiduaire (égout) et de préciser si des mesures complémentaires doivent être prises par rapport à celles en vigueur pour ces personnels.
- l'efficacité des produits d'inactivation et de désinfection des virus en fonction des caractéristiques des eaux usées ;
- les méthodes pertinentes de prélèvement, de transport d'échantillons et d'analyses pour détecter les virus *Influenza A (H1N1)2009* dans les eaux usées, en précisant leurs performances et les modalités d'interprétation des résultats ;
- la liste des laboratoires disposant d'une compétence dans le domaine de l'analyse des virus *Influenza A (H1N1)2009* dans les eaux usées ;

La seconde partie de la saisine porte sur l'évaluation du risque sanitaire pour l'homme lié à l'exposition à des eaux contaminées par le virus A/H1N1. Comme convenu avec la DGS, l'opportunité de mener à bien un tel travail, pour d'autres populations que les travailleurs du domaine des eaux usées, sera régulièrement évaluée par l'Afsset en fonction de l'évolution de l'épidémie et de la situation sanitaire.

Organisation de l'expertise

Compte-tenu du délai de réponse attendu, cette saisine a été traitée en mode dérogatoire, conformément à la procédure de traitement des saisines en urgence, approuvée par l'Afsset et par ses ministères de tutelle. Un groupe de travail intitulé « H1N1 et eaux usées », composé de 9 experts, a été constitué par l'Afsset. Ces experts sont membres du Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques liés aux eaux et aux agents biologiques » ou issus de précédents groupes de travail, relatifs à la grippe aviaire ou au virus pandémique. Pour mener à bien cette expertise, le groupe de travail s'est réuni physiquement ou par téléphone à trois reprises. Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires, qui a validé le contenu de cette note lors d'une réunion téléphonique le 27 août 2009.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescription générales de compétence pour une expertise (mai 2003) » avec pour objectif le respect des points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

Pour réaliser ce travail, les experts se sont basés sur les données scientifiques et techniques issues de la littérature et des précédents rapports de l'Afsset relatifs aux virus grippaux^{2,3}.

² Évaluation des risques pour la population générale et les travailleurs liés à la présence de virus *Influenza* aviaires hautement pathogènes de sous type H5N1 ou d'un virus pandémique dérivé de celui-ci dans divers effluents aqueux et eaux superficielles, Afsset, février 2007.

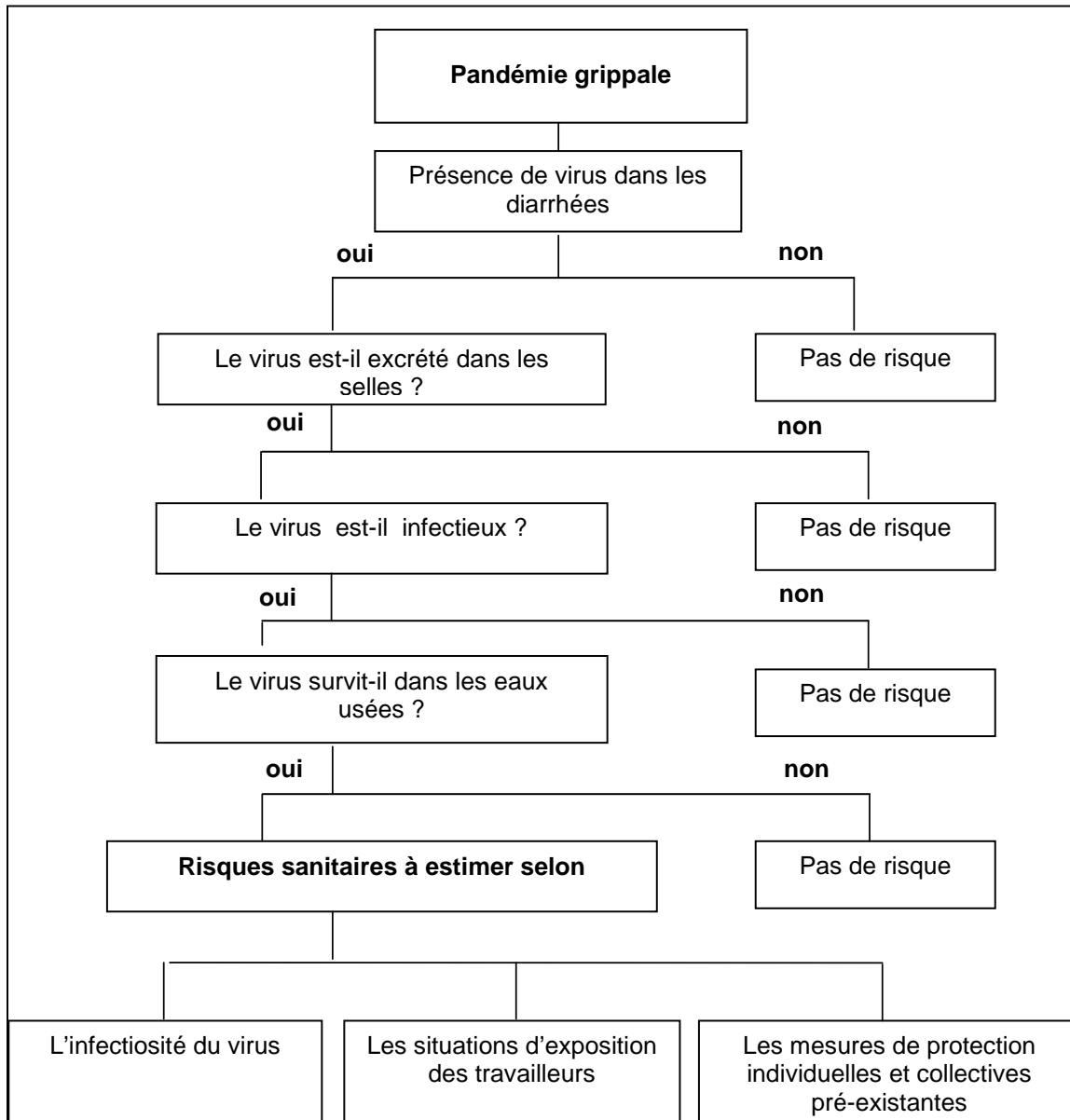
³ Virus *Influenza* aviaires hautement pathogènes de sous-type H5N1 : stratégie d'échantillonnage dans les milieux aquatiques, Afsset mars 2009.

Différents professionnels, scientifiques et responsables administratifs ont également été auditionnés.

Les conclusions et les recommandations présentées dans cette note sont issues du travail d'expertise relaté dans le rapport de l'Afsset de septembre 2009 intitulé « Virus Influenza pandémique A (H1N1)2009 : évaluation du risque sanitaire pour les travailleurs de l'assainissement des eaux usées ».

1- Estimation des risques pour les travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées

L'état des connaissances sur le virus *Influenza A (H1N1)2009* pandémique est à ce jour encore très parcellaire. Aussi, le groupe de travail a choisi de ne pas se restreindre à ce seul sous-type, mais de prendre en considération les informations disponibles sur l'ensemble des virus *Influenza A*. Pour Cela il a été posé comme hypothèse que le comportement du virus *Influenza A (H1N1)2009* pandémique actuellement en circulation serait proche des autres virus *Influenza A* responsables de grippe chez l'homme, notamment celui du virus *Influenza A (H5N1)*. Le raisonnement de l'expertise se fonde sur le schéma suivant :



1.1. Hypothèse d'une contamination des eaux usées par le virus Influenza A (H1N1)2009

La question d'une diffusion possible des virus *Influenza* par les eaux usées s'est posée pour la première fois à la suite de la découverte de la présence du virus *Influenza A (H5N1)* dans les selles de quelques patients contaminés et présentant une diarrhée sévère. Chez ces patients, le génome du virus *Influenza A (H5N1)* avait été mis en évidence à partir de frottis rectaux, par des techniques moléculaires et le pouvoir infectieux du virus avait été établi par culture cellulaire chez l'un d'entre eux. La question est à nouveau posée, cette fois pour le virus *Influenza A (H1N1)2009*, virus à l'origine de l'actuelle pandémie grippale.

Chez l'homme, l'excrétion fécale des virus *Influenza A* et en particulier du sous-type (H1N1)2009 n'est pas démontrée à ce jour. Si de futures recherches démontraient que ce virus n'était pas excrété dans les selles, le risque de contamination des eaux usées pourra être considéré comme nul.

Toutefois, en l'état actuel des connaissances, l'éventualité d'une excrétion fécale ne peut être écartée d'emblée, en raison de l'existence de diarrhées chez 4 à 33 % des patients infectés selon les publications, diarrhées qui pourraient conduire à l'excrétion du virus. Cependant, même si elle existait, cette voie d'excrétion serait vraisemblablement minoritaire, comparée à la voie pulmonaire, laquelle est considérée comme majoritaire pour l'ensemble des virus *Influenza*. De fait, même en présence d'un grand nombre de malades, la quantité de virus présents dans les selles et la contamination des eaux usées devraient rester relativement faibles.

Donc, en admettant qu'il y ait excrétion fécale du virus, il convient d'étudier le maintien du pouvoir infectieux du virus dans les eaux usées.

1.2. Evaluation de la conservation du pouvoir infectieux du virus Influenza A(H1N1)2009 dans les eaux usées

Les eaux usées constituent un milieu complexe qui renferme un grand nombre de composés minéraux, organiques et microbiologiques, susceptible d'influencer le comportement des virus. Dans l'hypothèse où les virus *Influenza A (H1N1)2009* seraient présents dans les eaux usées, ceux-ci seraient soumis à l'action de facteurs physiques (température, rayonnement ultra-violet, etc.), chimiques (pH, force ionique, etc.), ou biologiques (micro-organismes, métabolites, matières organiques, etc.), chacun d'entre eux pouvant favoriser ou inhiber le pouvoir infectieux. Il apparaît donc difficile de prévoir le comportement des virus *Influenza A (H1N1)2009* dans ce milieu. Même s'il semble possible que certaines conditions de température, de pH et de salinité puissent être réunies, dans certaines conditions, pour permettre la conservation du pouvoir infectieux du virus, il est vraisemblable que le pouvoir contaminant de ces eaux serait néanmoins très faible.

1.3. Exposition aux virus grippaux des travailleurs intervenant dans le traitement des eaux usées

En admettant qu'en cas de pandémie grippale, un grand nombre d'individus soit infecté par le virus, que celui-ci soit excrété dans les selles et qu'il conserve son caractère infectieux dans les eaux usées, il convient d'étudier l'éventualité d'une exposition des travailleurs du domaine des eaux usées (égoutiers et travailleurs de STEP).

Trois voies potentielles d'exposition au virus *Influenza A (H1N1)2009* ont été identifiées dans le domaine des eaux usées : l'inhalation d'aérosols, la projection sur la peau et les muqueuses du visage, ainsi que le manu-portage.

Des aérosols peuvent être produits à différents niveaux du réseau de collecte et de traitement des eaux usées. Les situations qui semblent les plus préoccupantes au regard d'un éventuel risque de contamination des eaux usées par le virus, sont les opérations de nettoyage à l'aide de jets d'eau sous pression. Dans une moindre mesure, les travailleurs exposés à des projections d'eaux usées pourraient être contaminés, la porte d'entrée étant principalement

constituée des muqueuses du visage (yeux, nez, bouche). La voie de contamination par manutention n'est également pas à exclure.

Il est à noter que les mesures individuelles et collectives de protection et d'hygiène préconisées pour les travailleurs dans le domaine des eaux usées permettent déjà de limiter grandement le risque microbiologique (organisation du travail, capotage des installations, tenues de travail spécifiques, gants, lavage des mains, etc.).

Quoiqu'il en soit, en admettant qu'une exposition des travailleurs au virus *Influenza A* (H1N1)2009 soit néanmoins possible, il convient d'examiner l'éventualité de la survenue d'une infection par ces voies d'exposition.

1.4. Estimation des risques pour les travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées

Il est important de rappeler que le virus *Influenza A* (H1N1)2009 est un virus respiratoire et que, par conséquent, la voie de contamination interhumaine (contacts de proximité) prévaut sur toute autre voie de contamination, et à fortiori sur celle en lien avec les eaux usées.

Ainsi, en cas de pandémie grippale, les travailleurs du domaine des eaux usées auront une probabilité bien supérieure d'être contaminés au sein de la collectivité (transports en commun, environnement familial, etc.), que par le biais d'eaux usées potentiellement infectées. Ceci d'autant plus que dans le cadre de la préparation à la pandémie grippale, les plans de continuité des entreprises spécialisées dans l'assainissement prévoient de limiter les interventions non indispensables sur le réseau de collecte et de traitement des eaux usées.

En conclusion, tenant compte des éléments exposés ci-dessus et en l'état actuel des connaissances, s'il était démontré que le virus *Influenza A* (H1N1)2009 était excrété dans les selles, l'Afsset estime que le risque de contamination des travailleurs par le biais des eaux usées serait peu probable et négligeable au regard de la contamination interhumaine, considérée comme la voie de contamination principale.

1.5. Recommandations

• Pour les travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées

La présente expertise amène à conclure que le risque de contamination des travailleurs par le virus *Influenza A* (H1N1)2009, via les eaux usées, est peu probable et négligeable. Par conséquent, il semble peu opportun de préconiser des mesures de protection et d'hygiène supplémentaires par rapport à celles déjà existantes pour cette catégorie de travailleurs.

Certaines des mesures de protections, comme le port de masque de protection respiratoire, par exemple, pourraient de surcroît, générer des risques supplémentaires pour cette catégorie de travailleurs, si elles étaient rendues obligatoires dans le cadre de leurs tâches. Ainsi, le port du masque FFP2⁴, outre la gêne respiratoire créée en particulier lors des efforts physiques, pourrait réduire le champ de vision des travailleurs avec des risques d'accidents (chutes, etc.) et retarder la mise en place d'un masque de fuite dans le cas où il serait nécessaire.

• Pour la recherche et le développement

Il convient dès à présent de lancer des travaux de recherche pour évaluer la présence éventuelle du virus *Influenza A* (H1N1)2009 dans les selles des patients contaminés, notamment en cas de troubles digestifs. Si celui-ci était retrouvé en quantité très importante, il conviendrait d'évaluer de nouveau le risque de contamination des travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées. De plus, il serait souhaitable, dans l'hypothèse où le virus *Influenza A* (H1N1)2009 serait retrouvé dans les selles des patients infectés, que celui-ci soit recherché au niveau des installations relatives à la collecte et au transport des eaux usées, ainsi qu'à différents niveaux des STEP.

Pour cela, le développement méthodologique et l'amélioration des techniques de détection du virus dans les eaux usées apparaissent nécessaires. Cette recommandation est par ailleurs

⁴ Masque FFP : « Filtering Facepiece particles » ou pièce faciale filtrante contre les particules

valable pour tous les agents biologiques pathogènes pour l'homme qui sont retrouvés dans ces matrices.

Enfin, compte tenu du manque de connaissance concernant l'exposition réelle des travailleurs aux bio-aérosols viraux et/ou bactériens dans les réseaux de collecte des eaux usées, ainsi que dans les STEP, la réalisation d'études métrologiques dans ces milieux paraît indispensable, de même que la mise en place d'études épidémiologiques pour ces travailleurs.

2. Efficacité des produits d'inactivation et de désinfection des virus Influenza A (H1N1) en fonction des caractéristiques des eaux usées

Les stations d'épuration ne sont, pour la plupart, pas conçues pour éliminer les virus. Il existe cependant des techniques de désinfection des eaux usées telles que, les traitements par le chlore et ses dérivés, l'ozone, les traitements par rayonnements ultra-violet (UV), ainsi que les techniques membranaires. Si ces systèmes peuvent présenter une certaine efficacité sur l'élimination des virus, ils sont très peu utilisés dans les STEP, hormis dans le cadre de la réutilisation des eaux usées traitées. Il est à noter que l'efficacité de ces traitements est fortement conditionnée par la présence de matières organiques dans les eaux usées.

Concernant la désinfection des boues, les techniques disponibles telles que la digestion et la stabilisation thermophiles, le compostage, le chaulage fort, ainsi que la pasteurisation semblent efficaces contre les virus.

3. Techniques de mise en évidence du virus Influenza A (H1N1)2009 dans les eaux usées

3.1. Echantillonnage et prélèvements

Il n'existe pas à ce jour de méthode validée pour réaliser les prélèvements d'eau contaminée par le virus *Influenza A (H1N1)2009*. Cependant, il sera possible de s'appuyer sur la méthode décrite dans le projet RIVERS⁵ concernant les virus *Influenza* aviaires ainsi que la norme AFNOR XPT 90-451⁶ concernant les entérovirus. S'agissant des conditions précises d'échantillonnage et de prélèvement des eaux usées sur le réseau de collecte et dans les STEP, il n'est pas possible de les définir a priori. En effet, le choix du lieu de prélèvement, des volumes prélevés, des techniques de prélèvement, etc., sera fonction des conditions sanitaires du moment, des conditions environnementales et du niveau d'exposition que l'on souhaite mettre en évidence.

Le niveau de charge en matières organiques des eaux usées sera également à prendre en compte dans le choix de cette méthode :

- s'il s'agit d'une eau « propre », une étape de concentration pourra être réalisée sur site, comme cela est réalisé pour la recherche des entérovirus ;
- s'il s'agit d'eau chargée en matières organiques ou en boues/sédiments, les échantillons seront directement acheminés pour analyse au laboratoire.

⁵ <http://www.manuguerra.eu/rivers/>

⁶ Norme AFNOR XPT 90-451 : Essais des eau x- Recherche des entérovirus – Méthode par concentration sur laine de verre et détection par culture cellulaire.

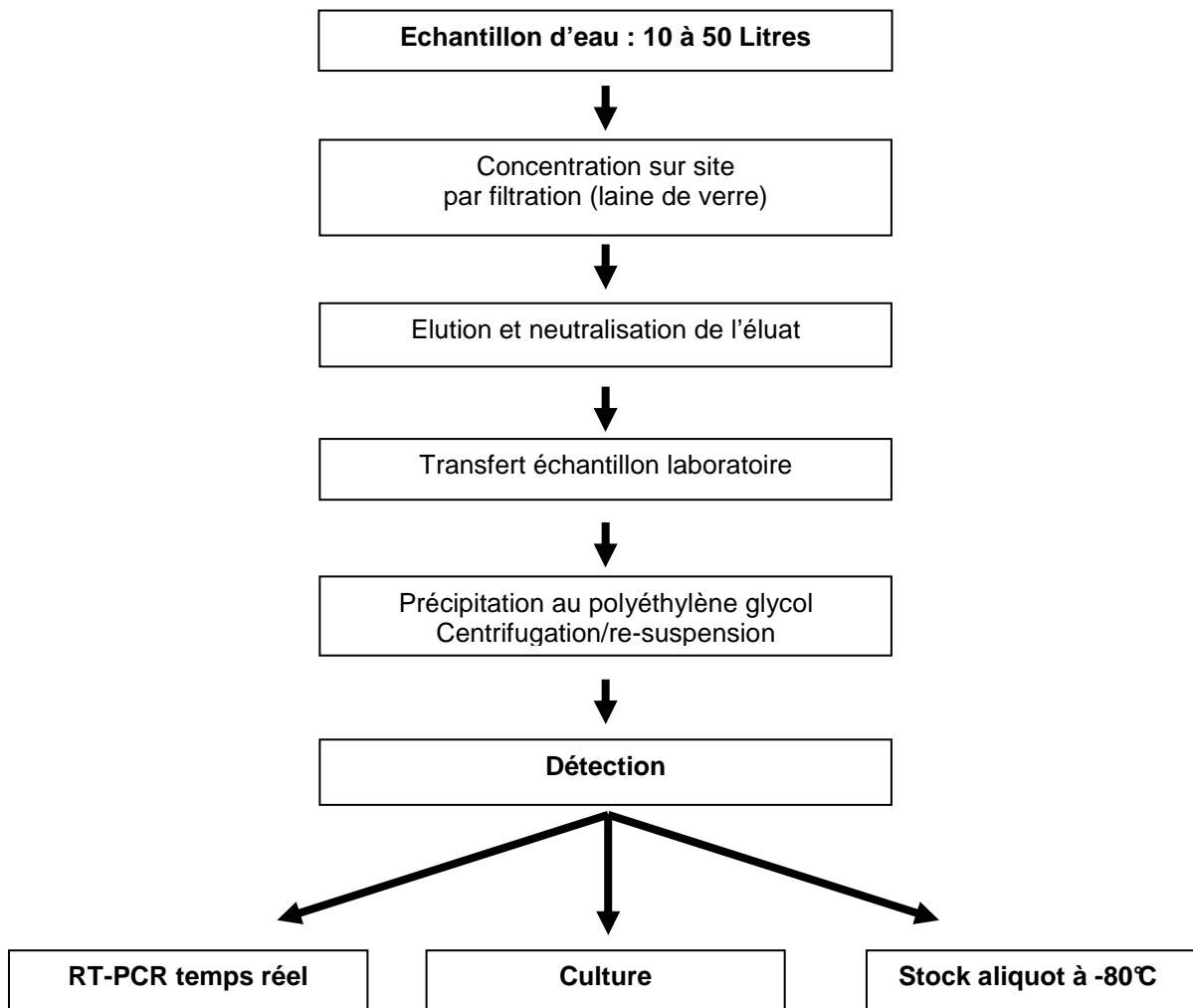
3.2. Transport au laboratoire

En l'absence, ce jour, d'une réglementation encadrant le transport du virus *Influenza A(H1N1)2009*, il conviendra d'assimiler les échantillons d'eaux usées aux échantillons humains et d'appliquer les mêmes règles de transport (transport catégorie B, type UN33.73 - ADR 2.2.62.1). L'envoi des échantillons se fera dans un triple emballage, conforme à la norme P650.

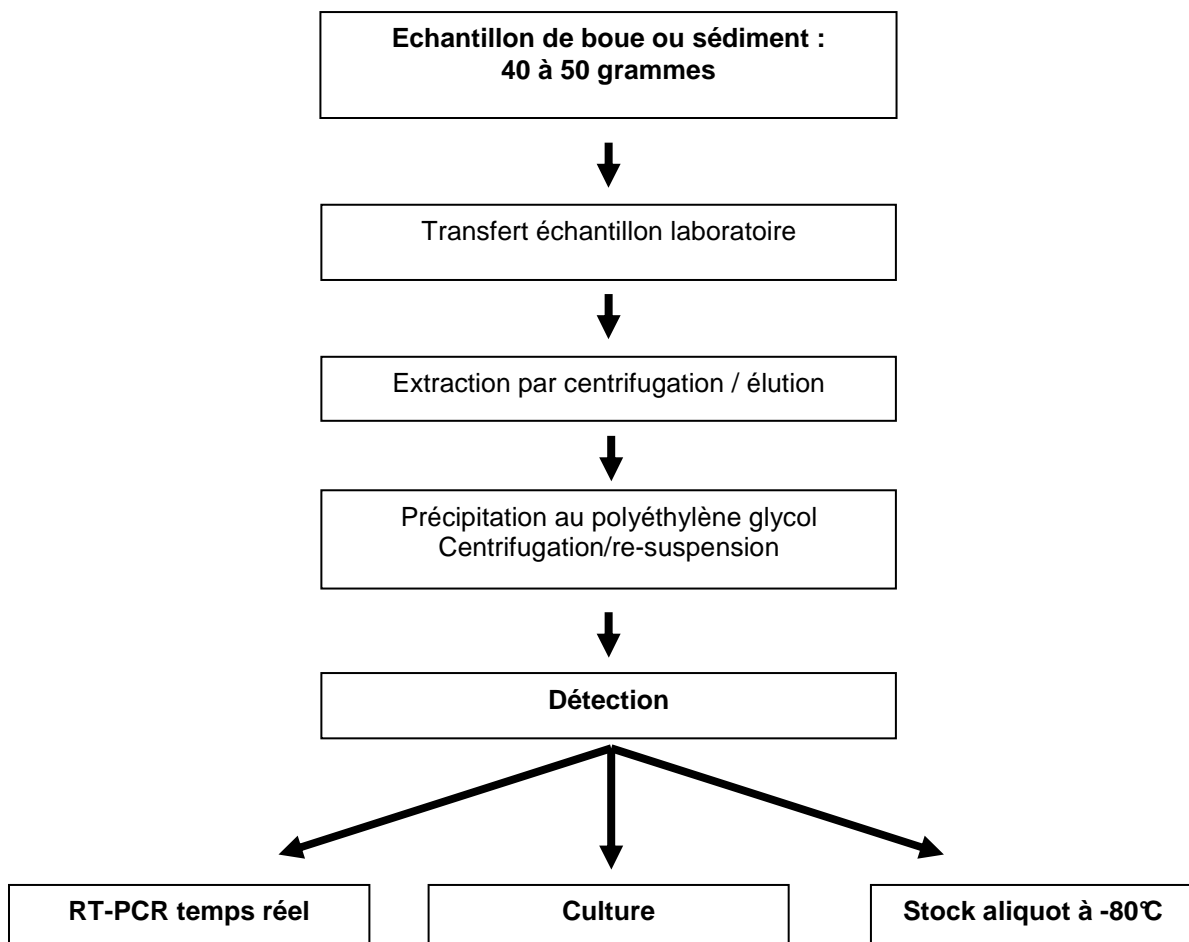
3.3. Méthodes d'analyses

La détection et l'analyse des échantillons potentiellement contaminés par le virus *Influenza A(H1N1)2009* devra être réalisée dans un laboratoire de niveau P2 et selon les recommandations de l'OMS : port de combinaison, lunettes, masque chirurgical et manipulation sur un poste adapté. Deux principes d'analyses des virus *Influenza A(H1N1)2009* peuvent être proposés en fonction du type de matrice :

- Principe d'analyse d'un échantillon « eau propre », peu chargé et filtrable :



- Principe d'analyse d'un échantillon boue/sédiment ou chargé et/ou non filtrable :



La technique de RT-PCR⁷ en temps réel, après la phase d'extraction de l'échantillon, permet l'obtention des résultats en 4 heures mais cette technique ne rend compte que de la présence du génome viral, non de son pouvoir infectieux. Seule la technique de culture permet de prouver que le virus peut se multiplier et donc être infectieux, elle nécessite cependant 6-7 jours pour l'obtention des résultats.

⁷ Reverse transcriptase - polymerase chain reaction

4. Liste des laboratoires compétents pour les prélèvements et analyses du virus dans les eaux usées

Tous les laboratoires spécialisés dans la recherche des entérovirus sont compétents pour réaliser des prélèvements d'eaux usées potentiellement contaminées par le virus *Influenza A (H1N1)2009*.

De même, les laboratoires appartenant au réseau Biotox Eau sont également en mesure de faire les prélèvements et les analyses d'eaux usées potentiellement contaminées par le virus *Influenza A (H1N1)2009*.

Les 37 laboratoires appartenant au réseau Grippe A sont en mesure de réaliser la détection du virus *Influenza A (H1N1)2009*.



Martin GUESPEREAU

**Virus *Influenza* pandémique A (H1N1) 2009 : évaluation
du risque sanitaire pour les travailleurs de
l'assainissement des eaux usées**

**RAPPORT
d'expertise collective**

Saisine n°2009/006

Groupe de travail *ad hoc* « H1N1 et eaux usées »

Septembre 2009

Mots clés

Aérosol, assainissement, eaux usées, égout, exposition, risque sanitaire, station d'épuration, travailleur, Virus *Influenza A (H1N1)2009*

Rapport : Septembre 2009 • version : finale

Présentation des intervenants

AFSSET

Coordination scientifique

Mme Nathalie DUCLOVEL-PAME - Chef de projets scientifiques, Unité « Eaux et agents biologiques » - Département Santé Environnement Travail

Mr Rémi POIRIER - Chef de projets scientifiques, Unité « Eaux et agents biologiques » - Département Santé Environnement Travail

Melle Marie TEYSSANDIER - Chargée de projets scientifiques, Unité « Eaux et agents biologiques » - Département Santé Environnement Travail

Mme Sylvie ZINI - Chef de l'unité « Eaux et agents biologiques » - Département Santé Environnement Travail

Secrétariat administratif

Mme Agnès BRION

GROUPE DE TRAVAIL

M. Christophe DAGOT – Responsable du département de traitement des eaux de l'Ecole nationale supérieure d'ingénieurs de Limoges

M. Benoît GASSILLOUD – Responsable de l'unité microbiologie de l'AFSSA

M. Jean-Pierre GUT – Directeur de l'institut de virologie du laboratoire de virologie du CHU de Strasbourg

M. Abdel LAKEL – Ingénieur de recherche co-responsable du domaine air / eau du CSTB

Mme Colette LE BACLE – Conseiller médical en santé au travail de l'INRS

Mme Michèle LEGEAS – Professeur – chercheur du génie sanitaire à l'EHESP

M. Patrick MARCHANDISE – Chargé de mission au Conseil général des Ponts et Chaussées à la section sciences et techniques

M. Laurent MOULIN – Responsable recherche et développement des Eaux de Paris

Mme Michèle VIALETTE – Directrice R&D Groupe IPL Santé Environnement Durables (Institut Pasteur de Lille)

AUDITION DE PERSONNALITES EXTERIEURES

Fédération professionnelle des entreprises de l'eau

Mme Béatrice ARBELOT – Déléguée générale

M. Frédéric GOETZ – Président de la commission hygiène et sécurité

Mme Elise LECORNET – Chargée de mission en *santé au travail*, VEOLIA EAU

M. Olivier SCHLOSSER – Médecin épidémiologiste

Ville de PARIS

Mme Aurélie RICHEZ – Conseiller en prévention

Direction générale de la santé

M. Charles SAOUT – Directeur adjoint de la sous direction Prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation

Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris

M. Fabien SQUINAZI – Directeur du laboratoire

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Liste des tableaux	7
1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....	8
1.1 Contexte.....	8
1.2 Objet de la saisine.....	8
1.3 Limites du champ d'expertise	8
1.4 Modalités de traitement	9
2 Synthèse des connaissances sur les virus <i>Influenza A</i>	10
2.1 Hypothèse d'une excrétion fécale des virus <i>Influenza A</i>	10
2.2 Facteurs influençant la conservation du pouvoir infectieux des virus <i>Influenza A</i>	11
2.3 Pathogénicité des virus <i>Influenza A</i>	12
3 Comportement du virus <i>Influenza</i> dans les eaux usées.....	14
3.1 Définition des eaux usées résiduaires urbaines et composition	14
3.2 Description du réseau de collecte et de transport des eaux usées et principe de fonctionnement d'une station d'épuration	15
3.2.1 Les prétraitements	15
3.2.2 Les traitements primaires	15
3.2.3 Les traitements secondaires.....	15
3.3 Hypothèses concernant les possibilités de survie du virus <i>Influenza A</i> dans les eaux usées.....	17
4 Efficacité des filières de traitement des eaux usées vis-à-vis des virus <i>Influenza</i>	19
4.1 Efficacité des filières de traitement des eaux usées	19
4.1.1 Introduction	19
4.1.2 Efficacité par étape, de l'élimination des virus entériques et/ou des indicateurs phagiques au cours du traitement des eaux usées.....	19
4.1.2.1 Traitement primaire.....	19
4.1.2.2 Traitements secondaires	20
4.1.2.3 Traitements tertiaires.....	20
4.1.2.4 Traitements de finition	20
4.1.2.5 Traitement des boues	21
4.1.3 Efficacité globale de l'élimination des virus entériques au cours du traitement des eaux usées	22
5 Exposition des travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées aux virus grippaux.....	23
5.1 Données bibliographiques	23

5.2	Voies possibles d'exposition des travailleurs	23
5.2.1	Exposition par inhalation.....	23
5.2.2	Exposition par projection sur la peau et les muqueuses	23
5.2.3	Exposition par manu-portage.....	23
5.3	Situations exposantes	24
5.3.1	Dans le réseau de collecte des égouts.....	24
5.3.2	Dans les stations d'épuration.....	24
6	Prévention et protection sanitaire des travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées	25
6.1	En réseau de collecte.....	25
6.2	En station d'épuration, en vidange de fosses septiques ou en intervention de surface sur le réseau	25
7	Estimation des risques pour les travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées	26
8	Recommandations	29
9	Efficacité des produits d'inactivation et de désinfection des virus <i>Influenza A (H1N1)2009</i> en fonction des caractéristiques des eaux usées	30
10	Techniques de mise en évidence du virus <i>Influenza A (H1N1)2009</i> dans les eaux usées	31
10.1	Échantillonnage et prélèvements.....	31
10.2	Transport au laboratoire.....	31
10.3	Méthodes d'analyses	31
11	Liste des laboratoires compétents pour les prélèvements et analyses du virus dans les eaux usées	34
	Références bibliographiques	35
	ANNEXES	40
	Annexe 1 : Lettre de saisine	41
	Annexe 2 : Synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts par rapport au champ de la saisine	43

Abréviations

AFNOR	: Agence française de normalisation
Afssa	: Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation
Afsset	: Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
BRM	: Bio-réacteur à membrane
COT	: Carbone organique total
COV	: Composés organiques volatils
DBO5	: Demande biologique en oxygène en 5 jours
DCO	: Demande chimique en oxygène
DGS	: Direction général de la santé
DMI	: Dose minimale infectieuse
FFP2	: Masque FFP : « Filtering Facepiece particles » ou pièce faciale filtrante contre les particules
MEH	: Matière extractible à l'hexane
MES	: Matières en suspension
MVS	: Matières volatiles en suspension
N	: Azote
NF	: Norme française
OMS	: Organisation mondiale de la santé
PSM	: Poste sécurité microbiologique ?
rH	: Indice caractérisant l'état d'oxydation
RT-PCR	: Reverse transcriptase - polymerase chain reaction
SBR	: Sequencing batch reactor
SIAAP	: Syndicat interdépartemental de l'assainissement de l'agglomération parisienne
STEP	: Station d'épuration
TCID	: Tissue culture infectious dose
UFP	: Unité formant plaque
UV	: Ultra violet
VIA	: Virus Influenza aviaire
VIAFP	: Virus Influenza aviaire faiblement pathogène
VIAHP	: Virus Influenza aviaire hautement pathogène

Liste des tableaux

Tableau 1 : Conditions de stabilité des virus <i>Influenza A</i> (H5N1)	12
Tableau 2 : Composition d'une eau usée à la sortie des sanitaires	14
Tableau 3 - Systèmes de traitements des boues et conditions permettant d'obtenir	21

1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

1.1 Contexte

La survenue d'une nouvelle pandémie grippale, due au virus *Influenza A (H1N1)2009* a été déclarée par l'OMS le 11 juin 2009. La France se prépare à une telle éventualité depuis plusieurs années, notamment au travers du « plan pandémie grippale ». En 2007, l'Afsset avait évalué comme peu probable une éventuelle contamination des eaux usées par le virus *Influenza* aviaire de sous-type H5N1 et avait recommandé que cet avis soit reconsidéré en cas d'émergence d'un virus pandémique (AFSSET, 2007).

Le 9 juin 2009, l'Afsset a été saisie en urgence par la Direction générale de la santé (DGS) pour évaluer le risque sanitaire pour les travailleurs du domaine de l'assainissement d'une éventuelle contamination par le virus *Influenza A (H1N1)2009*.

1.2 Objet de la saisine

La demande initiale, mentionnée dans la lettre de saisine (Annexe 1), se compose de 2 parties :

1. la production d'un rapport intermédiaire pour la fin du mois d'août 2009, indiquant :
 - les méthodes de prélèvement, de transport d'échantillons et d'analyses, pertinentes pour détecter les virus A/H1N1swl dans les eaux usées, en précisant leurs performances et les modalités d'interprétation des résultats ;
 - la liste des laboratoires disposant d'une compétence dans le domaine de l'analyse des virus A/H1N1swl dans les eaux usées ;
 - l'efficacité des produits d'inactivation et de désinfection des virus en fonction des caractéristiques des eaux usées ;
 - les mesures de protection à prendre en cas d'épizootie et de transmission humaine de virus A/H1N1swl, vis-à-vis d'une exposition à des eaux contaminées pour la population générale et les travailleurs et notamment ceux des stations de traitement d'eaux résiduaires.
2. dans un second temps, une évaluation du risque sanitaire pour l'homme lié à l'exposition à des eaux contaminées par le virus A/H1N1swl.

1.3 Limites du champ d'expertise

Dans le contexte d'urgence, compte tenu des données disponibles sur le nouveau virus pandémique et du délai contraint, l'Afsset a précisé dans une note du 24 juin 2009, qu'elle fournirait pour la fin août des éléments de réponse opérationnels relatifs à la protection des agents intervenant dans les stations d'épurations (STEP) et dans les égouts, en cas d'exposition au virus *Influenza A (H1N1)2009*. Il est à noter que seules ces deux catégories de travailleurs sont considérées dans le cadre de cette demande en urgence. Ainsi, les questions suivantes sont abordées :

- les méthodes pertinentes de prélèvement, de transport d'échantillons et d'analyses pour détecter les virus *Influenza A* (H1N1)2009 dans les eaux usées, en précisant leurs performances et les modalités d'interprétation des résultats ;
- la liste des laboratoires disposant d'une compétence dans le domaine de l'analyse des virus *Influenza A* (H1N1)2009 dans les eaux usées ;
- l'efficacité des produits d'inactivation et de désinfection des virus en fonction des caractéristiques des eaux usées ;
- les mesures de protection à prendre en cas de transmission humaine de virus *Influenza A* (H1N1)2009, vis-à-vis d'une exposition des travailleurs et notamment ceux des stations de traitement d'eaux résiduaires (égout) et de préciser si des mesures complémentaires doivent être prises par rapport à celles en vigueur pour ces personnels.

La seconde partie de la saisine porte sur l'évaluation du risque sanitaire pour l'homme lié à l'exposition à des eaux contaminées par le virus A/H1N1. Comme convenu avec la DGS, l'opportunité de mener à bien un tel travail, pour d'autres populations que les travailleurs du domaine des eaux usées, sera régulièrement évaluée par l'Afsset en fonction de l'évolution de l'épidémie et de la situation sanitaire.

1.4 Modalités de traitement

Compte-tenu du délai de réponse très contraint, cette saisine a été traitée en mode dérogatoire, conformément à la procédure de traitement des saisines en urgence, approuvée par l'Afsset et par ses ministères de tutelle. Un groupe de travail intitulé « H1N1 et eaux usées », composé de 9 experts, a été constitué par l'Afsset. Ces experts sont membres du Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques liés aux eaux et aux agents biologiques » ou issus de précédents groupes de travail, relatifs à la grippe aviaire ou au virus pandémique. Pour mener à bien cette expertise, le groupe de travail s'est réuni physiquement ou par téléphone à trois reprises. Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires, qui a validé le contenu de ce rapport au cours d'une réunion téléphonique, le 27 août 2009.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescription générales de compétence pour une expertise (mai 2003) » avec pour objectif le respect des points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

Pour réaliser ce travail, les experts se sont basés sur les données scientifiques et techniques issues de la littérature et des précédents rapports de l'Afsset relatifs aux virus grippaux (AFSSET, 2007). Différents professionnels, scientifiques et responsables administratifs ont également été auditionnés.

2 Synthèse des connaissances sur les virus *Influenza A*

Les connaissances sur le virus *Influenza A* (H1N1)2009 pandémique étant à ce jour parcellaires, il a été choisi de tenir compte des informations disponibles sur l'ensemble des virus *Influenza A*, en posant comme hypothèse que les caractéristiques physico-chimiques et le comportement du virus *Influenza A* (H1N1)2009 pandémique actuellement en circulation seraient proches des autres virus *Influenza A*, notamment celui du virus *Influenza A* (H5N1).

2.1 Hypothèse d'une excrétion fécale des virus *Influenza A*

La question d'une diffusion possible des virus *Influenza* par les eaux usées s'est posée suite à la découverte de la présence du virus *Influenza* aviaire hautement pathogène de sous-type H5N1 [VIAHP(H5N1)] dans les selles de quelques patients contaminés et présentant une diarrhée sévère. Chez ces patients, le génome du VIAHP(H5N1) avait été mis en évidence par des techniques moléculaires, à partir de frottis rectaux ; chez l'un d'entre eux, le pouvoir infectieux du virus avait été établi par culture cellulaire (De Jong *et al.*, 2005; De Jong *et al.*, 2006).

La question est à nouveau posée pour le virus *Influenza A* (H1N1)2009, virus d'origine porcine majoritaire, mais contenant des gènes d'origine aviaire et humaine. Ce nouveau virus est à l'origine de l'actuelle pandémie grippale.

Pour répondre à la question d'une diffusion possible du virus *Influenza A* (H1N1)2009 par les eaux usées, il convient tout d'abord de s'interroger sur la possibilité de la présence du virus dans les selles et cela, bien que les virus *Influenza A* soient connus pour leur tropisme respiratoire.

Une excrétion fécale de virus *Influenza A* a déjà été mise en évidence chez les oiseaux, notamment pour le sous-type H5N1 (Webster *et al.*, 1978). Même si ces données ne sont pas toujours transposables à l'homme et doivent donc être prises avec précaution, il apparaît légitime de s'interroger sur cette éventualité chez l'homme.

Deux études, déjà rapportées dans le rapport Afsset (AFSSET, 2007) font état de la présence de génome viral dans des frottis rectaux de patients décédés, atteints de VIAHP(H5N1) (De Jong *et al.*, 2005; De Jong *et al.*, 2006). Il est à noter que la présence de génome viral dans les selles ne signifie pas que le virus est infectieux, celui-ci pouvant être inactivé par certaines enzymes digestives comme les lipases. Dans ce cas, seule la mise en culture cellulaire pourrait mettre en évidence son pouvoir infectieux. L'une des deux études rapporte effectivement que le virus a été isolé par culture cellulaire à partir d'un frottis rectal d'un des sept patients décédés (De Jong *et al.*, 2005; De Jong *et al.*, 2006).

S'agissant de la grippe pandémique qui sévit actuellement et due au virus *influenza A* (H1N1)2009, plusieurs publications rapportent l'existence de troubles digestifs chez les patients infectés (vomissements : 10 à 25% des cas ; diarrhées : 4 à 33 % des cas). Ces manifestations, très variables selon les pays, seraient plus fréquentes que dans le cas de la grippe saisonnière (Dawood *et al.*, 2009; Koliou *et al.*, 2009; OMS, 2009a; OMS, 2009b; Shinde *et al.*, 2009).

Cependant, la seule voie de contamination admise étant uniquement la voie respiratoire, les virus *Influenza A* (H1N1)2009 n'ont pour le moment jamais été recherchés dans les selles. Il en est de même pour les autres virus *Influenza* responsables des précédentes pandémies ou épisodes de grippe saisonnière. En outre, la question de la présence du virus dans les selles de patients

atteints de la grippe, mais ne présentant pas de manifestation digestive, reste posée. A ce jour, aucune publication n'a rapporté un tel cas.

Il faut également considérer le fait que la présence d'une diarrhée chez les patients atteints de la grippe *Influenza A (H1N1)2009* ne préjuge pas de la présence de virus infectieux dans le tube digestif, cette diarrhée pouvant résulter d'une réaction inflammatoire secondaire à l'infection virale.

S'agissant des vomissements, dans l'éventualité où le virus se trouverait dans l'estomac, le pH du liquide gastrique étant très acide (1-4 unités de pH), il est peu probable qu'il puisse garder son pouvoir infectieux. Il est donc peu vraisemblable que ce mode d'excrétion soit responsable d'une contamination des eaux usées.

En résumé

A ce jour, l'excrétion fécale du virus *Influenza A (H1N1)2009* infectieux n'a jamais été démontrée chez des patients atteints de grippe. Toutefois, cette éventualité ne peut être écartée en raison des manifestations digestives observées chez certains patients contaminés par ce virus.

2.2 Facteurs influençant la conservation du pouvoir infectieux des virus *Influenza A*

Dans l'hypothèse où le virus infectieux serait excrété dans les selles, se pose la question de savoir si celui-ci peut conserver son pouvoir infectieux dans les eaux usées. Pour y répondre, il convient d'étudier les facteurs physico-chimiques qui influencent la conservation du pouvoir infectieux du virus.

L'évolution des connaissances depuis le rapport de l'Afsset (AFSSET, 2007), relatif au virus VIAHP(H5N1), porte essentiellement sur l'influence de la température, de la salinité et du pH sur la conservation de son pouvoir infectieux.

Cette influence a été étudiée par (Brown et al., 2007) qui ont utilisé différentes souches de virus *Influenza A* faiblement (VIAFP) et hautement pathogènes (VIAHP). Les virus ont été dilués dans de l'eau distillée contenant différentes concentrations de sel de mer et incubés, soit à 17°C, soit à 28°C. Les résultats de cette étude montrent que la persistance du pouvoir infectieux est variable d'un sous-type viral à l'autre et également entre deux souches virales d'un même sous-type. De plus, ces résultats montrent que la persistance du pouvoir infectieux des VIAFP ou VIAHP est inversement proportionnelle à la température et qu'à température identique, la persistance du pouvoir infectieux serait plus faible pour les VIAHP que pour les VIAFP (Brown et al., 2007; Brown et al., 2009). Ces résultats montrent, en outre, un effet défavorable du sel de mer sur la persistance du pouvoir infectieux des VIA, plus important sur les VIAFP que sur les VIAHP.

Une nouvelle étude publiée par (Brown et al., 2009) portant cette fois sur la persistance du pouvoir infectieux de différentes souches de VIAHP(H5N1) met en évidence :

- une persistance du pouvoir infectieux viral relativement stable à un pH faiblement basique (7,4 à 8,2), à une température inférieure à 17°C et pour une salinité comprise entre 0 à 20 g/L. Des différences de l'ordre de 30 % existent cependant entre les différentes souches virales ;
- une diminution du pouvoir infectieux viral pour des pH acides (inférieurs à 6,6), pour les températures élevées (> 32°C) et pour une forte salinité (> 25 g/L).

D'autres travaux expérimentaux démontrent très clairement que les VIA sont capables de survivre plus de 60 jours dans de l'eau distillée (Brown et al., 2007; Ito et al., 1995; Stallknecht et al., 1990a; Stallknecht et al., 1990b; Webster et al., 1978). De plus, il a récemment été montré que le VIAHP(H5N1) peut garder son pouvoir infectieux pendant plus de 100 jours à 4°C, mais qu'il n'est

viable que 24 heures à 28°C. Cette étude montre également que le virus est inactivé aux pH extrêmes, inférieurs à 3 et supérieurs à 11 (Shahid *et al.*, 2009).

Par ailleurs, il a été mis en évidence une plus grande stabilité du pouvoir infectieux des VIA dans l'eau distillée, comparé à des milieux plus complexes comme des fèces non diluées ou l'eau de rivière (Shortridge *et al.*, 1998; Stallknecht *et al.*, 1990a; Stallknecht *et al.*, 1990b; Webster *et al.*, 1978). Cette observation peut probablement être expliquée par la présence de micro-organismes dans les fèces pouvant synthétiser des enzymes et d'autres substances biologiques ayant un effet inactivant sur les virus *Influenza A* (Lu *et al.*, 2003). Cependant, ces données sont indicatives et ne doivent pas être extrapolées sans tenir compte des différences existantes entre l'eau distillée et les eaux usées.

Dans le tableau 1 sont résumés les conditions de stabilité des VIA(H5N1) en fonction de différents paramètres étudiés dans les études citées ci-dessus. Ces résultats devront être considérés avec précaution au regard du virus *Influenza A* (H1N1)2009.

Tableau 1 : Conditions de stabilité des virus *Influenza A* (H5N1)

Paramètres	Stabilité du virus
Température	4 à 17 °C
pH	7 à 9
Salinité	< 20 g/L

2.3 Pathogénicité des virus *Influenza A*

On admet jusqu'à présent que la grippe pandémique due au virus *Influenza A* (H1N1)2009 n'est pas plus sévère que la grippe saisonnière. Néanmoins, son taux de mortalité semble être supérieur à celui observé avec cette dernière, où il atteint environ 1/1000. En effet, selon les données publiées par l'OMS le 21 août 2009 (OMS, 2009c), ce taux varie de 0,17 % en Europe à 1,5 % en Amérique.

Il a également été rapporté récemment (Flahault, 2009) que le nombre de décès par syndrome de détresse respiratoire aiguë, faisant suite à une fibrose pulmonaire induite directement par le virus *Influenza*, serait 100 fois plus important lors de l'infection par le virus *Influenza A* (H1N1)2009, que lors de celle par le virus de la grippe saisonnière.

Les groupes à risque de présenter des cas sévères concernent les femmes enceintes, les sujets obèses et les patients présentant une pathologie sous-jacente comme le diabète, les maladies cardio-respiratoires ou un état d'immunodépression (Vaillant *et al.*, 2009). Contrairement à la grippe saisonnière où les cas sévères touchent plutôt les individus après 60 ans, dans le cas de la nouvelle grippe pandémique, ce sont surtout les enfants et les adultes jeunes qui sont touchés. Ainsi, s'agissant de la grippe saisonnière, les statistiques de 2005 à 2008 montrent que 17 % des décès et 32 % des cas de pneumopathie grave ont concerné des patients âgés de 5 à 59 ans contre respectivement 87 % et 71 % chez les sujets infectés par le virus *Influenza A* (H1N1)2009 (Chowell *et al.*, 2009).

Une étude récente, montre que le nouveau virus *Influenza A* (H1N1)2009 utilise, comme les virus grippaux saisonniers, le même récepteur « α 2-6 glycan » pour entrer dans les cellules (Maines *et al.*, 2009). Les récepteurs « α 2-6 glycan » étant situés majoritairement dans le tractus respiratoire supérieur, l'hypothèse d'une transmission du virus *Influenza A* (H1N1)2009 *via* de grosses gouttelettes peut être posée. Or, il a récemment été montré chez le furet, que le nouveau variant (H1N1)2009 se multiplie préférentiellement dans les cellules du tractus respiratoire profond (Munster *et al.*, 2009). Il est également à noter que chez la souris, le furet et le macaque, le virus

Influenza A (H1N1)2009 entraîne des lésions pulmonaires plus graves que ne le fait le virus *Influenza A* saisonnier (Itoh *et al.*, 2009).

A ce jour, la dose minimale infectieuse (DMI) du virus *Influenza A (H1N1)2009* n'est pas totalement connue. Plusieurs études expérimentales menées chez des volontaires sains avec différents virus *Influenza A* ont permis d'étudier leur transmission par instillation d'une solution intra-nasale ou par aérosols. Les résultats indiquent une DMI de l'ordre de 0.6 à 3 unités TCID 50, soit approximativement 0.6 à 3 particules virales, lorsque l'infection est induite par inhalation d'aérosols. Elle est environ 100 fois plus grande (30 à 320 unités TCID 50, soit 30 à 320 particules virales) pour la voie intra-nasale (Altford *et al.*, 1966; Henle *et al.*, 1946; Jao *et al.*, 1965; Little *et al.*, 1979).

En résumé

Selon les informations les plus récentes, le pourcentage de mortalité par syndrome de détresse respiratoire aigu dû au nouveau virus pandémique *Influenza A(H1N1)2009* est supérieur à celui de la grippe saisonnière. A ce jour, il n'est pas possible de déterminer dans quelle partie du tractus respiratoire (haute ou basse) le virus *Influenza A (H1N1)2009* se multiplie préférentiellement. A ce jour, la DMI est estimée à quelques particules par voie aérosolisée et 100 fois supérieure par gouttelettes. Compte tenu de ces incertitudes et des résultats obtenus avec d'autres virus *Influenza A*, il doit être considéré que les voies aérienne et intra-nasale sont deux voies de contamination possibles.

3 Comportement du virus *Influenza* dans les eaux usées

3.1 Définition des eaux usées résiduaires urbaines et composition

Les eaux résiduaires urbaines rassemblent :

- les eaux usées domestiques : eaux vannes issues des sanitaires (douches et toilettes) et eaux usées ménagères issues des autres activités domestiques (cuisine, lavage, etc.) ;
- les eaux usées industrielles, autorisées par arrêté préfectoral à être collectées, transportées et traitées ;
- les eaux pluviales résultant du ruissellement de la pluie sur les surfaces imperméables ;
- les eaux parasites : eaux souterraines s'introduisant dans les réseaux non étanches.

Les eaux usées constituent un milieu complexe, contenant un grand nombre de composés minéraux et organiques, ainsi qu'une flore microbiologique variée. Sont retrouvés également des détergents, désinfectants et de nombreux produits industriels. Ces nombreuses substances influencent de façon positive ou négative la conservation du pouvoir infectieux des virus. Le tableau 2 indique la nature complexe des eaux usées.

Tableau 2 : Composition d'une eau usée à la sortie des sanitaires

Composés		Moyenne	Valeurs extrêmes
Matière solide	(mg/L)	720	350 - 1200
MES	(mg/L)	220	100 - 400
MVS	(mg/L)	165	80 - 275
DBO5	(mg/L)	220	110 - 500
COT	(mg/L)	160	80 - 290
DCO	(mg/L)	500	250 - 1000
Azote	(mg/L)	40	20 - 85
N Organique	(mg/L)	15	8 - 35
N Ammoniacal	(mg/L)	25	12 - 50
Nitrites	(mg/L)	0	0
Nitrates	(mg/L)	0	0
Phosphore	(mg/L)	8	4 - 15
Organique	(mg/L)	3	1 - 5
Inorganique	(mg/L)	5	3 - 10
Chlorures	(mg/L)	50	30 - 100
Sulfates	(mg/L)	30	20 - 50
pH	-	7,5	7 - 8,5
Conductivité	(mS/cm)	-	0,5 - 1
rH	-	-	15 - 23
Température	(°C)	12	5 - 25
Alcalinité	(mg/L)	100	50 - 200
Graisses (MEH)	(mg/L)	100	50 - 150
Coliforme totaux	(/100mL)	10^7 - 10^8	10^6 - 10^9
Enterovirus infectieux	(/100mL)	10 - 10^2	-
COV	(µg/L)	100-400	<100 - >400

D'après (Metcalf et Eddy, 1979)

3.2 Description du réseau de collecte et de transport des eaux usées et principe de fonctionnement d'une station d'épuration

L'assainissement collectif est le mode d'assainissement constitué par un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers un ouvrage d'épuration. Les stations d'épuration (STEP) mettent en œuvre de procédés physico-chimiques et biologiques.

Une station de traitement des eaux usées est constituée d'une filière « eau » aboutissant au rejet d'un effluent aqueux et d'une filière « boue » de boues. Le traitement des eaux usées fait appel à plusieurs types d'opérations unitaires : les prétraitements, les traitements primaires, secondaires et tertiaires.

3.2.1 Les prétraitements

Ils sont constitués des procédés suivants :

- un dégrillage consistant en l'élimination de tout objet, matériel, flottant, transportés par l'eau et pouvant nuire au fonctionnement électromécanique aval ;
- un dessablage permettant l'élimination des sables et graviers entraînés par l'effluent ;
- un dégraisseur éliminant les graisses solides de l'effluent par flottation sous insufflation d'air.

Dégraisseur et dessableur sont souvent groupés dans un ouvrage unique.

3.2.2 Les traitements primaires

La principale opération est la décantation primaire reposant sur le principe de la sédimentation de particules grenues. Une boue minérale fortement fermentescible, récoltée en fond de décanteur rejoint la filière de traitement des boues.

3.2.3 Les traitements secondaires

Les traitements secondaires permettent de réduire la charge polluante dissoute et colloïdale de l'eau. Ce sont principalement des procédés biologiques de type biomasse bactérienne, appelés cultures libre (boues activées) ou fixes (lits bactériens, disques biologiques).

- **Les traitements biologiques** consistent en la mise en contact de l'effluent à traiter avec un écosystème épurateur aéré qui oxyde la matière carbonée en dioxyde de carbone, en eau et en nouveaux micro-organismes, constitués en floccs. Après décantation, ces floccs sont séparés de l'effluent par clarification. Il en résulte des boues concentrées, organiques et plus ou moins minéralisées, qui sont partiellement recyclées. Les boues purgées sont dirigées vers la filière de traitement des boues. Une méthode alternative à la séparation par clarification est la séparation membranaire. Des membranes séparent les boues, de la phase liquide, selon un seuil de coupure défini. Différents types de membrane sont utilisés : microfiltration (seuil de coupure de 10 μm à 0,2 μm) et ultrafiltration (seuil de coupure de 0,1 μm à 1 nm). Les membranes ont la capacité de retenir un certain nombre de microorganismes. Ces procédés sont ainsi souvent plébiscités dans les installations littorales à risques de contaminations microbiologiques (baignade, conchyliculture, etc.). Cependant, la microfiltration, à la différence de l'ultrafiltration, n'arrête pas les virus. Les performances d'épuration affichées ont souvent été déterminées dans le cadre de l'eau potable, à partir de germes test tels que *Pseudomonas diminuta* (0,3 μm) pour tester les membranes de 0,2 μm , *Serratia marcescens* (0,5 μm) pour tester les membranes de 0,45 μm
- **Les cultures libres**

Les systèmes à boues activées sont constitués d'un bassin au sein duquel un écosystème aéré oxyde la matière organique dissoute et particulaire. L'exploitation du système favorise le développement d'une biomasse floculante, séparée par décantation dans un clarificateur.

Le lagunage est un procédé extensif, simulant le fonctionnement d'un plan d'eau. L'eau usée est introduite en surface et circule entre différents bassins (traditionnellement trois). L'épuration est assurée par une microflore naturelle, en faible concentration dans la phase liquide ou adsorbée sur les sédiments en fond de lagune. Le temps de séjour hydraulique dans ces ouvrages varie entre une dizaine de jours et deux à trois mois, assurant ainsi l'efficacité du procédé. Il existe plusieurs types de lagunage : naturel, lorsque l'aération est uniquement due au batillage et aéré, lorsque l'aération est forcée par des aérateurs de surface.

Systèmes alternatifs : certains systèmes reposent sur les principes de l'infiltration de l'effluent dans le sol sur lequel se développent des végétaux supérieurs à croissance rapide (jardins filtrants), des matériaux comme des tourbes, des composts.

Les réacteurs séquentiels (Sequencing batch reactor, SBR) sont des systèmes reposant sur une alternance des phases de remplissage, de réaction de décantation et de purge au sein d'un bassin unique.

- **Les cultures fixes**

Les lits bactériens : les bactéries sont fixées et se développent sur des supports naturels ou synthétiques, grâce à l'arrosage par l'effluent.

Les biofiltres : l'effluent traverse, de manière ascendante ou descendante un média filtrant au sein duquel s'effectue les opérations d'oxydation et de clarification. Les biofiltres nécessitent des opérations de lavage à l'air et à l'eau afin de séparer les particules emprisonnées dans le massif et l'eau épurée. L'aération se fait par insufflation d'air. Ces installations se positionnent en aval d'un procédé physico-chimique de coagulation, floculation, décantation et peuvent traiter selon leur exploitation les matières carbonées ou azotées.

3.2.4 Les traitements tertiaires

Le traitement de l'azote consiste en une première phase de nitrification, sous l'action d'une succession de bactéries autotrophes, oxydant l'azote ammoniacal en azote nitrite et azote nitrate. L'élimination de l'azote est effectuée par dénitrification biologique. Cette seconde phase est généralement effectuée dans un bassin différent situé en tête de station, non aéré et alimenté en azote nitrate par une boucle de recirculation en provenance du bassin d'aération nitrifiant et en carbone soit par l'effluent à traiter, soit par ajout de composé carboné.

Le traitement du phosphore, demandé par la réglementation pour les zones sensibles à l'eutrophisation, est soit physicochimique, soit biologique, soit mixte. Le phosphore peut être précipité par des sels métalliques ou de la chaux directement dans les bassins et enrichir les boues biologiques en phosphore.

Il est à noter que les membranes d'osmose inverse garantissant une désinfection quasi complète des eaux sont parfois installées, notamment lors du recyclage des eaux usées.

3.2.5 Les procédés de désinfection des eaux usées

Ils sont de plusieurs ordres : physique ou chimique. Les procédés les plus classiquement installés sur STEP sont les rayonnements UV à 254 nm et la filtration membranaire. L'efficacité des membranes est certaine pour autant que les seuils de coupure aient été judicieusement choisis. Ainsi, une rétention des bactéries (et des principaux virus) est acquise pour les membranes d'ultrafiltration, alors qu'elle n'est que partielle en microfiltration. Signalons également que les microorganismes ne sont pas détruits mais retenus.

3.2.6 Les traitements de finition

Ils regroupent l'utilisation de traitements pour l'affinage de l'eau ou sa désinfection (charbon actif, ozonation, filtration, échange d'ions, précipitation, stripping). Ces procédés sont utilisés en France de façon très anecdotique.

La clarification permet de séparer par décantation l'eau épurée des boues secondaires issues du traitement biologique. Elle est le traitement le plus fréquemment utilisé.

Le lagunage et la filtration sur filtre à sable sont des traitements d'affinage, dont l'abattement est lié fortement au temps de séjour et à l'ensoleillement pour le lagunage, et à la vitesse de filtration pour la filtration sur sable.

3.2.7 Les traitements des boues

Ils ont pour objectifs principaux de réduire la quantité de matière à évacuer et à les hygiéniser. Ils comprennent plusieurs étapes :

- l'épaississement, qui consiste à augmenter la concentration des boues par séparation liquide solide simple, soit par gravité ou égouttage sur table d'égouttage, soit par centrifugation, soit par flottation ;
- la stabilisation, qui a pour objectif d'assurer une qualité de produit constante. Cette stabilisation peut être biologique (aérobie ou anaérobie (« méthanisation »)), ou chimique, réalisée avec de la chaux, qui bloque l'activité bactérienne, des flocculants minéraux ou des électrolytes de synthèse. Au cours de cette étape, les boues sont plus ou moins hygiénisées, afin de réduire leurs impacts sanitaires ;
- le conditionnement est effectué préalablement à la déshydratation. Il peut être organique (cationique), minéral (chlorure ferrique et chaux) ou thermique (chauffage à 150 à 300° pendant 30 mn) ;
- la déshydratation, utilisée pour atteindre des taux de siccité de 20 à 30%, est effectuée soit par centrifugation, par filtre-presse, ou par filtre à bande ;
- le séchage qui peut avoir lieu par séchage conventionnel, centrifugeuse séchante ou séchage solaire ;

Enfin, les boues sont évacuées soit en valorisation agricole (épandage, compostage), soit en centre d'enfouissement technique, soit incinérées.

3.3 Hypothèses concernant les possibilités de survie du virus *Influenza A* dans les eaux usées

Les virus, quels qu'ils soient, ne peuvent se multiplier en dehors de cellules vivantes. Ils ne peuvent donc pas *a fortiori* se multiplier dans les eaux usées. Sachant que les virus *Influenza A* sont des virus enveloppés, donc fragiles, leur survie dans les eaux usées est plus ou moins affectée par certains facteurs physico-chimiques et environnementaux. Compte tenu de la composition extrêmement complexe des eaux usées, il semble très difficile de prévoir le comportement des virus *Influenza A* (H1N1)2009 dans ce milieu.

Certaines caractéristiques des eaux usées semblent favorables à la conservation du pouvoir infectieux des virus :

- le pH des eaux usées est généralement compris entre 7,5 et 8,5 donc plutôt basique ;
- la variation annuelle de la température des eaux usées en France métropolitaine est comprise entre 10 et 21°C, en fonction de la localisation géographique de la station d'épuration ;
- les eaux usées constituent un milieu peu salin (environ 0,5 mS/cm), comparé à l'eau de mer (environ 50 mS/cm) ;

En revanche, les eaux usées contiennent de nombreux microorganismes ou enzymes, potentiellement capable de dégrader les particules virales.

La présence de nombreuses molécules protéiques ou organiques dans les eaux usées pourrait protéger le virus contre une dégradation ou favoriser son inactivation. L'effet des interactions entre des virus et de telles molécules est difficilement prévisible.

En résumé

Compte-tenu de ces éléments contradictoires, il est difficile de conclure quant à la rapidité de la dégradation du pouvoir infectieux du virus *Influenza A (H1N1)2009* dans les eaux usées si celui-ci s'avérait y être présent.

4 Efficacité des filières de traitement des eaux usées vis-à-vis des virus *Influenza*

4.1 Efficacité des filières de traitement des eaux usées

4.1.1 Introduction

A ce jour, il existe peu ou pas de données sur le niveau de contamination des eaux usées en virus *Influenza* A (H1N1)2009, ni sur les autres virus *Influenza*, tout comme la résistance et la survie de ces virus dans ce(s) type(s) de milieux complexes. Il semble que ces virus n'aient du reste jamais été recherchés dans les eaux usées.

En l'absence de données scientifiques fondées, l'approche sécuritaire qui semble la plus appropriée pour essayer de répondre à la question relative aux abattements dans les STEP, consiste à se référer aux données existantes sur d'autres virus, notamment celles concernant les virus entériques et/ou les phages.

Les entérovirus et les phages sont les seuls indicateurs disponibles pour évaluer l'efficacité des étapes de traitement des eaux usées vis-à-vis des virus (AFSSA, 2007).

Cependant, les entérovirus sont des virus non enveloppés. Cette propriété leur confère une grande résistance dans l'environnement, à l'inverse des virus *Influenza* qui sont enveloppés donc plus fragiles. Le choix de ces indicateurs trouve sa justification dans le fait que l'on se place dans une configuration de risque maximaliste.

A ce jour, des travaux scientifiques publiés ont permis d'acquérir des connaissances concernant l'efficacité de différents types de traitement (traitement primaire, secondaire, tertiaire et boues) pour réduire la concentration virale des eaux usées. Cependant, notons que ces données sont encore aujourd'hui trop peu nombreuses au vu de la grande diversité des traitements pouvant être utilisés, combinés ou non.

4.1.2 Efficacité par étape, de l'élimination des virus entériques et/ou des indicateurs phagiques au cours du traitement des eaux usées

L'efficacité d'une STEP à réduire la charge virale des eaux usées va dépendre des différentes étapes de traitement mises en jeu. Il faut cependant garder en mémoire que les STEP ne sont pas conçues *a priori* pour éliminer les charges virales. Il est à noter également qu'un abattement de 90% représente une diminution de la charge virale de 1 log et qu'un abattement de 99% ne représente qu'une diminution de 2 log.

4.1.2.1 Traitement primaire

Globalement, l'étape primaire de décantation, chargée d'éliminer des eaux usées la fraction la plus grossière des matières décantables, devrait permettre d'éliminer les virus et/ou les indicateurs phagiques adsorbés sur les matières en suspension, par sédimentation.

L'efficacité d'élimination mesurée sur des virus entériques et les phages varie selon les études entre 0% et 83% (Ignazzitto *et al.*, 1980; Irving et Smith, 1981; Leong, 1983; Morris, 1984; Payment *et al.*, 1986; Rose *et al.*, 1996; Sherman *et al.*, 1975). Une élimination des coliphages somatiques a été mesurée entre 0,3 et 0,5 log (Lucena *et al.*, 2004; Tanji *et al.*, 2002). L'addition au cours de ce traitement de produit chimique permettant d'aider à la floculation (Fe_2Cl_3) peut

améliorer l'efficacité. Il est important de moduler les résultats sur les phages, la production, notamment de phage somatique, au sein de la flore bactérienne intrinsèque n'étant pas prise en compte dans ces études, ce qui pourrait également expliquer la forte dispersion des résultats.

En conclusion, l'efficacité de l'étape de décantation reste très variable, avec des résultats peu significatifs. Elle ne permet pas à elle seule d'éliminer la totalité des virus présents dans les eaux usées.

4.1.2.2 Traitements secondaires

Les pourcentages d'élimination retrouvés dans la littérature varient également d'une étude à l'autre : de 0 à 30% selon Morris (Morris, 1984), de 28 à 93% pour Irving and Smith (Irving et Smith, 1981) et de 98% pour Rose et al. (Rose et al., 1996). Au cours de cette opération, les virus seraient d'une part adsorbés par des particules de floc et d'autre part éliminés par l'action de la microflore des boues (Hurst et Gerba, 1989; Kim et Unno, 1996). Pour les bactériophages, il est observé un pourcentage d'élimination de 73% (Zaiss et Hennies, 1988). Lucena et al. (Lucena et al., 2004) mesurent une élimination comprise entre 1,5 et 1,6 log pour les coliphages somatiques et les bactériophages F-spécifiques. Ils indiquent également dans leurs travaux que l'ajout de Fe_2Cl_3 améliore l'élimination au cours de cette étape secondaire (Lucena et al., 2004). Plus récemment (Zhang et Farahbakhsh, 2007) montrent qu'il est possible d'éliminer entre 1,5 et 2,3 log de coliphages somatiques, lors d'un traitement secondaire combinant aération et décantation secondaire et entre 0,8 à 2,2 log pour les bactériophages F-spécifiques (Zhang et Farahbakhsh, 2007). Il faut cependant noter que l'efficacité du traitement secondaire peut être ralentie par des conditions anaérobies ou par l'abaissement de la température (Shimohara et al., 1984).

Les nouveaux procédés de traitement tels que les réacteurs biologiques à membrane, s'ils sont très efficaces vis-à-vis des indicateurs de contamination fécale, ne semblent pas avoir une efficacité plus importante vis-à-vis des virus que les traitements classiques (Zhang et Farahbakhsh, 2007).

Des systèmes membranaires peuvent être utilisés en STEP. Ces systèmes sont utilisés également en eau potable sur des germes tests de type bactérien, parasites ou viraux (phage ARN F-spécifique MS2). Leurs performances sont souvent transposées au traitement des eaux usées, avec des abattements allant jusqu'à des valeurs déclarées très importantes. Il faut cependant être prudent quant à ces performances déclarées, puisqu'elles dépendent des valeurs initiales (entrée du module membranaire) et surtout de la typologie de la membrane (micro ou ultrafiltration, osmose inverse) et de son exploitation (valeur de la pression transmembranaire notamment). Ainsi l'abattement de ces systèmes sur les phages n'est que de l'ordre de 3 log pour les eaux usées.

4.1.2.3 Traitements tertiaires

Les résultats obtenus sur les virus entériques sont très variables selon le type de traitement appliqué. Ainsi, Nieuwstad et al. (Nieuwstad et al., 1988) précisent que le traitement de déphosphatation appliqué aux effluents secondaires présente une efficacité très variable pour les virus (entre 1 et 2,3 log).

Le lagunage tertiaire permet selon Morris un abattement de 2 log sur les entérovirus (Morris, 1984).

4.1.2.4 Traitements de finition

Peu de STEP en France sont équipées d'un système de désinfection tertiaire, hormis celles qui pratiquent la réutilisation des eaux usées traitées, notamment pour des usages agricoles ou d'arrosage d'espaces verts.

Le traitement de désinfection associant filtration sur sable et chloration montre une élimination de 0,4 log et 2,6 log pour les coliphages somatiques et de 0,3 à 2,8 log pour les bactériophages F-spécifiques (Zhang et Farahbakhsh, 2007).

L'efficacité des traitements de désinfection des eaux usées est dépendante de l'état particulière des virus dans les eaux à traiter et peut être fortement altérée par la présence de matière organique.

Ainsi, selon Shoenen (Schoenen, 2001), les procédés utilisant le chlore ou bioxyde de chlore ou l'ozone sont efficaces sur des particules virales libres, mais rendus inefficaces lorsque les particules virales sont associées aux matières fécales.

L'ozonation et les traitements UV ont des efficacités similaires. Globalement, pour des doses de 5 à 10 mg/L d'ozone ou de 400 J/m² (pour le traitement U.V.) dans les eaux résiduaires, les abattements de titres sont de 1 à 3 log décimal selon les phages considérés. Les traitements de désinfection dans l'eau potable sont également bien documentés. Si l'on s'intéresse aux phages et aux entérovirus, il semble que l'ozone soit le traitement le plus efficace (0,4 ppm pendant 4 min induit un abattement de 2 à 4 log).

Le chlore semble également assez efficace avec des Ct (concentration multipliée par le temps de contact) de l'ordre de 1,1 à 2,5 pour un abattement de 2 log. Ces résultats sur l'eau potable sont difficiles à extrapoler sur les eaux usées.

4.1.2.5 Traitement des boues

Le traitement des eaux génère des boues primaires ou secondaires. Le mélange des boues primaires et secondaires constitue les boues mixtes. L'analyse de ces différentes catégories de boues est susceptible de révéler des concentrations en virus et/ou en phages dans des proportions qui varient selon l'origine des boues et selon la méthode analytique employée pour les détecter (Schwartzbrod et Mathieu, 1986). La concentration en entérovirus dans les eaux usées est estimée entre 10² à 10⁴ particules virales par g de matière brute (Carrington, 2001).

Les différents traitements employés sur les boues ont pour objectifs d'une part de limiter leur fermentation en les stabilisant par différents procédés physico-chimiques et d'autre part de réduire leur volume par des procédés de déshydratation. Ces différents traitements pourront avoir une influence plus ou moins importante sur les virus infectieux présents dans les boues selon leur durée d'application. Globalement, quatre facteurs semblent être à la base de l'inactivation des virus entériques au cours du processus de traitement : l'élévation de la température, la déshydratation, l'élévation du pH et l'action des microorganismes.

Le tableau présenté ci-dessous issu du rapport Afssa (AFSSA, 2007) basé sur la revue d'Elissalde et al. (Elissalde *et al.*, 1994), propose une classification des traitements des boues au regard de leur efficacité sur tous les microorganismes pathogènes potentiellement présents (virus, bactéries, parasites).

Tableau 3 - Systèmes de traitements des boues et conditions permettant d'obtenir un abattement de 4 log sur les bactéries

Traitements efficaces (4 log)	Conditions
Digestion thermophile	55°C, 10 jours
Stabilisation thermophile	55°C, 10 jours
Compostage bien conduit	50-60°C, 15-30 jours
Chaulage fort	pH 12, 10 jours
Pasteurisation	70°C, 3h

D'après (Elissalde *et al.*, 1994)

Les mesures sur la concentration virale dans les boues sont peu nombreuses en France. Il semble que la charge virale soit assez sujette à variation, soit à cause des méthodes analytiques, soit à cause de l'origine des pollutions. Il est donc difficile d'extrapoler ces résultats au virus *Influenza A* (H1N1) 2009.

Les traitements sur les boues semblent efficaces contre les virus, notamment contre les entérovirus. En particulier, les procédés thermiques ou conduisant à une montée en température (compostage, chaulage) peuvent être retenus. Cependant, les boues les plus liquides (boues fraîches, non hygiénisées) pourraient être le milieu le plus propice à la diffusion des virus.

4.1.3 Efficacité globale de l'élimination des virus entériques au cours du traitement des eaux usées

Il existe peu de données bibliographiques concernant l'efficacité globale des traitements des eaux usées sur les virus. Ce faible nombre de données peut être attribué à la complexité des études à mettre en place sur ce type d'ouvrage, à la grande variété des milieux à analyser selon les traitements et aux méthodes de détection de ces virus.

Cependant, il faut d'emblée préciser que l'épuration des eaux usées *via* des procédés physico-chimiques et/ou biologiques ne permet pas d'éliminer complètement les virus entériques présents dans les eaux usées, s'ils se trouvent être en très fortes concentrations.

Dans les eaux usées, la concentration en virus entérique infectieux est très variable et peut atteindre 10^4 UFP/L (Carrington, 2001). En effet, Carrington estime qu'en Europe, la concentration en virus entérique infectieux susceptible d'être retrouvée dans les eaux usées traitées varie de 0 à 1000 UFP/L (Carrington, 2001). Lodder and De Roda Husmann retrouvent encore après traitement, des *Enterovirus* et des *Réovirus* infectieux à des concentrations de 5 à 100 UFP/L dans les eaux épurées (Lodder et de Roda Husman, 2005). Aussi, un suivi des rejets de station d'épuration « classique » en région parisienne (boues activées et clarification) entre 2006 et 2009, montre une concentration en entérovirus de l'ordre de 0 à 10 UFP/10L (Moulin *et al.*, *In press*).

Le suivi des stations « classiques » de la région parisienne montre un abattement total moyen d'environ 1,8 log pour les entérovirus (valeur moyenne de 135 virus/10L pour les eaux usées et 2 virus/10L pour les eaux épurées).

Conclusion

Compte tenu de la structure enveloppée des virus *Influenza A* (moins résistants dans l'environnement que les virus nus), en l'état actuel des connaissances, l'utilisation des données d'efficacité des étapes de traitement des eaux usées obtenues avec les entérovirus ou les phages semble possible.

Dans ces conditions, il semble que les stations de traitement d'eau usées soient peu efficaces pour l'élimination des virus *Influenza*. Les seuls procédés réellement efficaces, mais dont les performances contre les virus *Influenza A* restent à valider sont l'ultrafiltration, l'osmose inverse et la désinfection. Cependant, les STEP sont rarement équipées de ces derniers procédés.

Les boues fraîches pourraient être une source de contamination pour les travailleurs des STEP. En revanche, leurs traitements d'hygiénisation sont efficaces contre les virus.

5 Exposition des travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées aux virus grippaux

5.1 Données bibliographiques

L'analyse des données bibliographiques disponibles ne fait pas état de contamination par le virus de la grippe chez les travailleurs des eaux usées. Les seuls effets bien documentés chez cette catégorie de travailleurs concernent des cas de syndromes pseudo-grippaux associés aux toxines d'origine biologique (Thorn et Beijer, 2004). Cependant, les données épidémiologiques, peu nombreuses, ne permettent pas de conclure à une augmentation du risque de maladies infectieuses liées à l'inhalation de bio-aérosols dans les STEP.

5.2 Voies possibles d'exposition des travailleurs

L'exposition des travailleurs et de la population générale au virus *Influenza A (H1N1)2009* est théoriquement la même que pour toutes les autres formes de grippe à transmission interhumaine, soit majoritairement par voie aérienne et par contact de proximité. Cependant, d'autres voies d'exposition doivent être considérées.

5.2.1 Exposition par inhalation

Au cours du procédé, certaines étapes du traitement des eaux peuvent donner lieu à l'émission de fines particules (gouttelettes, aérosols, poussières) qui pourraient être potentiellement contaminées par le virus de la grippe. Les particules les plus fines peuvent être dispersées par les mouvements de l'air et être inhalées par les travailleurs. Bien que la pénétration de ces particules soit fonction de leur granulométrie, les données de la littérature ne permettent pas de conclure sur l'influence de la taille des aérosols, ni sur les distances de contagion (Brankston *et al.*, 2007; Tellier, 2006; Weber et Stilianakis, 2008).

5.2.2 Exposition par projection sur la peau et les muqueuses

Même si cette éventualité reste très peu documentée, l'eau usée potentiellement contaminée par le virus de la grippe peut être projetée directement sur les muqueuses du visage (yeux, bouche, nez) et la peau et constituer une source d'exposition.

5.2.3 Exposition par manu-portage

La fréquence plus élevée de la survenue de troubles gastro-entériques chez les égoutiers comparée à la population non exposée aux eaux usées (Thorn et Beijer, 2004), tend à démontrer qu'une contamination par manu-portage est possible, si le personnel ne porte pas les protections appropriées (gants en particulier) et/ou qu'il ne respecte pas les consignes relatives à l'hygiène. Si un travailleur était contaminé par le virus de la grippe, ce serait probablement en portant aux muqueuses du visage (yeux, nez, bouche), ses mains souillées par le virus. Cependant, les travaux publiés à ce jour sont insuffisants pour permettre d'évaluer l'importance de cette voie, ainsi que les modalités d'infection associées.

5.3 Situations exposantes

Un certain nombre de situations au cours desquelles des travailleurs pourraient être exposés au virus de la grippe ont été identifiées dans la filière assainissement.

5.3.1 Dans le réseau de collecte des égouts

Les personnes travaillant dans les égouts assurent souvent différentes activités. Certaines situations semblent plus à risque que d'autres :

- projections d'eau ou aspersion, lors des « chutes d'eau » dans les émissaires ;
- projections ou déglutition d'eau lors de glissades ou de chutes avec éclaboussures ;
- émission d'aérosols lors d'opération de nettoyage avec de l'eau sous pression.

En situation pandémique, il est possible que les opérations de maintenance courantes dans le réseau soient interrompues, sauf situation d'urgence pouvant avoir un impact en santé publique.

5.3.2 Dans les stations d'épuration

Comme les égoutiers, les travailleurs de STEP assurent souvent différentes tâches. Même si de nombreuses tâches sont automatisées, ces travailleurs peuvent être amenés à entrer en contact avec les eaux usées ou des surfaces souillées par celles-ci.

Certaines situations semblent cependant plus à risques que d'autres :

- la projection d'eau ou l'aspersion, lors du retrait de matériels immergés dans les eaux ;
- le prélèvement d'échantillons d'eaux usées ;
- l'exposition aux aérosols lors du fonctionnement normal de certains équipements comme les systèmes de relevage si ceux-ci ne sont pas capotés ;
- l'exposition lors des étapes de dégrillage ;
- au cours de l'aération des bassins, du fait des aérateurs de surface ;
- lors des opérations d'entretien des ouvrages ou des équipements qui nécessitent l'utilisation de jet d'eau sous pression (curage, décolmatage, etc.) ;
- lors du pelletage des boues ;
- au niveau des bassins de stabilisation aérobie des boues ;
- au moment du dépotage des boues issues de l'assainissement non collectif.

Résumé

En cas de pandémie grippale due au virus *Influenza A(H1N1)2009*, en supposant :

- qu'un grand nombre d'individus soient contaminés par le virus de la grippe ;
- que des virus soient émis dans les selles ;
- que ces particules virales demeurent infectieuses dans les eaux usées et y soient présentes en concentration importante ;

Les modalités d'exposition des travailleurs de la filière assainissement pourraient être les suivantes :

- inhalation d'aérosols provenant des eaux usées brutes ou traitées ;
- contact par projection directe d'eaux usées brutes ou traitées sur la peau ou les muqueuses ;
- manu-portage après contact avec des eaux usées ou des surfaces contaminées par ces eaux.

6 Prévention et protection sanitaire des travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées

6.1 En réseau de collecte

Dans les égouts, les risques sont nombreux et connus de longue date. Le risque le plus important est lié à la présence éventuelle d'une poche de sulfure d'hydrogène. En cas d'inhalation, ce gaz peut provoquer une mort subite. Les risques de chute et le manque d'oxygène dans certains endroits mal ventilés doivent être également pris en considération. Compte tenu de ces éléments, les interventions dans le réseau des égouts sont très précisément codifiées et le personnel titulaire est informé de ces différents risques.

Toute personne amenée à intervenir en égout doit porter les équipements de protection individuels suivants :

- tenue de travail couvrante ;
- casque avec jugulaire, équipé d'une lampe anti-déflagration et de lunettes de sécurité intégrées ou d'un écran facial ;
- gants étanches et résistants avec une longueur de manchette adaptée à la tâche ;
- bottes étanches à semelles antidérapantes (bottes, cuissardes ou pantalon-bottes selon le niveau d'eau prévisible) ;
- harnais avec coulisseau antichute ;
- contrôleur d'atmosphère pour un membre de l'équipe (H₂S, CO, O₂, gaz explosifs) ;
- masque de fuite à porter en cas de mise en alerte du détecteur d'atmosphère ;

Cette liste peut être complétée par un gilet flottant, un moyen de communication (talkie-walkie), en fonction des tâches que l'individu aura à effectuer et du site d'intervention.

6.2 En station d'épuration, en vidange de fosses septiques ou en intervention de surface sur le réseau

Les risques étant connus de longue date, le personnel titulaire est informé et formé. Ces métiers se caractérisent par une large polyvalence de l'opérateur, particulièrement en STEP. De nombreuses tâches sont automatisées et ne requièrent que peu d'intervention humaine.

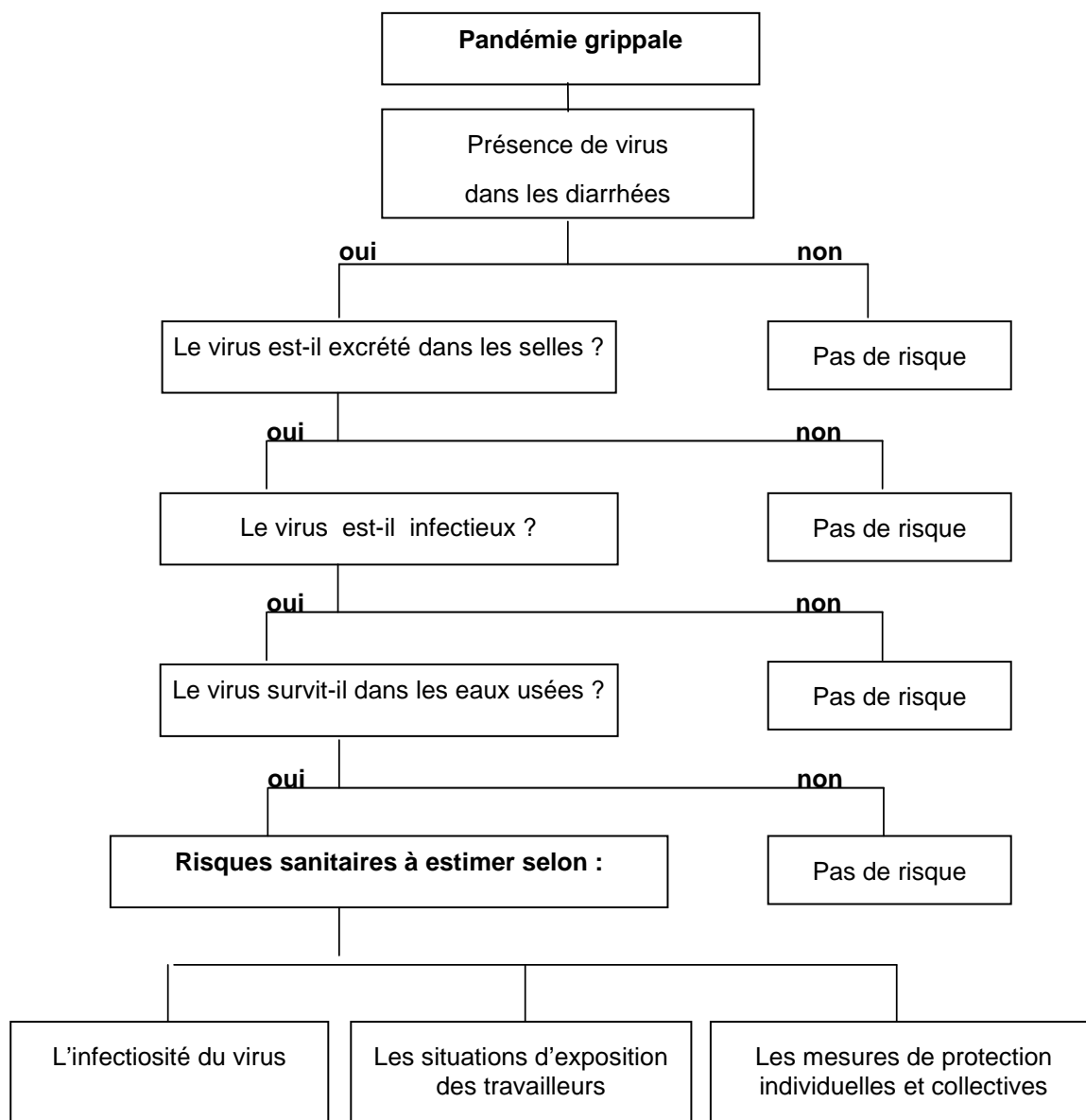
L'opérateur de surface dispose des équipements de protection suivants :

- tenue de travail couvrante à changer aussi souvent que nécessaire ;
- gants résistants avec une longueur de manchette adaptée à la tâche ;
- chaussures de sécurité ou bottes/cuissardes de sécurité selon le niveau d'eau prévisible ;
- lunettes de sécurité ou écran facial.

En fonction des tâches à effectuer, cet équipement peut être complété par un gilet flottant, un harnais, un contrôleur d'atmosphère.

7 Estimation des risques pour les travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées

Cette estimation des risques a été effectuée selon le logigramme suivant :



- **Éventualité d'une contamination des eaux usées par le virus Influenza A (H1N1)2009**

Chez l'homme, l'excrétion fécale des virus *Influenza A* et en particulier du sous-type (H1N1)2009 n'est pas démontrée à ce jour. De plus, si cette voie d'excrétion existait, elle serait vraisemblablement minoritaire comparée à la voie pulmonaire, laquelle est considérée comme majoritaire pour les virus *Influenza A*.

Même en présence d'un grand nombre de malades, la quantité de virus présente dans les selles devrait rester relativement faible et compte tenu de la dilution des matières fécales dans les eaux usées, le niveau de contamination de celles-ci devrait rester relativement faible. De surcroît, si de futures recherches démontraient que le virus n'était pas excrété dans les selles, le risque de contamination des eaux usées pourra être considéré comme nul.

Quoiqu'il en soit, en admettant qu'il y ait excrétion fécale du virus, il convient d'étudier le maintien du caractère infectieux du virus dans les eaux usées.

- **Éventualité du maintien du caractère infectieux du virus influenza A(H1N1)2009**

La conservation du pouvoir infectieux du virus *Influenza A* (H1N1)2009 dans les selles, puis dans les eaux usées, reste à démontrer. En effet, comme indiqué précédemment, les eaux usées constituent un milieu complexe, composé d'éléments susceptibles de pouvoir inactiver les particules virales. En conséquence, il n'est pas possible actuellement, d'une part, de prévoir l'évolution du caractère infectieux du virus *Influenza A*(H1N1)2009 dans les eaux usées, d'autre part, d'indiquer les concentrations de ce virus dans ce type de matrice.

En admettant cependant que le caractère infectieux du virus soit préservé, il convient d'étudier l'éventualité d'une exposition des travailleurs du domaine des eaux usées.

- **Éventualité d'une exposition au virus *Influenza A*(H1N1)2009 des travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées**

Trois voies d'exposition au virus *Influenza A* (H1N1)2009 ont été identifiées dans le domaine des eaux usées : l'inhalation d'aérosols, la projection sur la peau et les muqueuses et le manu-portage.

Des aérosols peuvent être produits à différents niveaux du réseau de collecte et de traitement des eaux usées. Les situations qui semblent être les plus préoccupantes sont les opérations de nettoyage à l'aide de jets d'eau sous pression. Les travailleurs pourraient également se contaminer par le biais de projections d'eau usée sur la peau et les muqueuses ou par manu-portage. Cependant la pénétration du virus semble plus difficile par ces deux voies que par inhalation.

Par ailleurs, les mesures de protection et d'hygiène préconisées pour les travailleurs dans le domaine des eaux usées permettent déjà de limiter grandement le risque microbiologique (lavage des mains, gants, tenues spécifiques, capotage des installations, etc.).

Quoiqu'il en soit, en admettant qu'une exposition des travailleurs au virus *Influenza A* (H1N1)2009 soit néanmoins possible, il convient d'examiner l'éventualité de la survenue d'une infection par ces voies d'exposition.

- **Éventualité de la survenue d'une infection des travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées**

A ce jour, la dose minimale infectieuse du virus *Influenza A* (H1N1)2009 n'est pas connue. Compte tenu des caractéristiques de ce virus respiratoire, la contamination interhumaine semble nettement plus probable que la contamination *via* les eaux usées. Ainsi, en cas de pandémie grippale, un travailleur du domaine des eaux usées aurait beaucoup plus de risque d'être contaminé par la proximité avec un malade (transports en commun, environnement familial, etc.), que par le biais des eaux usées contaminées. Ceci d'autant plus que les différents plans de continuité des

entreprises spécialisées dans l'assainissement des eaux usées prévoient de limiter les interventions non indispensables sur le réseau de collecte et de traitement.

Les boues fraîches sont sources de multiples contaminations par des micro-organismes. Cependant les personnes travaillant à proximité des presses à boues doivent porter des équipements de protection adaptés, compte tenu du nombre important d'agents biologiques, que ces boues contiennent.

- **Estimation des risques pour les travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées**

Compte-tenu des éléments exposés ci-dessus, le risque de contamination de travailleurs du domaine des eaux usées par le virus *Influenza A (H1N1)2009* est jugé nul, ou négligeable, s'il était démontré que le virus était excrété dans les selles.

8 Recommandations

- **Recommandations pour les travailleurs intervenant dans la collecte et l'assainissement des eaux usées**

La présente expertise amène à conclure que le risque de contamination des travailleurs par le virus *Influenza A (H1N1)2009*, via les eaux usées, est jugé nul, ou négligeable. Par conséquent, il semble peu opportun de préconiser des mesures de protection et d'hygiène supplémentaires par rapport à celles déjà existantes pour cette catégorie de travailleurs.

Certaines des mesures de protections, comme le port de masque de protection respiratoire, par exemple, pourraient de surcroît, générer des risques supplémentaires pour cette catégorie de travailleurs, si elles étaient rendues obligatoires dans le cadre de leurs tâches. Ainsi, le port du masque FFP2¹, outre la gêne respiratoire créée en particulier lors des efforts physiques, pourrait réduire le champ de vision des travailleurs avec des risques d'accidents (chutes, etc.) et retarder la mise en place d'un masque de fuite dans le cas où il serait nécessaire.

- **Recommandations de recherche et de développement**

Il convient dès à présent de rechercher le virus *Influenza A (H1N1)2009* dans les selles des patients contaminés.

Si celui-ci était retrouvé en quantité importante, il conviendrait d'évaluer de nouveau le risque de contamination des travailleurs intervenant dans l'assainissement des eaux usées. De plus, il serait souhaitable, dans l'hypothèse où le virus *Influenza A (H1N1)2009* serait retrouvé dans les selles de patients infectés, que celui-ci soit recherché au niveau des installations relatives à la collecte et au transport des eaux usées, ainsi qu'à différents niveaux des STEP.

Pour cela, le développement méthodologique et l'amélioration des techniques de détection du virus dans les eaux usées apparaissent nécessaires. Cette recommandation est par ailleurs valable pour tous les agents biologiques pathogènes pour l'homme qui sont retrouvés dans ces matrices.

Enfin, compte tenu du manque de connaissance concernant l'exposition réelle des travailleurs aux bio-aérosols viraux et/ou bactériens dans les réseaux de collecte des eaux usées, ainsi que dans les STEP, la réalisation d'études métrologiques dans ces milieux paraît indispensable, de même que la mise en place d'études épidémiologiques pour ces travailleurs.

¹ Masque FFP : « Filtering Facepiece particles » ou pièce faciale filtrante contre les particules

9 Efficacité des produits d'inactivation et de désinfection des virus *Influenza A (H1N1)2009* en fonction des caractéristiques des eaux usées

Les stations d'épuration ne sont, pour la plupart, pas conçues pour éliminer les virus. Il existe cependant des techniques de désinfection des eaux usées telles que le chlore et ses dérivés, l'ozone, les traitements UV, ainsi que les techniques membranaires, décrites dans le chapitre 4.1.2.4. Si ces systèmes semblent efficaces sur l'élimination des virus, ils ne sont pas utilisés de façon systématique dans les STEP, mais plutôt dans le cadre de la réutilisation des eaux usées traitées.

Il est à noter que l'efficacité de ces traitements est fortement diminuée par la présence de matières organiques dans les eaux usées. De plus, très peu de stations d'épuration sont équipées d'un dispositif de désinfection de l'effluent.

Concernant la désinfection des boues, les techniques d'hygiénisation sont décrites dans le chapitre 4.1.2.5 et concernent la digestion thermophile, la stabilisation thermophile, le compostage, le chaulage fort, ainsi que la pasteurisation. Ces traitements semblent efficaces contre les virus *Influenza*.

10 Techniques de mise en évidence du virus *Influenza A (H1N1)2009* dans les eaux usées

10.1 Échantillonnage et prélèvements

Il n'existe pas à ce jour de méthode validée concernant les prélèvements d'eau contaminée par le virus *Influenza A (H1N1)2009*. Cependant, il sera possible de s'appuyer sur les travaux publiés par l'Afssa (AFSSA, 2006) et l'Asset (AFSSET, 2009) ainsi que la méthode décrite dans le projet RIVERS² et concernant les virus influenza aviaires ainsi que la norme AFNOR XPT 90-451³ concernant les entérovirus. S'agissant des conditions précises d'échantillonnage et de prélèvement des eaux usées sur le réseau de collecte et dans les STEP, il n'est pas possible de les définir a priori. En effet, le choix du lieu de prélèvement, des volumes prélevés, des techniques de prélèvement, etc., sera fonction des conditions sanitaires du moment, des conditions environnementales et du niveau d'exposition que l'on souhaite mettre en évidence.

Le niveau de charge en matières organiques des eaux usées sera également à prendre en compte dans le choix de cette méthode :

- s'il s'agit d'une eau « propre », une étape de concentration pourra être réalisée sur site (comme cela est réalisé pour la recherche des entérovirus) ;
- s'il s'agit d'eau chargée en matières organiques ou en boues/sédiments, il n'y aura pas d'étape de concentration sur site et les échantillons seront directement acheminés pour analyse au laboratoire.

10.2 Transport au laboratoire

En l'absence, ce jour, d'une réglementation encadrant le transport du virus *Influenza A(H1N1)2009*, il conviendra d'assimiler les échantillons d'eaux usées aux échantillons humains et d'appliquer les mêmes règles de transport (transport catégorie B, type UN33.73 - ADR 2.2.62.1). L'envoi des échantillons se fera dans un triple emballage, conforme à la norme P650.

10.3 Méthodes d'analyses

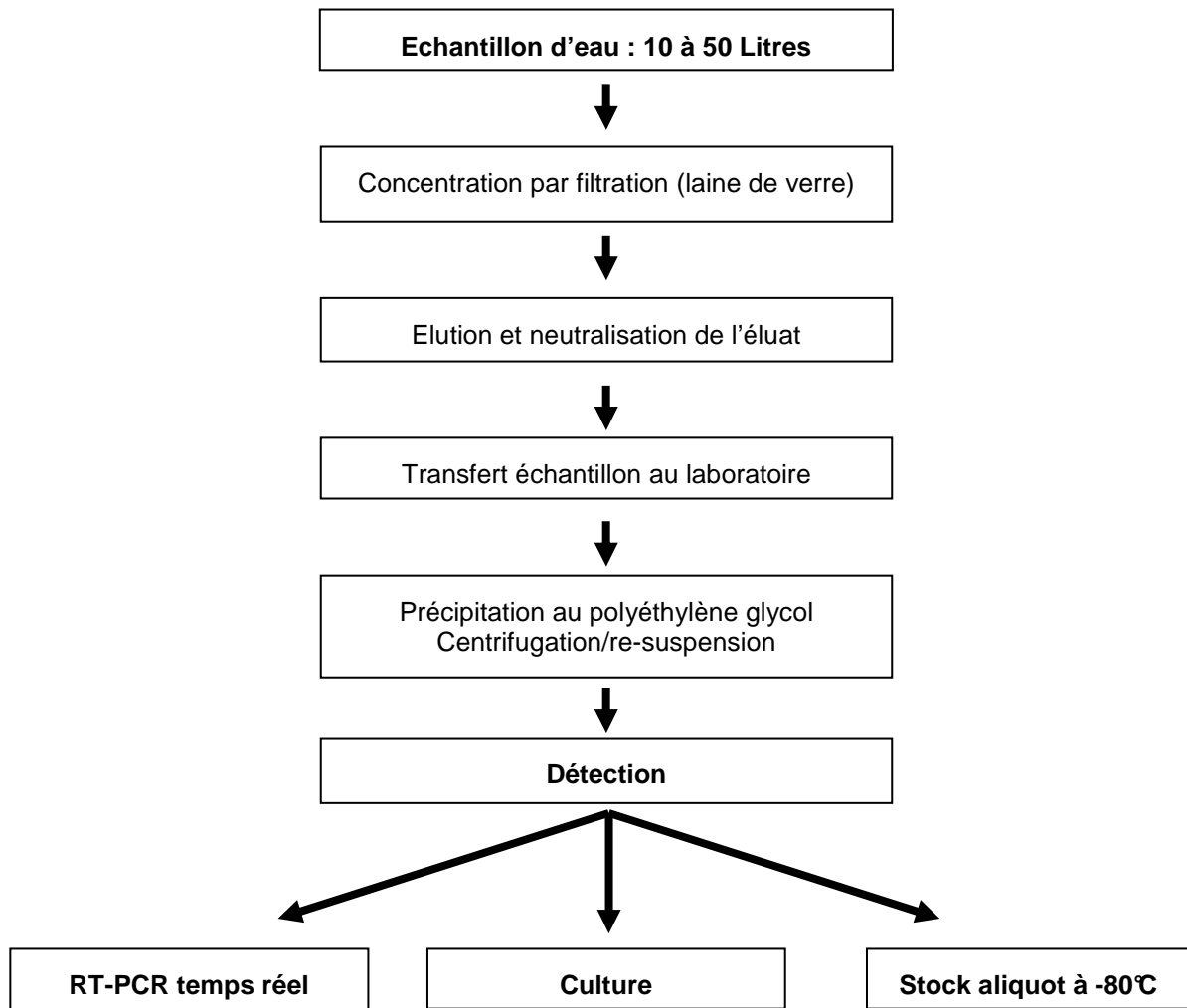
La détection et l'analyse des échantillons potentiellement contaminés par le virus *Influenza A (H1N1)2009* devra être réalisée dans un laboratoire de niveau P2 et selon les recommandations de l'OMS : port de combinaison, lunettes, masque chirurgical et manipulation sur un poste de sécurité microbiologique (PSM).

Deux principes d'analyses des virus *Influenza A (H1N1)2009* peuvent être proposés en fonction du type de matrice :

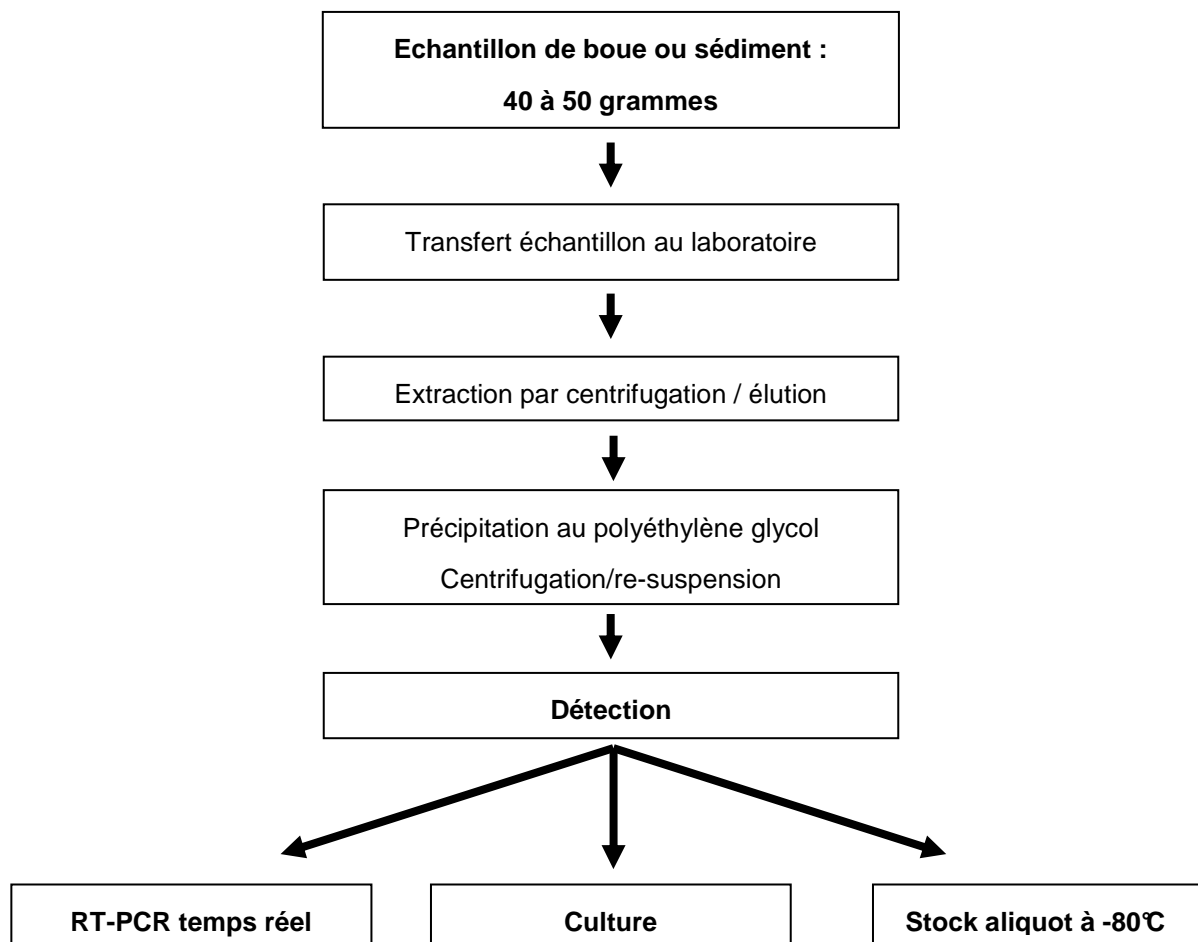
² <http://www.manuguerra.eu/rivers/>

³ Norme AFNOR XPT 90-451 : Essais des eau x- Recherche des entérovirus – Méthode par concentration sur laine de verre et détection par culture cellulaire.

- Principe d'analyse d'un échantillon « eau propre », peu chargé et filtrable :



- Principe d'analyse d'un échantillon boue/sédiment ou chargé et/ou non filtrable :



La technique de RT-PCR (Reverse transcriptase - polymérase chain reaction) en temps réel, après la phase d'extraction de l'échantillon, permet l'obtention des résultats en 4 heures. Cependant cette technique ne rend compte que de la présence du génome viral, non de son pouvoir infectieux. Seule la technique de culture permet de prouver que le virus peut se multiplier et donc être infectieux. Elle nécessite 6-7 jours pour l'obtention des résultats.

11 Liste des laboratoires compétents pour les prélèvements et analyses du virus dans les eaux usées

Tous les laboratoires spécialisés dans la recherche des entérovirus sont compétents pour réaliser des prélèvements d'eau usée potentiellement contaminée par le virus *Influenza A(H1N1)2009*.

De même, les laboratoires appartenant au réseau Biotox eau sont également en mesure de réaliser les prélèvements et les analyses d'eau usée potentiellement contaminée par le virus *Influenza A (H1N1)2009*.

Les 37 laboratoires appartenant au réseau Grippe A sont en mesure de réaliser la détection du virus *Influenza A (H1N1)2009*.

Références bibliographiques

AFSSA 2006. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation qualitative du risque sanitaire pour l'homme lié à la présence dans l'eau destinée à la consommation humaine et dans divers effluents aqueux de virus *Influenza* autement pathogène, dans le cas d'une épizootie ou dans le cas d'une épidémie humaine.

AFSSA 2007. Bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l'homme par voie orale.

AFSSET 2007. Evaluation du risque sanitaire pour l'Homme lié à la présence de virus *Influenza* aviaires hautement pathogènes de sous-type H5N1 ou d'un virus pandémique dérivé de ce sous-type dans divers effluents aqueux et eaux de surface.

AFSSET 2009. Risques sanitaires liés à la présence du virus *Influenza* aviaire dans les eaux Virus *Influenza* aviaires hautement pathogènes de sous-type H5N1 : stratégies d'échantillonnage dans les milieux aquatiques.

Altford RH *et al.*, 1966. Human influenza resulting from aerosol inhalation. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 122, 800-804.

Brankston G *et al.*, 2007. Transmission of influenza A in human beings. *Lancet Infect. Dis.* 7(4), 257-265.

Brown JD *et al.*, 2009. Avian influenza virus in water: infectivity is dependent on pH, salinity and temperature. *Veterinary Microbiology* 136(1-2), 20-26.

Brown JD *et al.*, 2007. Persistence of H5 and H7 avian influenza viruses in water. *Avian Diseases* 51(1 Suppl), 285-289.

Carrington EG2001. Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction – Final report. -44. European Commission Directorate-General Environment.

Chowell G *et al.*, 2009. Severe respiratory disease concurrent with the circulation of H1N1 influenza. *New England Journal of Medicine* 361(7), 674-679.

- Dawood FS *et al.*, 2009. Emergence of a novel swine-origin influenza A (H1N1) virus in humans. *New England Journal of Medicine* 360(25), 2605-2615.
- De Jong MD *et al.*, 2005. Fatal avian influenza A (H5N1) in a child presenting with diarrhea followed by coma. *New England Journal of Medicine* 352(7), 686-691.
- De Jong MD *et al.*, 2006. Fatal outcome of human influenza A (H5N1) is associated with high viral load and hypercytokinemia. *Nature Medicine* 12(10), 1203-1207.
- Elissalde N *et al.*, 1994. Les germes pathogènes dans les boues résiduelles des stations d'épuration urbaines. -90. ADEME.
- Flahault A 2009. First estimation of direct H1N1pdm virulence: From reported non consolidated data from Mauritius and New Caledonia. NCBI.
- Henle W *et al.*, 1946. Expérimental exposure of human subjects to viruses of influenza. *Journal of Immunology* 52, 145-165.
- Hurst CJ, Gerba CP, 1989. Fate of viruses during wastewater sludge treatment processes. *Crit Rev Environ Sci Technol* 18(4), 317-343. Taylor & Francis.
- Ignazzitto G *et al.*, 1980. Coliphages as indicators in a treatment plant. *Water Air Soil Poll.*, 13(4), 391-398.
- Irving LG, Smith FA, 1981. One-year survey of enteroviruses, adenoviruses, and reoviruses isolated from effluent at an activated-sludge purification plant. *Applied and Environmental Microbiology* 41(1), 51-59.
- Ito T *et al.*, 1995. Perpetuation of influenza A viruses in Alaskan waterfowl reservoirs. *Archives of Virology* 140(7), 1163-1172.
- Itoh Y *et al.*, 2009. In vitro and in vivo characterization of new swine-origin H1N1 influenza viruses (*Letters*). *Nature* .
- Jao RL, Wheelock EF, Jackson GG, 1965. Interferon study in volunteers infected with asian influenza. *Journal of Clinical Investigation* 44, 1062.

- Kim TD, Unno H, 1996. The roles of microbes in the removal and inactivation of viruses in a biological wastewater treatment system. *Water Sci Technol.* 33(10-11), 243-250.
- Koliou M *et al.*, 2009. Epidemiological and clinical characteristics of influenza A(H1N1)v infection in children: The first 45 cases in Cyprus, June - August 2009. *Euro.Surveill* 14(33).
- Leong LY, 1983. The removal and inactivation of by treatment processes for potable water and wastewater - a review. *Water Sci Technol.* 15, 91-114.
- Little JW *et al.*, 1979. Attenuated influenza produced by experimental intranasal inoculation. *Journal of Medical Virology* 3(3), 177-188.
- Lodder WJ, de Roda Husman AM, 2005. Presence of noroviruses and other enteric viruses in sewage and surface waters in The Netherlands. *Applied and Environmental Microbiology* 71(3), 1453-1461.
- Lu H *et al.*, 2003. Survival of avian influenza virus H7N2 in SPF chickens and their environments. *Avian Diseases* 47(3 Suppl), 1015-1021.
- Lucena F *et al.*, 2004. Reduction of bacterial indicators and bacteriophages infecting faecal bacteria in primary and secondary wastewater treatments. *Journal of Applied Microbiology* 97(5), 1069-1076.
- Maines TR *et al.*, 2009. Transmission and Pathogenesis of Swine-Origin 2009 A(H1N1) Influenza Viruses in Ferrets and Mice. *Science* 325(5939), 484-487.
- Metcalf, Eddy, 1979. *Wastewater engineering. Treatment, Disposal, Reuse.* Second edition. INC. McGraw-Hill Book Company.
- Morris R, 1984. Reduction of Naturally Occurring Enteroviruses by Wastewater Treatment Processes. *J Hyg (Lond)*. 92(1), 97-103. Reduction of naturally occurring enteroviruses by wastewater treatment processes. *J Hyg. Camb* 92, 97-103., Cambridge University Press.
- Munster VJ *et al.*, 2009. Pathogenesis and Transmission of Swine-Origin 2009 A(H1N1) Influenza Virus in Ferrets. *Science* 325(5939), 481-483.

- Nieuwstad TJ *et al.*, 1988. Elimination of microorganisms for wastewater by tertiary precipitation followed by filtration. *Water Res.* 22(11), 1389-1397.
- OMS 2009a. Relevé épidémiologique hebdomadaire - Infection humaine par le nouveau virus grippal A (H1N1): observations cliniques lors d'une flambée en milieu scolaire à Kobe (Japon), mai 2009.
- OMS 2009b. Relevé épidémiologique hebdomadaire - Infections humaines par le nouveau virus grippal A (H1N1): observations cliniques en provenance du Mexique et d'autres pays touchés, mai 2009.
- OMS 2009c. Relevé épidémiologique hebdomadaire - Modélisation mathématique de la grippe pandémique H1N1 2009.
- Payment P, Fortin S, Trudel M, 1986. Elimination of human enteric viruses during conventional waste water treatment by activated sludge. *Canadian Journal of Microbiology* 32(12), 922-925.
- Rose JB *et al.*, 1996. Removal of pathogenic and indicator microorganisms by a full-scale water reclamation facility. *Water Res.* 30(11), 2785-2797.
- Schoenen D, 2001. Requirements for the catchment, treatment and surveillance of drinking water to avoid the transmittance of pathogenic bacterial, viral and parasitic organisms. *Acta hydrochim. Hydrobiol* 29(4), 187-196.
- Schwartzbrod L, Mathieu L, 1986. Virus recovery from wastewater treatment plants sludges. *Water Res.* 20, 1011-1013.
- Shahid MA *et al.*, 2009. Avian influenza virus (H5N1); effects of physico-chemical factors on its survival. *Virologica* 6, 38.
- Sherman VR *et al.*, 1975. Virus removal in trickling filter plants. *Water Sew Works* 122, 36-44.
- Shimohara E, Sugishima S, Kaneko M, 1984. Virus removal by activated sludge treatment. *Water Sci Technol.* 17, 153-158.

- Shinde V *et al.*, 2009. Triple-reassortant swine influenza A (H1) in humans in the United States, 2005-2009. *New England Journal of Medicine* 360(25), 2616-2625.
- Shortridge KF *et al.*, 1998. Characterization of avian H5N1 influenza viruses from poultry in Hong Kong. *Virology* 252(2), 331-342.
- Stallknecht DE *et al.*, 1990a. Effects of pH, temperature, and salinity on persistence of avian influenza viruses in water. *Avian Diseases* 34(2), 412-418.
- Stallknecht DE *et al.*, 1990b. Persistence of avian influenza viruses in water. *Avian Diseases* 34(2), 406-411.
- Tanji Y *et al.*, 2002. Fate of coliphage in a wastewater treatment process. *J.Biosci.Bioeng.* 94(2), 172-174.
- Tellier R, 2006. Review of aerosol transmission of influenza A virus. *Emerging Infectious Diseases* 12(11), 1657-1662.
- Thorn J, Beijer L, 2004. Work-related symptoms and inflammation among sewage plant operatives. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 10(1), 84-89.
- Vaillant L *et al.*, 2009. Epidemiology of fatal cases associated with pandemic H1N1 influenza 2009. *Euro.Surveill* 14(33).
- Weber TP, Stilianakis NI, 2008. Inactivation of influenza A viruses in the environment and modes of transmission: a critical review. *Journal of Infection* 57(5), 361-373.
- Webster RG *et al.*, 1978. Intestinal influenza: replication and characterization of influenza viruses in ducks. *Virology* 84(2), 268-278.
- Zaiss U, Hennies HH, 1988. [Quantitative studies of the elimination of coliphages and other fecal indicators during wastewater treatment]. *Zentralbl.Bakteriol.Mikrobiol.Hyg.B* 186(5-6), 512-525.
- Zhang K, Farahbakhsh K, 2007. Removal of native coliphages and coliform bacteria from municipal wastewater by various wastewater treatment processes: implications to water reuse. *Water Res.* 41(12), 2816-2824.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine



Ministère de la santé et des sports

Paris, le - 9 JUIN 2009

Le Directeur général
DILGA

DGS/EA/N°27

Original:
SZ ←Copie :
PH (CTS)
JNO
NDP

à

Monsieur le Directeur général

Agence française de sécurité sanitaire de
l'environnement et du travail253, Avenue du Général Leclerc
94701 MAISONS ALFORT Cedex

Objet : Evaluation du risque sanitaire pour les égoutiers, les personnels des stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines ou d'élevages porcins en cas de pandémie de grippe : présence dans les effluents aqueux de virus Influenza porcins A/H1N1.

Mon attention a été appelée par la Fédération Professionnelle des services d'eau et d'assainissement (FP2E) sur les caractéristiques des moyens de protection qui seraient à prévoir vis-à-vis des travailleurs en contact direct avec des eaux résiduaires ou proches des sites d'élevage porcins, lors de pandémie avérée à virus influenza A/H1N1swl, notamment en cas de forte concentration de cas dans une zone du territoire par exemple.

En matière d'eaux usées, dans la situation épidémique de 2006 et s'agissant du virus H5N1 présent uniquement chez les oiseaux, l'AFSSA indiquait : *"qu'aucune mesure de prévention supplémentaire par rapport à celles qui existent déjà n'est justifiée pour les stations d'épuration d'eaux usées (tant que l'excrétion fécale humaine de virus est rare), mais que ce point devra être reconsidéré, si un virus Influenza humain mutant ou recombinant, circulant au sein de la population humaine, à fort potentiel d'excrétion fécale vient à émerger, notamment pour les personnes :*

- travaillant dans les stations d'épuration d'eaux usées¹ ;
- intervenant dans les postes de relèvement d'eaux usées ;
- travaillant dans les égouts visitables ;
- chargés de l'épandage des boues des stations d'épuration d'eau usées².

¹ Le rapport "Virus humain et santé publique : conséquence de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture et conchyliculture". 2000. Document de synthèse du Pr L. Schwartzbrod, centre collaborateur de l'OMS pour les microorganismes dans les eaux usées Université de Nancy, indique p. 240 : Transmission consécutive à l'irrigation avec des eaux usées que : "le processus de formation des gouttelettes d'aérosols est tel que les particules de l'aérosol peuvent contenir des concentrations de virus 100 fois supérieures à celle que l'on trouve dans l'eau, ..., aérosol transportable à distance de 40 m à plus de 700 m sous le vent des champs irrigués par aspersion d'eaux usées".

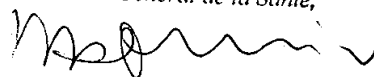
² L'AFSSA précise dans son rapport que :

Je vous sollicite pour évaluer le risque sanitaire pour l'homme lié à l'exposition à des eaux contaminées par le virus A/H1N1swl. Partant de l'état des connaissances actuelles sur les modes et lieux de contaminations et les réservoirs des virus dans les milieux, vous évaluerez les risques liés aux eaux usées, pour les travailleurs exposés et pour les activités de baignade en aval de rejets de station d'épuration urbaine en cas de pandémie. Sur la base des données disponibles, vous évaluerez les besoins de connaissances ultérieures.

Dans l'attente de vos conclusions, je vous saurais gré de me faire parvenir, pour la fin du mois d'août 2009, un rapport intermédiaire indiquant :

- les méthodes de prélèvement, de transport d'échantillons et d'analyses, pertinentes pour détecter les virus A/H1N1swl dans les eaux usées; vous préciserez les performances des méthodes analytiques et les modalités d'interprétation des résultats ;
- la liste des laboratoires disposant d'une compétence dans le domaine de l'analyse des virus A/H1N1swl dans les eaux usées;
- l'efficacité des produits et procédés de traitement des eaux en précisant les concentrations, temps de contact des produits d'inactivation et de désinfection des virus en fonction des caractéristiques des eaux usées ;
- les mesures de protection à prendre en cas d'épizootie et de transmission humaine de virus A/H1N1swl, vis à vis d'une exposition à des eaux contaminées pour la population générale et les travailleurs et notamment ceux des stations de traitement d'eaux résiduaires (égout). Vous préciserez si des mesures complémentaires doivent être prises par rapport à celles en vigueur pour ces personnels.

Le Directeur Général de la Santé,



Pr Didier HOUSSIN

-dans la pratique, les stations d'épuration ne sont conçues que pour traiter les pollutions carbonée, azotée et parfois phosphorée et les filières classiques de traitement des eaux usées ne permettent pas, si elles ne sont pas complétées par un traitement approprié, d'abaisser à un seuil suffisant un danger microbien ;

-la plupart des boues issues des stations d'épuration, notamment en milieu rural, sont épandues, sans traitement d'hygiénisation. Ce dernier permet de réduire le risque à un niveau négligeable. Le risque sanitaire lié à cette pratique est faible si des règles appropriées d'épandage (traitement d'hygiénisation des boues) et d'hygiène du personnel sont respectées. Après incinération, le risque devient nul.

Annexe 2 : Synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts par rapport au champ de la saisine

RAPPEL DES RUBRIQUES DE LA DECLARATION PUBLIQUE D'INTERETS

IP-A	Interventions ponctuelles : autres
IP-AC	Interventions ponctuelles : activités de conseil
IP-CC	Interventions ponctuelles : conférences, colloques, actions de formation
IP-RE	Interventions ponctuelles : rapports d'expertise
IP-SC	Interventions ponctuelles : travaux scientifiques, essais, etc.
LD	Liens durables ou permanents (Contrat de travail, rémunération régulière ...)
PF	Participation financière dans le capital d'une entreprise
SR	Autres liens sans rémunération ponctuelle (Parents salariés dans des entreprises visées précédemment)
SR-A	Autres liens sans rémunération ponctuelle (Participation à conseils d'administration, scientifiques d'une firme, société ou organisme professionnel)
VB	Activités donnant lieu à un versement au budget d'un organisme

SYNTHESE DES DECLARATIONS PUBLIQUES D'INTERETS DES MEMBRES DU GT PAR RAPPORT AU CHAMP DE LA SAISINE

NOM	Prénom <i>Rubrique de la DPI</i> Description de l'intérêt	Date de déclaration des intérêts
Analyse Afsset :		
DAGOT	Christophe Aucun lien déclaré Analyse Afsset : /	15 octobre 2008
GASSILOUD	Benoît Aucun lien déclaré Analyse Afsset : /	08 juillet 2009
GUT	Jean-Pierre Aucun lien déclaré Analyse Afsset : /	04 juillet 2009

<p>LAKEL Abdel</p> <p>Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>	30 novembre 2008
<p>LE BÂCLE Colette</p> <p>Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>	07 juillet 2009
<p>LEGEAS Michèle</p> <p>Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>	21 juillet 2009
<p>MARCHANDISE Patrick</p> <p>Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>	03 juillet 2009
<p>MOULIN Laurent</p> <p>IP-SC</p> <p>Participation à un programme de recherche sur les pathogènes émergents (virus, parasites, amibes) depuis 2003 pour la Ville de Paris donnant lieu à versement à l'organisme d'appartenance (Eau de Paris).</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>	06 juillet 2009
<p>VIALETTE Michèle</p> <p>LD</p> <p>Directrice R&D à l'Institut Pasteur de Lille</p> <p>IP-SC</p> <p>Étude sur la survie du virus H5N1/Traitement de potabilité de l'eau pour Veolia Environnement donnant lieu à versement à l'organisme d'appartenance (2007-2008)</p> <p>Participation au projet européen SSPE-CT-2006-44405 RIVERS : Resistance of Influenza Viruses in Environmental Reservoirs and Systems donnant lieu à versement à l'organisme d'appartenance (2007-2010)</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>	06 juillet 2009



))) **afsset** •)))

agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

253, avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél. +33 1 56 29 19 30
www.afsset.fr

ISBN 978-2-11-098853-9

