

ENSP

ECOLE NATIONALE DE
LA SANTE PUBLIQUE

RENNES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Formation des ingénieurs du
Génie sanitaire
2002-2003

**SÉLECTION DES AGENTS BIOLOGIQUES PRIORITAIRES À PRENDRE EN
COMPTE DANS L'ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS AU RETOUR AU SOL
DES DÉCHETS ORGANIQUES D'ORIGINE URBAINE EN FRANCE
MÉTROPOLITAINE ET DANS LES DOM-TOM.**

Présenté par :
Cécile BROUILLARD
Diplômée de l'ESEM (IPO
actuellement)

Lieu du stage :
ADEME

Accompagnant professionnel :
Isabelle DEPORTES
Référent pédagogique :
Michèle LEGEAS

" L'Ecole Nationale de la Santé Publique n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans les mémoires : les opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs."

BROUILLARD Cécile - Mémoire de fin d'études - Formation des Ingénieurs du Génie Sanitaire 2002 - 2003

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué au bon déroulement de ce stage.

Je remercie plus particulièrement :

Isabelle DEPORTES pour m'avoir accueillie au sein de l'ADEME, pour son appui, ses précieux avis scientifiques et techniques,

Michèle LEGEAS pour l'intérêt porté à mon travail et pour m'avoir fait profiter de son expérience,

Les ingénieurs du génie sanitaire de Guadeloupe, Martinique, Guyane et Réunion pour l'aide qu'ils m'ont apporté.

RÉSUMÉ

Lorsqu'il est en adéquation avec les valeurs de l'agriculture raisonnée, le retour au sol des déchets contribue pleinement à une logique de développement durable. Toutefois, cette pratique nécessite une qualité de produits conformes aux attentes des utilisateurs. Si la majeure partie des micro-organismes présents dans les déchets organiques d'origine urbaine sont bénins, d'autres peuvent être pathogènes pour l'homme.

Dans un contexte général où les exigences de sécurité sanitaire sont croissantes, l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie s'intéresse à l'évaluation des risques liés au retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine. Ce mémoire s'inscrit dans la première phase de ce projet : pour cette étude de risques, quels sont les agents biologiques prioritaires à prendre en compte, en France métropolitaine et dans les DOM-TOM ?

Cette étude porte sur les germes pathogènes pour l'homme, contenus dans les déchets organiques d'origine urbaine que sont les boues d'épuration, les déchets verts et les ordures ménagères. Les DOM-TOM étudiés sont : La Guadeloupe, la Martinique, La Guyane, la Réunion et l'île de Mayotte. Pour les autres, le niveau d'information s'est avéré insuffisant pour pouvoir mener à bien cette étude.

Plusieurs étapes ont été nécessaires pour mettre en relief les agents pathogènes présentant un réel intérêt sanitaire via le retour au sol des déchets en France métropolitaine et dans les DOM-TOM.

Les germes potentiellement présents dans les déchets, transmissibles par voies environnementales, ont été listés grâce à de nombreuses publications.

Ces micro-organismes ont ensuite fait l'objet d'une sélection, basée sur des critères pertinents d'importance sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM.

Une hiérarchisation des germes d'intérêt sanitaire a ensuite été entreprise, selon des critères précis (niveau de contamination des déchets, capacités de survie dans le milieu extérieur et compatibilité de la voie d'exposition avec le retour au sol), afin de faire apparaître les micro-organismes pour lesquels la contamination de l'homme par retour au sol des déchets est la plus plausible. Compte tenu du temps qui m'étant imparti, le choix a été fait de détailler la quarantaine d'agents prioritaires, au moyen de fiches descriptives complètes.

Enfin, les connaissances acquises ont été valorisées par un « tableau d'orientation » présentant les données sous forme synthétique. Des utilisations possibles de cet outil ont été illustrées sous forme de Questions/Réponses. En effet, le tableau permet d'obtenir, grâce à des filtres, des listes de micro-organismes en réponses à des objectifs précis fixés par les utilisateurs de cet outil. Ce tableau a ainsi permis de mettre en évidence plusieurs points. Des référentiels de composition des boues existent pour la plupart des agents visés par la réglementation. Cependant, le développement de programmes d'acquisition de données concernant d'autres germes (tels que *Escherichia coli* EHEC, *Shigella*, ...) et d'autres types de déchets (ordures ménagères, déchets verts). De plus, selon les objectifs fixés par le décideur politique dans une évaluation des risques sanitaires, des agents tels que *Ascaris*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Listeria*, *Salmonella* et *Shigella* pourraient être retenus en priorité.

Il est important de noter que certains micro-organismes doivent retenir notre attention puisqu'ils sont soumis à des variations géographiques et saisonnières. Les germes pathogènes sont différents en métropole et dans les DOM-TOM, tant en genre qu'en abondance (par exemple, les ankylostomes, absents en métropole, apparaissent comme prioritaires dans ces régions). Des variations d'incidence sont également observées au sein de différentes régions métropolitaines et au cours de différentes saisons (ex : salmonelloses, cryptosporidioses).

Ce mémoire a permis de souligner l'importance sanitaire de certains agents pathogènes lors du retour au sol de déchets organiques urbains. Malgré tout, face aux lacunes scientifiques existant dans le domaine biologique, ces résultats doivent être validés et adaptés en fonction des objectifs fixés par les utilisateurs de ce document.

ABSTRACT

SELECTION OF THE MAIN BIOLOGICAL AGENTS TO CONSIDER IN THE RISK ASSESMENT REGARDING AGRONOMICAL REUSE OF URBAN WASTE, IN METROPOLITAN FRANCE AND OVERSEAS REGIONS AND TERRITORIES OF FRANCE.

The mission of the ADEME (Environment and Management of Energy Agency) is mainly to manage domestic and industrial waste. This management includes source reduction, recycling and recovery. Organic waste of urban origin (domestic garbage, sludge, green waste) can be reused in agriculture, and that is a mission of the Agriculture and Food Department. This recovery is acceptable if the practice is guaranteed to be safe.

Organic waste of urban origin contain chemical and biological agents. The pathogenic micro-organisms represent hazards for human health. The risks linked to agronomical recovery of organic wastes depend on the pathogenicity of the micro-organisms and on the exposure to this hazard. So it is necessary to identify the most dangerous agents to allow a good risk management.

The aim of this literature search is to select the main pathogenic agents that can be found in organic waste of urban origin (domestic garbage, sludge, green waste), in metropolitan France and overseas regions and territories of France.

Work has already been published, and pathogenic agents potentially present in metropolitan sludge have been listed. So, a list of potential agents which are present in metropolitan France and in overseas regions and territories of France, and that can be environmentally transmitted, has been established.

Then, a selection grid of agents, according to different criteria, has been applied. The more important agents to consider have also been classified, according to the plausibility of human contamination during agronomical recovery. Approximately forty descriptives cards have been created.

A summary table has permitted to list agents according to various objectives laid down by the user of the table (I. Déportes and C. Brouillard here).

Moreover, the geographical context and the tourist influence on the list of the main biological micro-organisms has been studied.

Finally, this bibliographic work should help to direct future programmes of the Agency concerning measure campaigns, development of measurement methods and biological risk assessment.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux.
Liste des figures.
Liste des sigles et abréviations.

1 - INTRODUCTION.....	1
2 – GÉNÉRALITÉS.....	3
2. 1. L'ÉVALUATION DES RISQUES MICROBIOLOGIQUES.....	3
2. 2. LES DÉCHETS ORGANIQUES D'ORIGINE URBAINE.....	3
2. 2. 1. <i>Composition des déchets organiques d'origine urbaine</i>	3
2. 2. 2. <i>Production des déchets organiques d'origine urbaine en France</i>	3
2. 2. 3. <i>Élimination des déchets organiques d'origine urbaine</i>	4
2. 2. 4. <i>Traitement des déchets organiques</i>	5
2.3. LE RETOUR AU SOL DES DÉCHETS.....	7
2. 3. 1. <i>Enjeux</i>	7
2. 3. 2. <i>Situation en France et dans les DOM-TOM</i>	8
2.4. LA RÉGLEMENTATION.....	10
2. 4. 1. <i>Historique</i>	10
2. 4. 2. <i>La réglementation française, situation actuelle et perspectives</i>	10
2. 4. 3. <i>Les paramètres microbiologiques pris en compte dans la réglementation</i>	12
2.5. LA MAÎTRISE DU RISQUE BIOLOGIQUE.....	13
2.6. LES POPULATIONS CIBLES ET LES VOIES D'EXPOSITION CONSIDÉRÉES LORS DU RETOUR AU SOL DES DÉCHETS.....	13
3 - MÉTHODE ET RÉSULTATS.....	15
3. 1. PRINCIPE GÉNÉRAL.....	15
3. 2. INVENTAIRE DES AGENTS PATHOGÈNES POTENTIELLEMENT PRÉSENTS DANS LES DÉCHETS, TRANSMISSIBLES PAR VOIES ENVIRONNEMENTALES.....	17
3. 2. 1. <i>Les différents types de micro-organismes pathogènes que l'on peut trouver dans les déchets (description sommaire des bactéries, virus, parasites, champignons, levures et ATNC)</i>	17
3. 2. 2. <i>Méthode de recensement des micro-organismes pathogènes</i>	19
3. 2. 3. <i>Résultat : la liste des agents pathogènes potentiellement présents dans les déchets organiques d'origine urbaine, transmissibles par voie environnementale, en France métropolitaine et dans les DOM-TOM (Liste 1)</i>	19
3. 2. 4. <i>Limites</i>	19
3. 2. 5. <i>Quelques données générales sur les pathogènes recensés et le danger qu'ils représentent pour la santé humaine</i>	19
3. 3. SÉLECTION DES AGENTS D'INTÉRÊT SANITAIRE EN FRANCE ET SPÉCIFICITÉS DES DOM-TOM.....	19
3. 3. 1. <i>Principe</i>	19
3. 3. 2. <i>Méthode de sélection</i>	24
3. 3. 3. <i>Résultat : la liste des pathogènes d'intérêt sanitaire en France et de ceux prioritaires dans les DOM-TOM (Liste 2)</i>	26
3. 3. 4. <i>Limites</i>	30

3.4. HIÉRARCHISATION DES MICRO-ORGANISMES À PRENDRE EN COMPTE DANS L'ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS AU RETOUR AU SOL DES DÉCHETS.	30
3.4.1. Principe	30
3.4.2. Méthode de hiérarchisation des pathogènes selon la plausibilité de la contamination de l'homme par le retour au sol des déchets.	30
3.4.3. Résultat : la liste des pathogènes prioritaires en France métropolitaine et dans les DOM-TOM.	31
3.4.4. Limites	31
3.4.5. Réalisation de fiches descriptives complètes pour les pathogènes prioritaires à considérer dans l'évaluation des risques liés au retour au sol des déchets.	32
3.4.6. Réalisation d'un tableau d'orientation.....	34
3.5. SCHÉMA SYNTHÉTIQUE DES RÉSULTATS OBTENUS	35
4 - EXPLOITATION DES RÉSULTATS - DISCUSSION	37
4.1. QUESTIONS / RÉPONSES AUTOUR DES PATHOGÈNES À CONSIDÉRER EN FRANCE	37
4.1.1. Référentiels de composition : aspects descriptifs	37
4.1.2. Référentiels de composition : vers une acquisition de données.....	38
4.1.3. Etude de risques.....	40
4.2. INFLUENCE DU CONTEXTE GÉOCLIMATIQUE ET TOURISTIQUE SUR LA LISTE DES AGENTS PATHOGÈNES À CONSIDÉRER	44
4.2.1. La liste des pathogènes est différente en métropole et dans les DOM-TOM.....	44
4.2.2. Des variations d'incidence sont observées à l'échelle départementale ou régionale en France..	46
4.2.3. Des variations d'incidence saisonnières existent pour certaines pathologies.....	47
5 - CONCLUSION	49

Bibliographie.

La liste des annexes et les annexes sont données dans le Tome 2 de ce mémoire.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les gisements et les filières de gestion des déchets organiques en 1998, en millions de tonnes brutes (Source : ADEME)	5
Tableau 2 : Production de composts d'origine urbaine (Source : ADEME, Journées Missions Déchets 2003)	5
Tableau 3 : La situation du retour au sol des déchets dans les DOM-TOM	9
Tableau 4 : Les paramètres microbiologiques visés par la réglementation française	12
Tableau 5 : Les différents critères de sélection utilisés et leurs références bibliographiques.....	21
Tableau 6 : La méthode de sélection : les critères primaires et secondaires	25
Tableau 7 : Liste des agents pathogènes visés par la réglementation	26
Tableau 8: Liste des bactéries d'intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM. ..	27
Tableau 9 : Liste des parasites d'intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM. ..	28
Tableau 10 : Liste des virus d'intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM.	29
Tableau 11 : Liste des champignons, levures et ATNC d'intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM.	29
Tableau 12 : Les variations d'incidence régionales de certains micro-organismes pathogènes, en France métropolitaine.....	47
Tableau 13 : Les variation d'incidence saisonnières de différents agents pathogènes	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Efficacités des différents procédés de traitement des déchets [36]	7
Figure 2 : Schéma des voies d'exposition considérées lors d'un scénario de retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine [35]	14
Figure 3 : Schéma synthétique des différentes étapes du travail	16
Figure 4 : Bilan des résultats obtenus	36

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

- A.D.E.M.E. : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
A.D.N. : Acide DésoxyRibonucléique.
A.R.N. : Acide Ribonucléique.
A.F.N.O.R. : Association Française de Normalisation.
A.F.S.S.A. : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments.
A.N.O.F.E.L. : Association française des enseignants et praticiens hospitaliers titulaires de parasitologie et mycologie médicale.
A.P.V. : Autorisation Provisoire de Vente.
A.T.N.C. : Agents Transmissibles Non Conventionnels.
C.A.R.E.P.S. : Centre Alpin de Recherche Epidémiologique et de Prévention Sanitaire.
C.I.R.E. : Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie.
C.N.R. : Centre National de Référence.
C.O.S.T. : Coopération Scientifique et Technique.
C.S.H.P.F. : Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France.
D.D.A.S.S. : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.
D.F.A. : Départements Français d'Amérique.
D.M.I. : Dose Minimale Infectante.
D.R.A.S.S. : Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales.
D.S.D.S. : Direction de la Santé et du Développement Social.
D.O.M.-T.O.M. : Départements et Territoires d'Outre-Mer.
E.H.E.C. : Escherichia coli entérohémorragique.
E.P.E.C. : Escherichia coli entéropathogène.
H.A.C.C.P. : Hazard Analysis and Critical Control Point.
I.F.E.N. : Institut Français de l'Environnement.
I.N.E.R.I.S. : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.
I.N.S.E.E. : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.
I.N.S.E.R.M. : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale.
In.V.S. : Institut de Veille Sanitaire.
M.B. : Matière Brute.
M.D.O. : Maladie à Déclaration Obligatoire
M.E.S.A.D.E. : Mission d'Encadrement et de Suivi Agronomique des Epanrages.
M.S. : Matière Sèche.
M.V.A.D. : Mission de Valorisation Agricole des Déchets.
N.P.P. : Nombre le Plus Probable.
N.P.P.U.C. : Nombre le Plus Probable d'Unités Cytopathiques.
O.I.E. : Office International des Epizooties.
O.M.S. : Organisation Mondiale de la Santé.
P.C.R. : Polymérase Chain Reaction.
S.I.D.A. : Syndrome d'ImmunoDéficiency Acquis.
S.H.U. : Syndrome Hémolytique et Urémique.
T.I.A.C. : Toxi-Infections Alimentaires Collectives.
U.F.C. : Unités Formant Colonies.
U.F.P. : Unités Formant Plaques.
V.H.A. : Virus de l'hépatite A.
V.H.E. : Virus de l'Hépatite E.

1 - Introduction.

Les activités humaines, industrielles ou agricoles, contribuent à pollution chimique et biologique de notre environnement et peuvent ainsi affecter notre santé. La mobilisation des citoyens et des partenaires sociaux (Etat, élus, industriels) en faveur d'une meilleure gestion de l'environnement a profondément modifié le concept de gestion des déchets. Les anciennes pratiques qui portaient atteinte à notre environnement ne sont plus acceptées et les procédés actuels de gestion et de valorisation des déchets sont soumis à des normes de plus en plus rigoureuses. L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) répond à la demande croissante de sécurité sanitaire en s'intéressant notamment à l'évaluation des risques sanitaires liés au retour au sol des déchets.

Les déchets organiques d'origine urbaine (composés de boues d'épuration, de la fraction fermentescible des ordures ménagères et de déchets verts) contiennent une certaine proportion de germes pathogènes pour l'homme. Le retour au sol de ces déchets impose donc d'aborder ce sujet avec un certain nombre de précautions, dans le but de gérer au mieux le risque inhérent à ces micro-organismes. Actuellement, dans le domaine des déchets, les risques microbiologiques sont moins connus que les risques chimiques : la prise en compte de paramètres biologiques au niveau réglementaire date de 1998 et des projets sont actuellement en cours pour faire face aux lacunes dans ce domaine.

Concernant les boues d'épuration, le retour au sol semble une filière intéressante. En effet, la loi sur l'eau a imposé des traitements d'eaux usées très performants, et le nombre de stations a augmenté ; en conséquence, les volumes de boues à éliminer sont considérables. De plus, la mise en décharge des boues de stations d'épuration est normalement réservée aux déchets ultimes (déchets qui ne sont plus susceptibles d'être valorisés dans les conditions techniques et économiques du moment), le retour au sol représente donc une alternative intéressante du point de vue économique, mais également agronomique.

Les rares études épidémiologiques ne permettent pas, à l'heure actuelle, de quantifier le risque microbiologique associé au retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine. Cette étude s'inscrit en amont de toute démarche d'évaluation et de gestion des risques sanitaires, et doit permettre de travailler sur les connaissances actuelles concernant les risques potentiellement générés par le retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine.

Il s'agit ici de regarder au delà de la réglementation française, basée sur des règles de pratique du retour au sol et des valeurs limites en certains paramètres microbiologiques, et de souligner l'importance sanitaire de micro-organismes autres que ceux visés réglementairement.

Quels sont les micro-organismes d'intérêt prioritaire à prendre en compte dans les déchets potentiellement valorisables agronomiquement ? L'objectif de ce mémoire est de présenter une méthode de sélection permettant de répondre de façon sérieuse à la question. Les spécificités des Départements et Territoires d'Outre-Mer (DOM-TOM) seront développées dans cette étude, puisque les micro-organismes y sont différents en genre et en abondance. Par manque d'informations relatives à certains DOM-TOM, seules la Guadeloupe, la Martinique, la Guyane, la Réunion et l'île de Mayotte ont pu être étudiées.

Ce mémoire est articulé en trois parties.

Dans un premier temps, quelques éléments généraux permettront de situer le contexte dans lequel cette étude a été réalisée.

Dans un second temps, la méthode et les résultats seront présentés. Parmi tous les micro-organismes pathogènes potentiellement présents dans les déchets, les agents susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine en France (métropole et DOM-TOM) seront sélectionnés. Les agents biologiques d'intérêt sanitaire seront ensuite hiérarchisés selon des niveaux de plausibilité de contamination de l'homme par retour au sol des déchets.

Enfin, les connaissances acquises seront valorisées par un outil présentant les données sous forme très synthétique : le tableau d'orientation. En fonction des différents objectifs des utilisateurs potentiels de cet

outil (ex : développement de programmes d'acquisition de données, sélection des micro-organismes prioritaires dans une évaluation des risques sanitaires,...), ce tableau permet d'obtenir différentes listes de micro-organismes. Des utilisations possibles de cet outil seront illustrées sous forme de Questions/Réponses. Pour plus d'informations, l'utilisateur pourra se reporter à des fiches annexées à ce document, qui présentent de façon plus complète chaque micro-organisme du tableau.

2 – Généralités

Cette étude s'inscrit en amont de la démarche d'évaluation des risques microbiologiques. Les différentes étapes de cette démarche seront tout d'abord rappelées.

Dans un second temps, il sera important de situer le contexte dans lequel cette étude a été réalisée. Qu'entend-t-on par déchets organiques d'origine urbaine ? Pourquoi le retour au sol de ces déchets est-il pratiqué ? Quelle est la réglementation en vigueur dans ce domaine ? Comment le risque est-il géré actuellement ?

Enfin, les hypothèses prises tout au long de cette étude en termes de populations cibles et de voies d'exposition seront détaillées.

2.1. L'évaluation des risques microbiologiques

Dans le domaine des risques chimiques, les évaluateurs disposent de guides méthodologiques, de bases de données toxicologiques et physico-chimiques. Malheureusement, la démarche n'est pas aussi avancée dans le domaine biologique. Les données pour évaluer le risque lié à des expositions environnementales font défaut. De plus, le risque biologique présente de nombreuses spécificités qui empêchent la transposition de la méthodologie du domaine chimique au domaine biologique.

Faute de connaissances suffisantes, l'habitude a consisté jusqu'alors à gérer ce type de risques par l'application d'analyses de contrôle et de règles de bonnes pratiques. Pourtant, on note aujourd'hui un intérêt certain pour la démarche d'évaluation des risques biologiques.

L'évaluation des risques biologiques procède par quatre étapes [17] : l'identification des dangers, l'évaluation de la relation dose-effet, l'évaluation des expositions et la caractérisation du risque. Les connaissances disponibles étant parcellaires et dispersées, chacune de ces étapes nécessite un travail bibliographique de collecte, d'analyse et de synthèse des données dans les domaines de l'épidémiologie, de l'écologie microbienne et de la microbiologie.

Par rapport à l'évaluation du risque chimique, des éléments supplémentaires entrent en ligne de compte dans le domaine biologique [17] :

- Le transfert du micro-organisme du réservoir à la cible peut parfois être complexe et passer par l'intermédiaire d'objets inertes (contact des mains ou des aliments avec des objets contaminés),
- Les réservoirs vivants jouent un rôle très important (source de contamination, par dispersion des germes ou multiplication des micro-organismes en leur sein),
- Les transmissions secondaires peuvent également être un élément important (par exemple, une personne exposée peut ensuite contaminer sa famille)

2.2. Les déchets organiques d'origine urbaine

2.2.1. Composition des déchets organiques d'origine urbaine

Les déchets organiques d'origine urbaine étudiés dans ce document comprennent :

- Les boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines,
- Les ordures ménagères résiduelles (leur fraction fermentescible est encore appelée biodéchets) collectées sélectivement et triées à la source par les ménages. Ce gisement, co-composté avec des déchets verts, est très utilisé par la nouvelle génération d'usines de compostage.
- Les déchets verts de jardins municipaux ou privés ou d'entreprises liées à l'entretien d'espaces verts. Ils sont constitués de tontes de gazon, de la taille de haies, de branches d'égilage, de feuilles mortes et de fleurs mises au rebut.

Des déjections humaines et animales, des couches, des mouchoirs ou bien encore des déchets alimentaires sont contenus dans ces déchets et véhiculent de nombreux agents biologiques.

2.2.2. Production des déchets organiques d'origine urbaine en France

Les collectivités génèrent annuellement 50 millions de tonnes de déchets, dont 60 % sont recyclables en agriculture [2].

La production d'ordures ménagères s'est élevée au total à 26,8 millions de tonnes en 1998, soit 440 kg par habitant en moyenne. Elle comprend d'une part les ordures ménagères provenant des collectes usuelles (24,3 millions de tonnes) et d'autre part les matériaux provenant des collectes séparatives (2,2 millions de tonnes). La fraction putrescible et la part des papiers/cartons, entrant dans la composition des ordures ménagères restent relativement importantes avec respectivement près de 29 % et 25 % du poids humide des ordures ménagères.

L'entretien des espaces verts publics génère 0,9 million de tonnes de déchets verts par an.

Les procédés d'épuration des eaux usées domestiques entraînent la production de 10 millions de tonnes de boues par an, dont la teneur en eau varie entre 60 et 98 %.

2. 2. 3. Elimination des déchets organiques d'origine urbaine

Il existe actuellement trois filières d'élimination des déchets organiques d'origine urbaine : l'enfouissement en centre de stockage, l'incinération et la valorisation en agriculture. Concernant les boues d'épuration, en 2000, chacune de ces filières concernait respectivement 7,2 %, 27,5 % et 63,5 % du tonnage des boues produit sur le territoire français [51].

- **Le stockage**

En 1998, la moitié des ordures ménagères a été stockée dans des décharges et des Centres d'Enfouissement Technique (CET).

La mise en décharge constituait jusqu'à présent la voie d'élimination la moins coûteuse, mais du fait de la saturation des sites de décharge et des nuisances occasionnées par celle-ci, de nouvelles dispositions législatives ont été prises. De profondes modifications dans la gestion des déchets ont été imposées par la loi n° 92-646 du 13 juillet 1992, relative à l'élimination des déchets et aux installations classées pour la protection de l'environnement. Ce texte prévoit de valoriser les déchets par ré-emploi, recyclage ou toute autre action permettant d'obtenir des matériaux réutilisables ou de l'énergie. Par ailleurs, cette loi prévoyait, à partir de 2002, de réserver le stockage en centre d'enfouissement technique aux déchets ultimes, ne pouvant être traités dans les conditions techniques et économiques du moment. Néanmoins, face au retard constaté, la directive 1999/31/CE du 26 avril 1999 autorise une réduction progressive de la mise en décharge des déchets municipaux biodégradables jusqu'en 2010.

- **Incineration**

En 1998, environ 35 % des ordures ménagères ont été incinérées dans 248 installations, dont 100 avec valorisation énergétique.

L'incinération des boues est une solution coûteuse, même lorsqu'elle est accompagnée d'une valorisation énergétique. Néanmoins, l'incinération des boues en mélange avec des ordures ménagères peut s'avérer économiquement intéressante [23].

L'incinération pose par ailleurs des problèmes de pollution atmosphérique (liée à l'émission de poussières, d'oxyde d'azote et de soufre, dioxines et furanes) et de stockage des résidus solides. Un écobilan réalisé en février 1999, à la demande du Ministère de l'Environnement, montre que l'incinération des boues serait plus polluante et plus onéreuse que le recyclage en agriculture. De plus, elle constitue une infrastructure lourde et peu adaptée au milieu rural et semi-urbain.

- **Epannage, compostage**

Les déchets organiques d'origine urbaine, composés en majorité d'eau, de matières organiques et minérales, présentent une valeur agronomique importante. Le retour au sol assure un apport d'éléments nutritifs aux cultures tout en diminuant l'apport de fertilisants minéraux. Il peut également contribuer à l'amélioration des caractéristiques d'un sol, notamment lorsque les déchets ont été chaulés ou compostés.

En 1998, le compostage et les autres traitements biologiques concernent un peu plus de 7 % des tonnages. Les déchets sont traités soit dans des installations de tri-compostage d'ordures brutes, soit dans des unités de compostage de la fraction fermentescible.

Le tableau 1 apporte des précisions sur les gisements de déchets organiques et leurs filières de gestion en 1998.

Tableau 1 : Les gisements et les filières de gestion des déchets organiques en 1998, en millions de tonnes brutes (Source : ADEME)

Gisements	Production	Filières de gestion			
		Valorisation matière(*)	Épandage Compostage	Divers dont incinération	Décharge
Déchets verts	1,8	-	0,8	-	1,0
Déchets ménagers	15,4	0,3	1,87 OM brut	6,5	6,7
Boues urbaines	9,0	-	5,3	1,7	2,0

OM : Ordures Ménagères.

2. 2. 4. Traitement des déchets organiques

Les déchets organiques d'origine urbaine et surtout les boues d'épuration fraîches, sont le siège de fermentations, qui se manifestent généralement par la production de gaz (méthane, hydrogène sulfuré) et sont sources de nuisances olfactives. La plupart des traitements ont pour finalité de limiter les fermentations (stabilisation). Ils sont de plus susceptibles d'améliorer la qualité sanitaire des boues (hygiénisation).

- Le compostage

Le compostage est un procédé de dégradation aérobie de la matière organique non synthétique. Ce n'est ni plus ni moins que la reproduction, en grandeur industrielle et en conditions contrôlées, du processus de dégradation de la litière du sous-bois. A l'air, les matières biodégradables se transforment en gaz carbonique et en un résidu, le compost, matière fertilisante entrant dans la catégorie des amendements organiques.

Deux phases sont à distinguer :

- Une phase de dégradation intense et rapide des structures biologiques des matières avec une forte activité des microorganismes, une grande consommation d'oxygène et la production de chaleur (fermentation),
- Une phase constructive où apparaissent lentement des éléments précurseurs de l'humus (maturation).

En France, le procédé le plus représenté est le compostage lent avec des andains à l'air libre, notamment pour les déchets verts. Pour des déchets moins poreux et plus rapidement dégradables (boues, déchets alimentaires), l'aération forcée est souvent utilisée. Les unités ont généralement des capacités de traitement de plus de 5 000 t/an [36].

La production de compost d'origine urbaine est détaillée, par type de déchets organiques urbains, dans le tableau 2.

Tableau 2 : Production de composts d'origine urbaine (Source : ADEME, Journées Missions Déchets 2003)

	Ordures ménagères résiduelles (2002)	Déchets verts (2000)	Boues d'épuration (2002) (*)	Biodéchets (2002)
Nombre de sites	64	196	20 à 25	27
Tonnages matières (t)	1 550 000	1 580 000	600 000	120 000
Composts produits (t)	600 000	680 000	200 à 250 000	35 000

(*) estimations en l'absence de données précises.

Le compostage est un procédé qui est entrain d'évoluer [36]. Pour les ordures ménagères, le tri-compostage ne répond pas aux exigences actuelles des utilisateurs de compost. Les marchés se ferment au compost urbain, qui est le plus souvent de mauvaise qualité, et a de ce fait mauvaise réputation. La

reconversion de 63 unités existantes vers le compostage des biodéchets collectés sélectivement est envisagée. Elle est indispensable pour regagner la confiance des utilisateurs de compost. Pour les boues de stations d'épuration d'eaux urbaines, environ 15% sont compostées sur quelques 25 installations (souvent en mélange avec des déchets verts).

- La méthanisation

La méthanisation est un traitement anaérobie de déchets fermentescibles produisant un gaz combustible (biogaz) et un digestat, utilisable comme amendement organique après maturation par compostage. Le processus de méthanisation s'effectue dans une enceinte étanche appelée "digesteur" [37].

Le biogaz est valorisable sous forme de chaleur ou par la production d'électricité avec un groupe électrogène à gaz.

Ce sont essentiellement les déchets riches en eau et facilement dégradables qui sont utilisés : déchets de cuisine, végétaux jeunes et verts (tontes de gazons, herbes fraîches, etc...), boues de station d'épuration, matières de vidange, fruits et légumes de retrait, etc. Mais, comme pour le compostage, l'utilisation d'ordures ménagères brutes ne permet pas d'obtenir une matière fertilisante de qualité. Il est donc nécessaire de procéder à une collecte sélective des biodéchets.

En France, il existe plusieurs dizaines d'installations de méthanisation des boues et une seule installation pour déchets ménagers. Des projets pour des biodéchets collectés sélectivement sont en cours.

- Autres traitements concernant plus particulièrement les boues

D'autres traitements, plus spécifiques aux boues, existent [23]. Outre le compostage, des traitements de stabilisation chimique comme le chaulage sont utilisés. Des procédés biologiques sont également répandus : ce sont les digestions anaérobies (comme la méthanisation) ou aérobies. D'autres procédés comme la lombriculture sont peu courants. Enfin, certains traitements comme l'irradiation permettent d'hygiéniser les boues.

- Efficacité des traitements

Les différents traitements de stabilisation ont des conséquences variables sur les micro-organismes présents dans les déchets. Leur efficacité joue sur les conditions de milieu délétères pour les micro-organismes. Les facteurs en cause sont essentiellement : la température, le pH, l'oxygénation et l'humidité [36].

Concernant la méthanisation, il existe les procédés mésophiles (ex : température voisine de 35 °C, pendant plus de 21 jours), les procédés thermophiles (ex : 55°C, pendant plus de 15 jours) et psychrophiles (ex : 25°C pendant plus de 30 jours).

Le compostage peut se faire en réacteur (ex: 60 °C pendant plus de 10 jours), en andains à température contrôlée (ex : 60°C pendant plus de 10 jours) ou en andains (ex : 40°C pendant plus de 20 jours).

L'efficacité, en termes de réduction des micro-organismes, est différente selon les procédés. La figure 1 illustre de façon générale ces disparités.

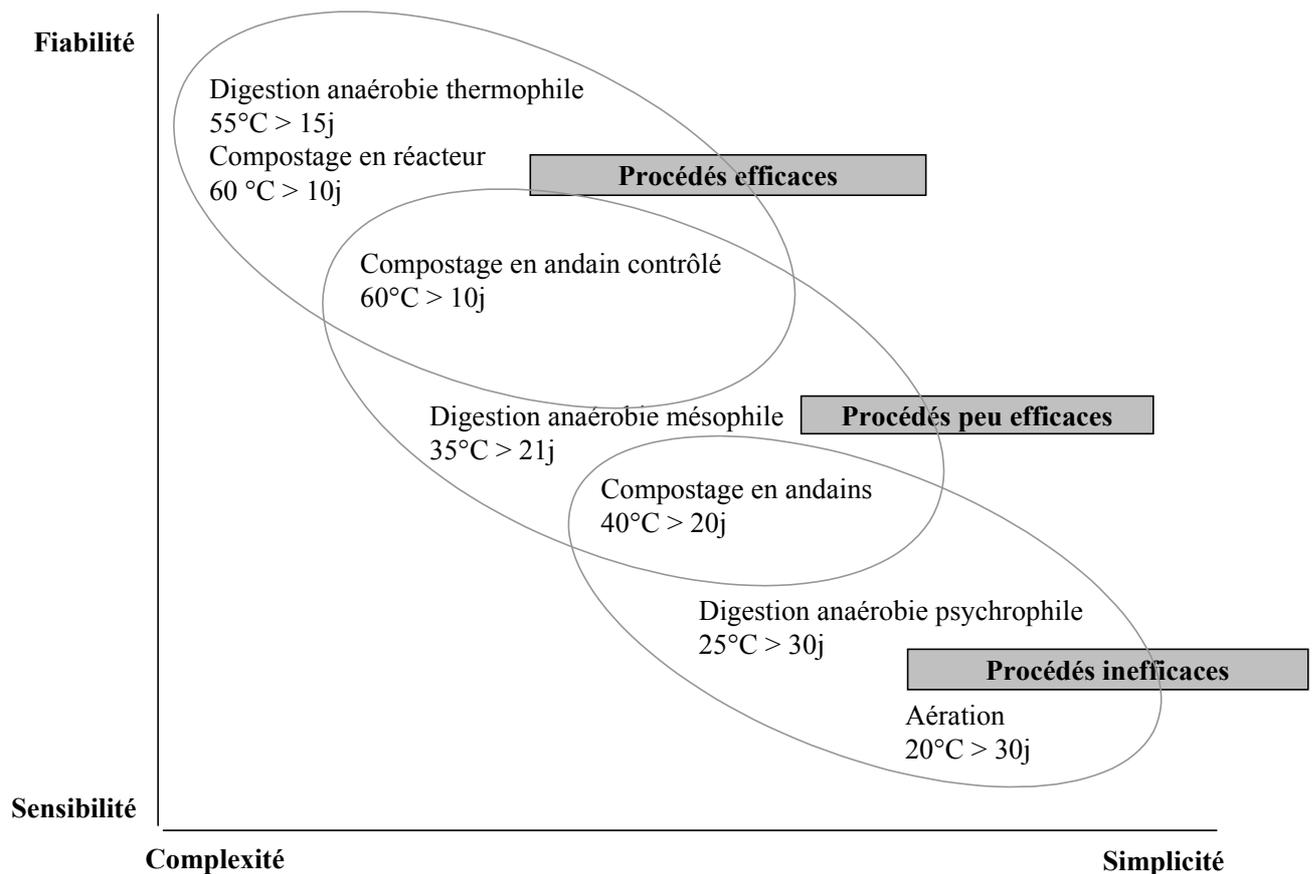


Figure 1 : Efficacités des différents procédés de traitement des déchets [36]

- L'hygiénisation

L'hygiénisation a été définie par le Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France comme un traitement qui vise à réduire à des niveaux acceptables les concentrations d'agents pathogènes dans les boues [35]. Les boues sont considérées comme hygiénisées si en sortie de process les concentrations sont inférieures à :

- 8 NPP / 10g MS pour les salmonelles,
- 3 NPPUC / 10g MS pour les Entérovirus,
- 3 œufs / 10g MS pour les helminthes pathogènes viables.

Il apparaît que l'hygiénisation reste dépendante de la maîtrise du process. Des règles de bonne pratique et des démarches de type HACCP existent mais ne sont pas toujours assurées sur les sites.

2.3. Le retour au sol des déchets

2.3.1. Enjeux

Le retour au sol des déchets connaît de nos jours un certain regain d'intérêt [23]. Le sol s'avère être une destination souhaitable des effluents ou des résidus organiques issus de leur traitement. En effet, les boues résiduaires urbaines, comme le reste des déchets organiques urbains, disposent d'une valeur agronomique en tant qu'amendement organique et en tant que fertilisant. Par ailleurs, la matière organique des déchets permet d'améliorer les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols. Cependant, ces déchets représentent un risque de par les éléments, toxiques ou infectieux, qu'ils contiennent. Ainsi, un retour au sol des déchets réalisé dans des conditions mal contrôlées pourrait être générateur de nuisances ou de risques pour l'homme. Ce procédé ne pourra être pérennisé que si une attention suffisante est portée à la qualité sanitaire des déchets épandus.

2. 3. 2. Situation en France et dans les DOM-TOM

- En France

Depuis 1997, les Chambres d'Agriculture, avec l'appui de l'ADEME, des Agences de l'Eau et des collectivités locales ont mis en place des missions de Valorisation Agricole des Déchets (MVAD). Actuellement, plus de soixante départements ont une Mission d'Encadrement et de Suivi Agronomique des Epanchages (MESADE) qui ont un rôle d'encadrement et de conseil [23]. La gestion des déchets organiques d'origine urbaine se fait en partenariat avec les Chambres d'Agriculture et l'ADEME qui assure la promotion des filières de valorisation des déchets, notamment par l'attribution d'aides financières.

Finalement, comme l'indique le paragraphe 2.2.3., le retour au sol des déchets est une pratique utilisée et encadrée en France. En 1999, plus de 60 % des boues d'épuration municipales ont été épanchées sur 2 % des sols agricoles [92].

- Dans les DOM-TOM

Il est intéressant de rappeler que les Départements d'Outre-Mer (DOM) font, depuis 1946, partie intégrante de la France. L'organisation politique et administrative est conforme à celle du reste du pays. Les Départements Français d'Amérique (DFA), parfois référencés dans ce document sous le nom de "Région Antilles-Guyane", sont constitués des Antilles (îles de Guadeloupe et de Martinique) et de la Guyane, située en bordure du continent sud-américain, limitrophe du Brésil. L'île de la Réunion et l'île de Mayotte, qui sont respectivement un DOM et un TOM, se trouvent dans l'océan indien.

Au niveau climatique, les Antilles françaises bénéficient d'un climat tropical, tempéré par les alizés, mais soumis aux menaces des cyclones durant les mois de juillet à octobre, alors que la Guyane subit un climat quasi équatorial. En Réunion et à Mayotte, le temps est généralement sec et frais pendant l'hiver austral (de mai à novembre). Lorsque les alizés faiblissent, durant l'été austral (de décembre à avril), il devient chaud et humide avec la menace des cyclones tropicaux.

Les délégations régionales de l'ADEME, la DRASS et la Chambre d'Agriculture de la Réunion, les Directions de la Santé et du Développement Social (DSDS, équivalentes aux DDASS des départements métropolitains) de la Guyane, de la Guadeloupe et de Martinique ont été contactées et ont fourni quelques éléments d'information quant à la situation du retour au sol dans ces régions.

Ces données sont détaillées, pour chaque DOM-TOM, dans le tableau 3.

Tableau 3 : La situation du retour au sol des déchets dans les DOM-TOM

DOM-TOM	Situation du retour au sol des déchets
Réunion	<p>La production de boues d'épuration pour l'année 2000 s'élève à environ 1800 tonnes de matières sèches (MS).</p> <p>Environ 1000 tonnes (MS) de boues sont actuellement épandues à la Réunion, dont une partie est chaulée (quantité inconnue). Environ 200 tonnes sont traitées en usine de compostage, en mélange avec des déchets verts (compostage en caisson).</p> <p>Pour les déchets verts ménagers, ils représentent environ 70 000 tonnes annuelles. La proportion captée pour compostage est inconnue, elle a sans doute augmenté récemment du fait des collectes en porte à porte qui se développent. Il existe 2 stations de compostage traitant ces déchets verts. L'engorgement croissant de ces 2 installations fait craindre pour la qualité de l'hygiénisation réalisée, mais aucune donnée n'est encore disponible. Il est prévu, une analyse cette année (selon la norme NF U 44-051), via la Mission de Valorisation Agricole des Déchets. Le compost est vendu par le prestataire aux agriculteurs, particuliers...</p> <p>La méthanisation n'est pas pratiquée.</p> <p>Enfin, la réutilisation des boues en agriculture ne se pratique quasiment pas. Seules quelques exploitations épandent des boues d'épuration, mais cela reste assez marginal et en dehors de tout plan d'épandage. La raison principale de ce refus d'épandre tient au fait que, pour les agriculteurs, l'épandage de boues d'épuration représente un risque pour la canne à sucre (par contre, l'épandage de lisiers très contaminés en micro-polluants organiques se pratique beaucoup). Ainsi, il a toujours existé un frein au retour au sol des boues d'épuration en Réunion. Un projet de compostage de déchets verts + boues d'épuration a bien été lancé récemment, en collaboration avec la chambre d'Agriculture, mais ce projet n'a pas abouti.</p> <p>Ainsi, actuellement, toutes les boues d'épuration partent en décharge. Pour les années à venir, la Réunion s'oriente vers la mise en place d'un incinérateur pour traiter ses déchets (ou méthanisation, mais ce dernier procédé intéresse moins les collectivités).</p>
Guadeloupe	<p>De nouvelles STEP ont été mises en place récemment. L'épandage des boues n'est pas une pratique très répandue en Guadeloupe (aucun plan d'épandage). En réalité, l'épandage se fait en dehors de tout cadre réglementaire. Un seul plan d'épandage a été proposé (à la station d'épuration de la ville de Saint-François) mais il n'a pas encore été validé par la Mission Inter-Services de l'Eau puisque des problèmes de parasites subsistent. Le problème du retour au sol se pose essentiellement pour les champs de pastèques, melons, carottes qui sont susceptibles d'être parasités et où les légumes peuvent être en contact direct avec les boues (il existe moins de problèmes pour les bananes car il n'y a pas ce contact direct).</p> <p>Ainsi, une bonne partie des boues n'est pas valorisée et part en décharge.</p>
Martinique	<p>Cette pratique est quasiment inexistante ou très marginale : aucun plan d'épandage réglementaire n'a été mis en place.</p> <p>La production actuelle de boues représenterait 1 118 tonnes de MS. Les boues, déchets verts et ordures ménagères sont, pour partie, encore enfouis. Depuis 2002, 80 000 tonnes de déchets, provenant essentiellement des communes du centre de la Martinique, sont incinérés sur les 300.000 tonnes du gisement total.</p> <p>Le principe de valorisation est peu développé mais reste en bonne voie.</p>
Guyane	<p>Pas de plan d'épandage actuellement.</p>
Saint Pierre et Miquelon	<p>Aucune étude, ni analyse n'ont été réalisées sur les déchets de Saint-Pierre et Miquelon. Il n'y a pas d'épandages de boues, il n'existe pas de stations d'épuration et aucun système de curage des fosses septiques. Les déchets ménagers ne sont pas compostés et il n'y a pas de méthanisation.</p>

Plusieurs points ont pu être mis en évidence :

- Le retour au sol des déchets est peu pratiqué dans les DOM-TOM et aucun plan d'épandage n'existe actuellement. Cette situation est due en partie à une mauvaise image de la pratique par les agriculteurs de la région (qui, par le retour au sol de boues d'épuration, auraient peur de contaminer leurs cultures).
- Lorsqu'il est pratiqué, le retour au sol se fait donc en dehors de tout cadre réglementaire.
- Pourtant, malgré les freins encore très présents, certains DOM-TOM comme la Réunion, la Guadeloupe et la Martinique, reconnaissent cette voie comme une alternative intéressante et s'orientent vers des projets de compostage et de plans d'épandage.

2.4. La réglementation

Le retour au sol de la matière organique, effectué en tenant compte des besoins des sols et des cultures, s'inscrit dans une logique de développement durable. Cependant, malgré leurs qualités fertilisantes, les boues d'épuration, les déchets verts et la fraction fermentescibles des ordures ménagères, sont considérés comme des déchets sur le plan juridique et leur gestion est régie par une réglementation complexe.

2.4.1. Historique

Historiquement, en France, les efforts de recherche sur l'innocuité du retour au sol des déchets ont été stimulés dans les années 70 dans le cadre du programme "sols-déchets" par le secrétariat d' Etude de l'Environnement (actuel ministère de l'Environnement). Parallèlement, au niveau de l'union européenne, le programme COST 68/681 (Coopération Scientifique et Technique) a favorisé les échanges entre chercheurs de 1972 à 1990 [87].

La réglementation concernant les déchets destinés aux sols agricoles, et notamment les boues, a récemment fait l'objet de modifications. En effet, les directives européennes et les textes législatifs français sur l'eau et les déchets ont entraîné à la fois une augmentation des quantités de boues produites et un renforcement de la réglementation concernant l'élimination de ces boues.

Cette évolution récente a permis d'introduire des paramètres microbiologiques dans la réglementation, mais beaucoup de textes (notamment des normes) sont encore aujourd'hui dépourvus de critères microbiologiques. Des modifications sont en cours, notamment au niveau des normes.

2.4.2. La réglementation française, situation actuelle et perspectives

Globalement, la situation réglementaire actuelle est la suivante :

- L'exploitation agricole qui pratique le retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine est soumise à ses cadre juridiques habituels : code rural et droit du fermage, contrats de production, contraintes environnementales (installations classées, directive nitrates).

- Les produits utilisés en agriculture, composés tout en partie de boues ou de résidus, doivent bénéficier d'une homologation, d'une autorisation provisoire de vente, de la conformité à une norme rendue d'application obligatoire ou être utilisés dans le cadre de plan d'épandage agréés par le préfet (en effet, la réglementation boues est encadrée par le décret du 8 décembre 1997 et l'arrêté ministériel du 8 janvier 1998 qui fixent les prescriptions techniques applicables au retour au sol des boues d'épuration [72]; cette pratique relève du régime de l'autorisation ou de la déclaration, selon les quantités en cause).

Les textes définissant le cadre législatif et normatif français sont présentés ci dessous, de même que chacun des points importants de la réglementation actuelle et de son évolution.

- Les textes réglementaires et législatifs s'appliquant aux déchets organiques d'origine urbaine

Pour l'essentiel, quatre catégories de textes sont concernés [31]:

- Les textes relatifs à la réglementation sur les matières fertilisantes et les supports de culture (figurant dans les articles L.255-1 à L.255-11 du code rural), instituant que toute matière fertilisante ou support de culture mis sur le marché doit avoir fait l'objet d'une homologation ou d'une autorisation provisoire de vente (APV) ou d'importation. Des exemptions au principe d'homologation sont prévues si :

- Les produits répondent à une norme rendue d'application obligatoire,

- Les produits répondent aux dispositions réglementaires prises en application de directives européennes,
- Les produits sont réglementés par l'application de la loi sur l'eau ou au titre des installations classées pour la protection de l'environnement.
- Les textes découlant de la loi du 19 Juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, dont les installations de compostage,
- Les textes de la loi sur l'eau de 1992, qui portent sur la prévention des nitrates liés à l'activité agricole (et donc sur le retour au sol de matières fertilisantes), et les textes du décret du 8 décembre 1997, qui régissent l'épandage des boues d'épuration urbaines en agriculture,
- Les textes sur les déchets : la loi du 15 Juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux, modifiée notamment par la loi du 13 Juillet 1992, ses décrets et arrêtés d'application.

- L'homologation

L'arrêté du 21 décembre 1998 prévoit la procédure pour obtenir l'homologation [31, 71]. Le dossier présenté doit être étudié en premier lieu par le groupe de travail matières fertilisantes et supports de culture qui émet un avis. Dans un deuxième temps, le dossier est soumis à l'examen du comité d'homologation des matières fertilisantes et supports de culture qui fait une proposition (homologation, autorisation provisoire de vente (APV), maintien en étude ou refus d'homologation). Sur proposition du comité d'homologation, le ministre chargé de l'agriculture prend la décision concernant le dossier présenté.

Dans la pratique, cette procédure d'homologation est peu utilisée (elle concerne seulement 3 à 5 % des produits mis sur le marché). La majorité des autres matières fertilisantes et supports de culture mis sur le marché sont soit conformes aux engrais CE, soit conformes à une norme rendue d'application obligatoire.

- La conformité à une norme "matières fertilisantes"

En France, les arrêtés de mise en application obligatoire donnent aux normes un statut réglementaire officiel [31]. Ces arrêtés doivent être soumis à la signature des ministères chargés de l'économie, des finances et de l'industrie et, éventuellement de l'environnement et de la santé.

Les composts issus de déchets peuvent, pour la plupart, rentrer seuls ou en mélange avec d'autres matières dans la catégorie des amendements organiques et ils peuvent compléter les supports de culture.

Les amendements organiques répondent notamment à la norme NF U 44-051 - décembre 1981 - Amendements organiques [10]. C'est très généralement dans cette catégorie que se classent les composts issus de déchets urbains. Cette norme apparaît aujourd'hui très vétuste puisque aucun critère environnemental n'est pris en compte. Rien ne figure sur les contaminants chimiques, autres que les éléments traces métalliques, ni sur les agents microbiologiques. De plus, aucune rubrique ne fait référence aux boues d'épuration municipales (il existait la norme matières fertilisantes NF U-041 traitant des boues mais celle-ci a été abrogée).

Heureusement, ce cadre normatif français, aujourd'hui très lacunaire, est entrain d'évoluer. Une norme relative aux composts de boues est en cours d'instruction administrative (norme NF U 44-095 [12]), et la norme relative aux supports de culture est en cours de révision (norme NF U 44-551 [11]). La révision norme NF U 44-051, sur les amendements organiques, a été entreprise depuis 1999 et devrait bientôt être opérationnelle.

- La réglementation concernant les boues

Les directives, qui doivent être traduites en droit français, font également partie de la réglementation. C'est le cas de l'actuelle réglementation boues en France (décret de 1997 et arrêté d'application de 1998, qui définissent le plan d'épandage) qui est la traduction en droit français de la directive européenne 86/278/EEC du 12 juin 1986 modifiée relative à la protection de l'environnement lors de l'utilisation de boues d'épuration en agriculture.

La décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées définit les conditions dans lesquelles le retour au sol des boues peut être réalisé sur des sols agricoles ou forestiers. Il établit les règles générales d'hygiène et toute autre mesure propre à préserver la santé de l'homme. L'arrêté du 8 janvier 1998 fixe les prescriptions techniques applicables au retour au sol des

boues sur les sols agricoles, qui regroupent la conception et la gestion des épandages, la qualité des boues et les précautions d'usage, les modalités de surveillance et l'exécution de l'épandage [72].

La directive européenne 86/278 est en cours de révision, mais aucun calendrier n'est prévu pour sa sortie. Certains textes discutés dernièrement lors du workshop de Bruxelles d'Octobre 2001 sont disponibles en ligne sur le site Europa de la Commission Européenne [33].

- La préparation d'un texte au niveau européen concernant les biodéchets

Un texte est également en préparation au niveau européen sur les traitements biologiques (méthanisation ou compostage) des déchets biodégradables. Un document de travail est actuellement diffusé sur Internet via le serveur Europa de la Commission Européenne [34].

2. 4. 3. Les paramètres microbiologiques pris en compte dans la réglementation

Compte tenu de la situation réglementaire actuelle et des informations disponibles concernant son évolution, il apparaît dès maintenant important de faire le point sur les critères microbiologiques considérés ou non dans cette réglementation.

- Bilan réglementaire

Le tableau 4 dresse la liste des paramètres microbiologiques pris en compte dans chacun des points de la réglementation [10, 11, 12, 34, 71, 72,].

Tableau 4 : Les paramètres microbiologiques visés par la réglementation française

	Normes (en projet) NF U 44-051 NF U 44-551 NF U 44-095	Homologation des matières fertilisantes et supports de culture	Réglementation boues (décret de 1997 et arrêté de 1998)	Texte européen en préparation sur traitements des biodéchets
<i>Escherichia coli</i> & assimilés	< 10 ³ ou 10 ⁴ /g de MB selon usages	< 10 ² ou 10 ³ /g de MB selon usages	Suivi sans seuils imposés	
<i>Clostridium perfringens</i>	< 10 ² ou 10 ³ /g de MB selon usages	Absence dans 1g MB	-	Absence dans 1g
Enterocoques & assimilés	< 10 ⁵ /g de MB	< 10 ² ou 10 ⁴ /g de MB selon usages	-	
Oeufs d'helminthes viables	Absence dans 1g ou 25g MB selon usages	Absence dans 1g ou 25g MB selon usages	< 3 / 10g MS	
<i>Listeria monocytogenes</i>	Absence dans 1g ou 25g MB selon usages	Absence dans 25g MB selon usages	-	
Salmonelles	Absence dans 1g ou 25g MB selon usages	Absence dans 1g ou 25g MB selon usages	< 8 NPP / 10g MS	Absence dans 50g
Entérovirus	-	-	< 3 / 10g MS	
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	< 10 /g de MB	-	
<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	Suivi sans seuils imposés	-	

MB : Matière brute MS : Matière sèche NPP : Nombre le Plus Probable

Pour certains paramètres microbiologiques, les valeurs limites varient en fonction des usages des déchets. En effet, selon la destination des déchets organiques d'origine urbaines, les seuils sont différents. Sont distingués dans la réglementation :

- Les grandes cultures,
- L'arboriculture, la viticulture et les petits fruits,
- Les gazons et prairies,
- La sylviculture et les pépinières ornementales,
- Les cultures florales,
- Les légumes et les fraises,
- Les cultures maraîchères.

Ce dernier tableau met en évidence que les évolutions récentes de la réglementation, notamment au niveau normatif, assurent une meilleure prise en compte des paramètres microbiologiques dans le retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine.

- Distinction entre les indicateurs de traitement et les agents pathogènes

La notion de germes indicateurs est surtout utilisée dans le cadre de la surveillance des eaux d'alimentation, de baignade ou d'un produit sanitaire. Les germes témoins de contamination fécale, qui font partie de la microflore normale du tube digestif ou de l'intestin de l'homme, sont le signe d'un contact anormal et répondent à un principe d'alerte lorsqu'ils sont présents dans un aliment ou dans l'eau de boisson. Ces germes (*Escherichia coli*, entérocoques, *Clostridium perfringens*) sont faciles à mesurer.

Dans le domaine des déchets, la recherche de la contamination fécale ne prend plus aucun sens. Il est intéressant de rechercher des micro-organismes dont l'évolution traduit l'évolution des agents pathogènes. Des indicateurs de traitement sont fréquemment analysés dans les déchets. Ces indicateurs de traitement sont présents dans les déchets, se mesurent en routine et disparaissent avec les traitements. Leur présence reflète le manque de traitement. Ce sont notamment : *Escherichia coli* (ou les germes tels que les coliformes), *Clostridium perfringens* et les entérocoques.

Ainsi, il est important de noter que, parmi les paramètres microbiologiques visés par la réglementation, on distingue deux types de micro-organismes : les indicateurs de traitement, qui peuvent être pathogènes mais uniquement sous certaines conditions, et les agents pathogènes qui le sont sans conteste.

En définitive, les seuls agents pathogènes à caractère réglementaire sont les œufs d'helminthes, les salmonelles, les enterovirus et *Listeria monocytogenes*,

2.5. La maîtrise du risque biologique

Actuellement, le risque sanitaire lié au retour au sol des déchets est géré de deux façons :

- Soit en hygiénisant les produits destinés à être épandus,
- Soit en appliquant des règles précises d'épandage (règle de bonnes pratiques) qui consistent à limiter l'exposition directe des travailleurs et des consommateurs.

2.6. Les populations cibles et les voies d'exposition considérées lors du retour au sol des déchets

Notre étude a été ciblée sur les sources d'agents dangereux que sont les déchets organiques d'origine urbaine (boues d'épuration, fraction fermentescible des ordures ménagères, déchets verts).

Par le retour au sol de ce type de déchets, ce sont les sols et les eaux qui peuvent être contaminés. Le transfert des micro-organismes des déchets à ces milieux peut se faire de manière directe lors de l'activité d'épandage des déchets, ou de manière indirecte par ruissellement d'eaux suite à des événements pluvieux.

Il s'agit maintenant d'identifier, au moyen de la figure 2 :

- Les cibles exposées : les consommateurs, promeneurs, travailleurs, ...
- Les voies de transfert et d'exposition (ingestion, inhalation, contact cutané).

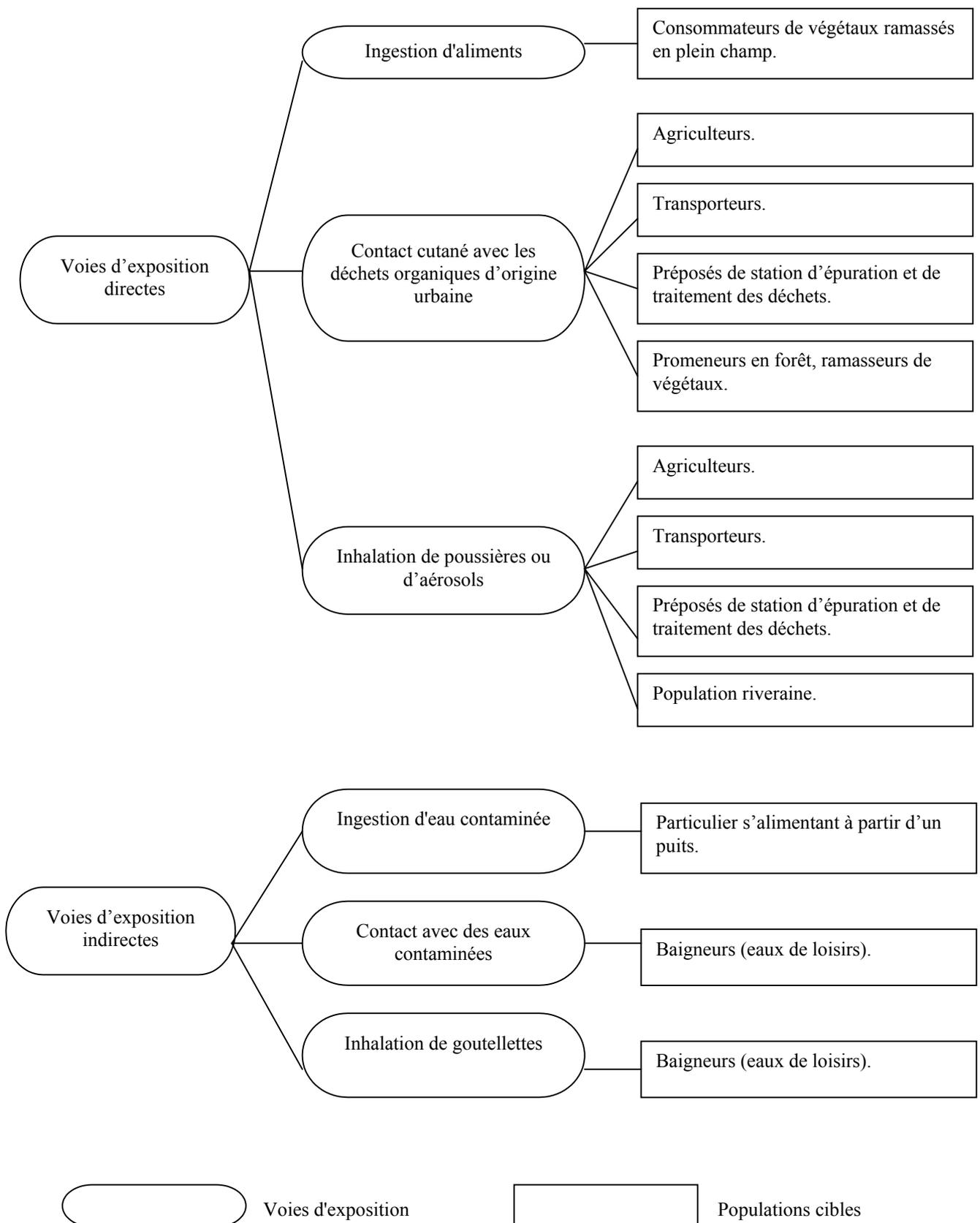


Figure 2 : Schéma des voies d'exposition considérées lors d'un scénario de retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine [35]

3 - Méthode et résultats

Les déchets organiques d'origine urbaine sont susceptibles de contenir une grande variété de micro-organismes, dont un certain nombre sont pathogènes. Ce terme d'agent pathogène s'applique à toute forme biologique, vivante ou non, capable après pénétration d'un autre organisme vivant, de s'y développer et d'occasionner une maladie (expression de symptômes).

Tout d'abord, les pathogènes susceptibles d'être présents dans les déchets organiques d'origine urbaine, en France métropolitaine et dans les DOM-TOM, seront listés.

Une première sélection permettra ensuite d'établir la liste des micro-organismes présentant un réel intérêt sanitaire en France, ou plus particulièrement dans les DOM-TOM.

Dans un troisième temps, un travail de hiérarchisation des pathogènes selon la plausibilité de contamination de l'homme par ces micro-organismes lors d'un scénario de retour au sol des déchets sera présenté.

Cette dernière étape aboutira à la description complète d'une quarantaine d'agents pathogènes, pour lesquels la transmission à l'homme est la plus plausible. Un tableau synthétique de toutes ces données sera finalement construit. Il constituera un outil d'orientation pour l'ADEME.

3. 1. Principe général

Le constat initial est clair : beaucoup d'agents microbiologiques sont potentiellement présents dans les déchets. La question posée est : lesquels retenir et dans quels objectifs?

A chaque étape, la méthode employée a été la suivante :

- A partir de la liste initiale, définir des critères de sélection ou de hiérarchisation sérieux et pertinents,
- Appliquer ces critères et établir la liste des micro-organismes retenus et celle des agents éliminés,
- S'assurer de la pertinence des résultats (l'élimination ou l'ajout d'agents pourra être réalisé si cette correction est jugée nécessaire),
- Valider la liste finale.

La figure 3 décrit de façon schématique toutes les étapes du travail.

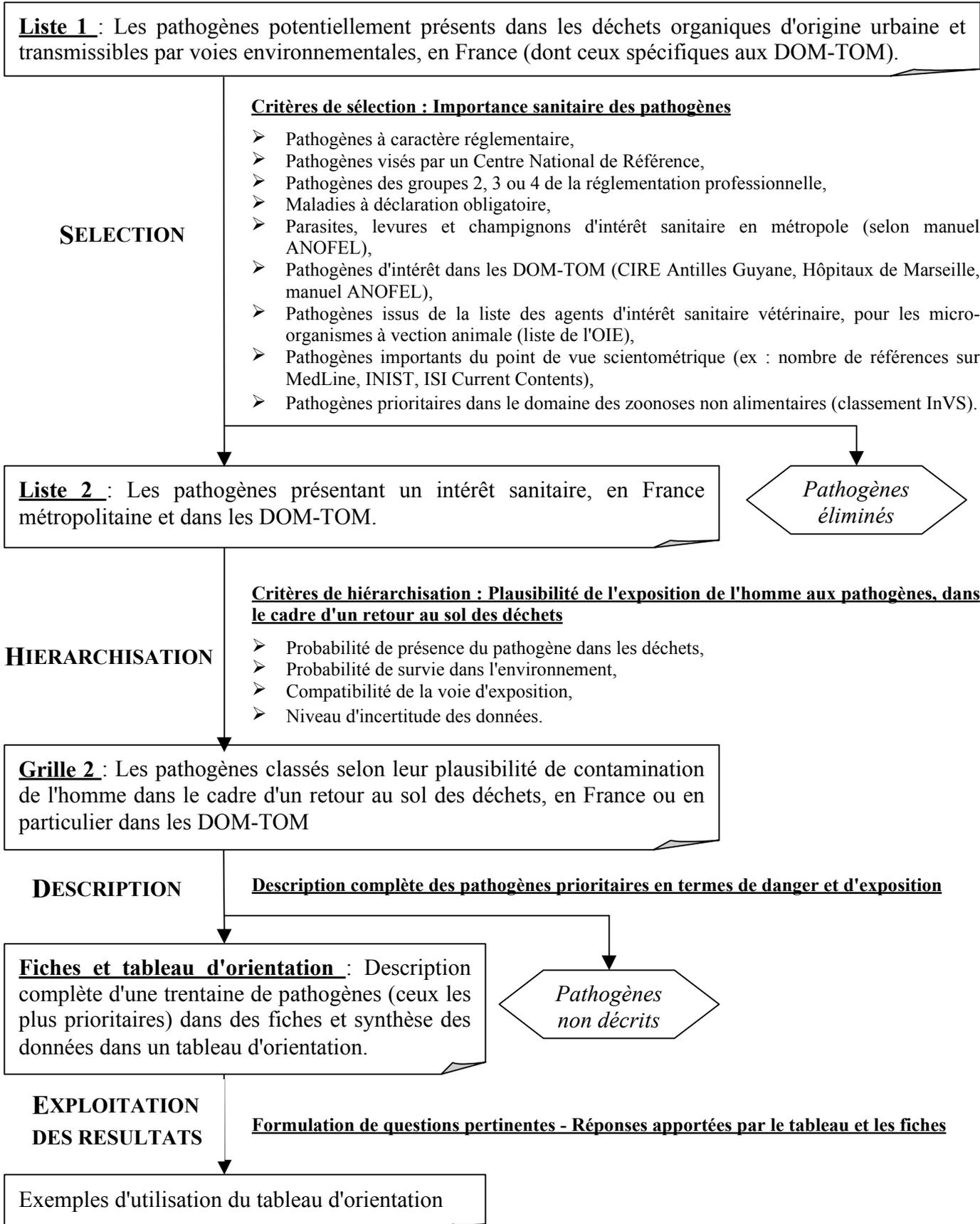


Figure 3 : Schéma synthétique des différentes étapes du travail

3. 2. Inventaire des agents pathogènes potentiellement présents dans les déchets, transmissibles par voies environnementales.

La multiplicité des micro-organismes, en genre et en abondance, est impressionnante. On distingue des bactéries, des virus, des parasites, des champignons et des Agents Transmissibles Non Conventionnels (ATNC).

3. 2. 1. Les différents types de micro-organismes pathogènes que l'on peut trouver dans les déchets (description sommaire des bactéries, virus, parasites, champignons, levures et ATNC)

La flore présente dans notre environnement est constituée de micro-organismes dont seulement certaines espèces sont agressives ou invasives sur le corps humain. Les organismes pathogènes sont ceux qui sont capables de provoquer une maladie chez l'homme. On distingue les pathogènes stricts et les pathogènes opportunistes. Dans ce dernier cas, il s'agit d'organismes commensaux ou saprophytes qui peuvent induire une maladie lorsque la résistance que leur hôte oppose est faible ou s'affaiblit. Les micro-organismes, dits commensaux, sont hébergés normalement par l'homme au niveau des cavités naturelles et de la peau. Les micro-organismes, dits saprophytes, réalisent même une symbiose bénéfique pour l'hôte : c'est le cas par exemple des bactéries intestinales qui ont un rôle sur la digestion et la synthèse de vitamines.

Les micro-organismes potentiellement pathogènes pour l'homme, susceptibles d'être présents dans les déchets sont d'origine essentiellement fécale. Certains organismes sont présents en permanence, car ils sont excrétés continuellement par la population. D'autres ne sont présents que ponctuellement. En outre, certains d'entre eux sont susceptibles, lorsque le milieu devient moins favorable, de survivre sous forme d'œufs, de spores ou de kystes.

La multiplicité des pathogènes potentiellement présents dans les déchets s'explique par la constitution même des déchets. Concernant les boues d'épuration, les agents pathogènes proviennent des eaux usées traitées et sont concentrés au cours des différents traitements, de sorte que 90 % des micro-organismes initialement présents dans les eaux se retrouvent dans les boues. Les ordures ménagères sont susceptibles de contenir des déjections humaines et animales, des couches, des mouchoirs ou bien encore des déchets alimentaires. La fraction fermentescible de ces déchets véhicule donc également de nombreux agents biologiques. Quant aux déchets verts, ils sont eux aussi susceptibles d'être souillés par des matières fécales, humaine ou animales.

Il existe cinq types différents de micro-organismes dans les déchets [42]. Quelques notions de microbiologie sont présentées dans le chapitre ci-dessous.

- Les bactéries

Les bactéries sont des cellules procaryotes : cellules primitives qui ne possèdent pas de vrai noyau mais un appareil nucléaire simplifié. Leur reproduction est asexuée par division de cellules. Les bactéries forment un groupe d'une grande diversité comprenant plus de 250 genres et plusieurs milliers d'espèces, dont les bactéries pathogènes ne représentent qu'une faible part. Certaines bactéries pathogènes sont capables de sporuler lorsque les conditions de milieu leur sont défavorables (*Bacillus anthracis*, *Clostridium sp.*).

La forme (bacilles, cocci ou coccobacilles) des bactéries et leur affinité pour les colorants constituent la base de leur classification. La plupart prennent la coloration de Gram, les bactéries à Gram positif en bleu-violet, les bactéries à Gram négatif en rose. La différence de coloration correspond à des différences fondamentales au niveau de l'enveloppe cellulaire de deux classes de bactéries :

- Les bactéries Gram-positives (Staphylocoques, streptocoques, *Bacillus*, *Clostridium*, *Listeria*, *Corynebacterium*, ...) ont une paroi constituée de plusieurs couches de peptidoglycanes, qui lui confèrent une grande résistance.

- Les bactéries Gram-négatives ont une couche fine de peptidoglycane (qui peut avoir des effets délétères) entourée d'une membrane externe supplémentaire agissant comme une barrière (constituée d'endotoxines dont les effets biologiques sur l'homme sont connus et liés aux lipopolysaccharides). *Shigella*,

Enterobacter, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Escherichia* sont parmi les genres les plus fréquemment retrouvés, très largement répandus dans l'environnement et le tube digestif animal et humain.

La flore intestinale de l'homme contient 300 à 400 espèces de bactéries, qui sont toutes susceptibles d'être rencontrées dans les déchets organiques d'origine urbaine.

- Les virus

Les virus sont des entités particulières qui se situent à la limite entre les êtres vivants et les macromolécules. Ils ne possèdent aucune activité métabolique autonome et dépendent donc de la cellule-hôte pour se reproduire.

Ce sont les seuls micro-organismes comportant un seul acide nucléique, ADN ou ARN. Ils ne disposent pas de l'équipement enzymatique nécessaire pour leur réplication et leur multiplication est donc strictement intracellulaire. Ils n'ont ni paroi ni organisation cellulaire mais ils possèdent une coque protéique qui protège le génome et certains, de plus, possèdent une enveloppe lipidique (virus enveloppés). Leur taille varie de 20 à 200 nm environ. Les virus non enveloppés sont capables de survivre plus longtemps dans un milieu inanimé que ceux qui possèdent une enveloppe.

Leur pouvoir pathogène est du à l'inactivation de la fonction des cellules qui les hébergent ou à leur destruction. Les virus peuvent infecter l'hôte à travers la peau et les muqueuses au niveau des voies respiratoires, gastro-intestinales ou après un contact sexuel.

La classification des virus est basée sur l'organisation du génome (ADN ou ARN), la symétrie de leur coque protéique (capside) et sur l'existence ou non d'une enveloppe lipidique.

Ainsi, les virus sont des parasites des cellules vivantes. Plus de 140 virus entériques, excrétés dans les selles d'individus infectés, sont susceptibles d'être détectés dans le milieu hydrique.

- Les parasites

Le parasite est un être organisé vivant qui, pendant tout ou partie de sa vie se nourrit au dépend d'un autre organisme vivant que l'on appelle son hôte. Parmi les parasites, on distingue :

- les helminthes qui sont des êtres pluricellulaires. Cette catégorie comprend les trématodes (bilharzies par exemple), les nématodes (*Ascaris*, oxyures, *Toxocara*, etc...) et les cestodes (ténia, botriocéphales).

- Les protozoaires qui sont des animaux unicellulaires vivant pour la plupart en milieu aquatique mais dont certains vivent en association avec un hôte de façon commensale ou symbiotique dans le tube digestif. Citons *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Toxoplasma*.

Les parasites ont un cycle de développement complexe au cours duquel plusieurs stades se succèdent (adulte, œufs, larves).

Les parasites susceptibles d'être rencontrés dans les déchets sont très nombreux.

- Les champignons

Les champignons représentent un groupe diversifié de micro-organismes dont le noyau est lié à la membrane et qui comporte plusieurs chromosomes (eucaryotes). Ils peuvent se présenter sous forme unicellulaire (levures) ou pluricellulaires (moisissures), lorsque les cellules s'allongent pour former des filaments qui constituent le mycélium.

Leur reproduction est essentiellement asexuée, mais un certain nombre de groupes se reproduisent aussi par des spores sexuées. Les principaux champignons pathogènes humains appartiennent au groupe des *Deuteromycetes* appelés champignons imparfaits car on n'a pas pu mettre en évidence chez eux une reproduction sexuée. Les spores asexuées sont facilement mises en suspension dans l'air.

Les champignons sont difficiles à classer. Pour cela, on utilise le plus souvent la morphologie des spores ou des colonies.

Les prions sont également pris en compte dans cette étude, bien que leur présence dans les déchets soit actuellement peu probable. En effet, ils n'ont pas été mis en évidence dans les déjections et la gestion de la chaîne alimentaire humaine et animale laisse espérer qu'ils ne sont pas présents dans les déchets alimentaires.

3. 2. 2. Méthode de recensement des micro-organismes pathogènes

La contamination biologique des déchets est inévitable. Elle est de plus relativement bien identifiée car de nombreuses publications recensent les organismes incriminés [3, 4, 23, 32, 40, 43, 47, 48, 67, 68, 77, 80, 90]. Concernant les DOM-TOM plus particulièrement, l'annexe 4 synthétise les données disponibles concernant les agents pathogènes présents dans ces régions susceptibles d'être présents dans les déchets.

La liste des pathogènes potentiellement présents dans les déchets organiques d'origine urbaine, transmissibles par voies environnementales (cf. figure 2), a pu être établie à partir de nombreuses publications (les références bibliographiques sont précisées dans l'annexe 1 et dans l'annexe 4 pour les agents particuliers des DOM-TOM). Elle reste essentiellement basée sur du "dire d'experts". Les pathogènes cités n'ont pas nécessairement été isolés dans des déchets d'origine urbaine, mais leur présence dans ces déchets a été jugée comme plausible par des experts.

Il est également important de noter que certains micro-organismes (tels que les *E. coli*, *Clostridium*,...pouvant être pathogènes sous certaines conditions) figurent dans la liste puisqu'ils sont visés par la réglementation.

3. 2. 3. Résultat : la liste des agents pathogènes potentiellement présents dans les déchets organiques d'origine urbaine, transmissibles par voie environnementale, en France métropolitaine et dans les DOM-TOM (Liste 1)

La *Liste 1* est donnée en annexe 1 de ce document (toutes les annexes figurant dans le tome 2 de ce mémoire).

3. 2. 4. Limites

Cette liste a été établie afin d'être la plus complète possible, mais ne peut en aucun cas être considérée comme exhaustive.

En effet, les pathogènes potentiellement présents dans les déchets sont innombrables. De plus, les concentrations et occurrence des agents biologiques dans les déchets sont variables, dans le temps (variations saisonnières) et dans l'espace (variations selon les régions et les départements, notamment les DOM-TOM). Les populations sont également naturellement soumises à un certain niveau d'infection. Enfin, certains germes peuvent apparaître comme opportunistes.

3. 2. 5. Quelques données générales sur les pathogènes recensés et le danger qu'ils représentent pour la santé humaine.

Le *Tableau 1A* (descriptions générales) et le *Tableau 1B* (critères de danger), figurant en annexe 2 et 3, donnent de façon succincte quelques informations sur chacun des agents pathogènes listés précédemment. Les références bibliographiques relatives à chacun des micro-organismes sont données dans ces tableaux.

3. 3. Sélection des agents d'intérêt sanitaire en France et spécificités des DOM-TOM.

3. 3. 1. Principe

Parmi tous les pathogènes listés précédemment, seuls quelques-uns présentent un réel intérêt sanitaire en France (métropole ou DOM-TOM). L'idéal aurait été d'identifier clairement les agents microbiens dangereux pour la santé humaine et les différents effets associés à ces dangers.

Pour comprendre les problèmes spécifiques posés par le champ microbiologique en matière d'identification des dangers, un rappel de quelques notions concernant la pathogénicité des agents microbiens

est présentée [17]. Les agents microbiens peuvent agir selon plusieurs mécanismes (les effets peuvent être de nature infectieuse ou toxique) induisant des réponses différentes de l'hôte (absence d'infection, infection asymptomatique, effet de type aigu ou chronique). Le pouvoir pathogène est la résultante de l'action d'un micro-organisme et de la réceptivité de l'organisme hôte. Les micro-organismes pathogènes spécifiques produisent des effets spécifiques chez l'homme bien portant alors que les pathogènes opportunistes se manifestent chez des sujets aux défenses amoindries. De plus, les effets d'un agent peuvent différer en fonction de la personne ou de la population exposée (d'une personne ou d'une population à une autre, le statut immunitaire peut être différent).

Dans une évaluation des risques, la sélection des agents passe par un travail qui doit se baser sur l'épidémiologie (ex : données d'incidence), l'étude des cas cliniques (ex : relevé d'effets sévères) et la microbiologie environnementale (ex : milieu et voies d'exposition compatibles avec l'activité considérée, possibilités de survie du germe) [17]. Ce dernier point sera étudié dans la prochaine étape de ce mémoire.

Malheureusement, pour beaucoup de micro-organismes, l'identification des dangers par la voie épidémiologique est difficile. Les données scientifiques sont lacunaires, notamment pour les raisons suivantes :

- Le nombre de cas est toujours sous-estimé dans les relevés en particulier parce que les individus ne consultent pas nécessairement un médecin, parce que certains cas sont asymptomatiques et parce qu'il n'y a pas forcément de prélèvement clinique réalisé,
- Seuls les effets aigus sont associés à une exposition particulière, et les effets chroniques sont souvent peu reconnus et documentés.

De plus, concernant le risque lié aux déchets en général, il existe peu de résultats quantitatifs. Les quelques données épidémiologiques concernant les populations habitant autour de stations d'épuration ne semblent pas mettre en évidence d'effets. Concernant le retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine, peu d'études ont été réalisées en France et aucun cas de maladie, liée à un épisode correctement conduit de retour au sol de déchets, n'a jamais été rapporté en France.

Ainsi, les taux d'incidence et de prévalence des pathologies autres que les maladies à déclaration obligatoire sont souvent méconnus (comme le confirme les résultats du **Tableau 1A** de l'annexe 2). Même si la gravité des symptômes est en général connue, les éléments scientifiques en termes d'épidémiologie sont insuffisants pour pouvoir sélectionner les pathogènes prioritaires à considérer.

Notre sélection a donc été orientée vers d'autres critères, non plus strictement épidémiologiques mais plus généraux. Ce sont des listes de pathogènes, établies par des experts, qui ont permis de juger de l'importance sanitaire des pathogènes. Ces classements existent pour répondre à des objectifs certes différents, mais ils ont le mérite de mettre en évidence les micro-organismes d'intérêt.

Les critères de sélection retenus sont les suivants :

- Pathogènes à caractère réglementaire,
- Pathogènes visés par un Centre National de Référence (CNR),
- Pathogènes des groupes 2, 3 ou 4 de la réglementation professionnelle,
- Maladies à déclaration obligatoire (MDO),
- Parasites, levures et champignons d'intérêt sanitaire en métropole (selon manuel ANOFEL),
- Pathogènes d'intérêt dans les DOM-TOM, répertoriés par la Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie (CIRE) de la région Antilles-Guyane, les Hôpitaux de Marseille et le manuel ANOFEL,
- Pathogènes issus de la liste des agents d'intérêt sanitaire vétérinaire, pour les micro-organismes à vocation animale (liste de l'Office International des Epizooties (OIE)),
- Pathogènes importants du point de vue scientométrique (classés selon le nombre de références sur plusieurs bases de données telles que MedLine, INIST, ISI Current Contents),

➤ Pathogènes prioritaires dans le domaine des zoonoses non alimentaires (classement réalisé par l' Institut de Veille Sanitaire (InVS)).

Les références bibliographiques ayant permis l'élaboration de ces critères sont précisées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Les différents critères de sélection utilisés et leurs références bibliographiques

Critères de sélection	Références bibliographiques
Pathogènes classés dans les groupes 2, 3 ou 4 de la réglementation professionnelle.	- Arrêté du 18 juillet 1994 fixant la liste des agents biologiques pathogènes. J.O. du 30 juillet 1994. [75] - Arrêté du 30 juin 1998 modifiant l'arrêté du 18 juillet 1994 fixant la liste des agents biologiques pathogènes. J.O. du 22 juillet 1998. [76]
Pathogènes visés par un Centre National de Référence (CNR).	- Arrêté du 26 avril 2002 fixant la liste des Centres Nationaux de référence pour la lutte contre les maladies transmissibles et des laboratoires associés. J.O. n° 105 du 5 mai 2002. [73] - Arrêté du 8 Octobre 2002 complétant l'arrêté du 26 avril 2002. J.O. n° 242 du 16 octobre 2002. [74]
Maladies à Déclaration Obligatoire.	Institut de Veille Sanitaire. <i>Déclarer, agir, prévenir - Le nouveau dispositif de surveillance des maladies à déclaration obligatoire.</i> Janvier 2003. [63]
Parasites, levures et champignons d'intérêt sanitaire en France entière (micro-organismes rencontrés en France, selon le manuel ANOFEL).	Association Française des Enseignants de parasitologie, ANOFEL. <i>Parasitologie Mycologie.</i> Collection Références, 6ème édition, 1998. [8]
Pathogènes d'intérêt dans les DOM-TOM (micro-organismes répertoriés par la CIRE Antilles Guyane, par les Hôpitaux de Marseille et par le manuel ANOFEL).	- Chaud P., Bateau A., Bazely P. <i>La surveillance des maladies infectieuses et parasitaires aux Antilles et en Guyane - Détermination des priorités par les professionnels de santé.</i> CIRE Antilles Guyane, Institut de Veille Sanitaire, mai 2001. [30] - Assistance Publique, Hôpitaux de Marseille, Service des maladies infectieuses et tropicales. <i>Conseils aux voyageurs, Fiches pays.</i> Avril 2003. [61] - Association Française des Enseignants de parasitologie, ANOFEL. <i>Parasitologie Mycologie.</i> Collection Références, 6ème édition, 1998. [8]
Pathogènes d'intérêt sanitaire vétérinaire (appartenant à la liste établie par l'OIE).	Code zoosanitaire international - Office International des Epizooties. <i>Classification OIE des maladies.</i> Février 2003. [84]
Pathogènes importants du point de vue scientométrique (importance rapportée selon le nombre de références du pathogène dans plusieurs bases de données).	Bases de données étudiées : INIST, PubMed (MedLine), ISI Currents Contents
Pathogènes prioritaires dans le domaine des zoonoses non alimentaires (classement InVS)	Institut de Veille Sanitaire. <i>Définition des priorités dans le domaine des zoonoses non alimentaires.</i> Janvier 2002. [93]

Chacun de ces classements a été créé dans des contextes différents, pour répondre à des objectifs différents. Les paragraphes suivants apportent quelques éléments descriptifs de chacun des critères.

Les agents biologiques au travail

L'article R. 231-61-1 du décret n°94-352 du 4 Mai 1994 classe les agents pathogènes en quatre groupes en fonction de la gravité de la maladie provoquée, du pouvoir épidémiogène de l'agent biologique, de l'existence d'une prophylaxie ou d'un traitement efficace [75, 76].

Groupe 2 : agent biologique pouvant provoquer une maladie chez l'homme et constituer un danger pour les travailleurs ; leur propagation dans la collectivité est peu probable ; il existe en général une prophylaxie ou un traitement efficace.

Groupe 3 : agent biologique pouvant provoquer une maladie grave chez l'homme et constituer un danger sérieux pour les travailleurs ; leur propagation dans la collectivité est possible, mais il existe généralement une prophylaxie ou un traitement efficace.

Groupe 4 : agent biologique pouvant provoquer une maladie grave chez l'homme et constituer un danger sérieux pour les travailleurs ; leur propagation dans la collectivité est élevée, mais il n'existe généralement ni prophylaxie ni traitement efficace.

Les pathogènes visés par un Centre National de Référence

L'arrêté du 26 Avril 2002 et du 8 Octobre 2002 fixe la liste des Centres Nationaux de Référence (CNR) pour la lutte contre les maladies transmissibles et des laboratoires associés [73, 74]. Ces CNR peuvent être rattachés à l'Institut Pasteur, à des universités ou des laboratoires.

Les maladies à déclaration obligatoire (MDO)

La liste des maladies à Déclaration Obligatoire est fixée dans le décret du 10 Juin 1986, modifié le 11 Septembre 1987, le 19 Septembre 1996 et le 6 Mai 1999.

L'inscription d'une maladie sur la liste des maladies à déclaration obligatoire fait l'objet d'une décision du ministre de la Santé rendue publique par décret, après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF). Elle traduit la volonté de l'état de disposer de données sur une maladie afin de préserver la santé de la population [63].

Pour figurer sur cette liste, les maladies doivent répondre à deux types de critères définis par le CSHPF.

Des critères principaux, par ordre d'importance :

- les maladies qui justifient de mesures exceptionnelles à l'échelon international telles que la peste, le choléra et la fièvre jaune que le ministère de la Santé doit déclarer à l'Organisation mondiale de la santé (OMS). La réapparition de cas de variole
- les maladies qui nécessitent une intervention urgente à l'échelon local, régional ou national : leur signalement déclenche des enquêtes, des mesures préventives (méningite à méningocoque, poliomyélite, diphtérie, tuberculose...) et des mesures correctives pour agir sur la source de contamination (toxi-infection alimentaire collective, légionellose...);
- les maladies pour lesquelles une évaluation des programmes de prévention et de lutte menés par les pouvoirs publics est nécessaire pour en mesurer l'efficacité et au besoin les adapter (sida, tuberculose, tétanos ...);
- les maladies graves dont il est nécessaire d'évaluer et de suivre la létalité, la morbidité et le risque de séquelles (sida, légionellose ...);
- les maladies pour lesquelles il existe un besoin de connaissances comme les maladies émergentes ou mal connues (maladie de Creutzfeldt-Jakob).

Des critères de faisabilité :

- la maladie ne doit pas être trop fréquente pour garantir un bon niveau de notification et permettre une réponse rapide des services déconcentrés ;
- la disponibilité d'une définition ou d'une classification des cas simple et spécifique pour que la déclaration soit facile ;
- la déclaration doit être acceptée par le milieu médical et par la société ;
- le coût de mise en œuvre de la surveillance pour les acteurs doit rester proportionné aux enjeux de santé publique que présente la surveillance de la maladie.

On compte aujourd'hui 26 maladies sur la liste des maladies à déclaration obligatoire. Trois maladies ont été inscrites récemment dans le cadre de la lutte contre le bio-terrorisme : le charbon, la tularémie et les oxthopoxviroses dont la variole.

La classification OIE des maladies

Le Code zoosanitaire international, dans ses articles 1.1.3.2 et 1.1.3.3, établit deux listes de maladies d'intérêt sanitaire vétérinaire [84].

Liste A : maladies transmissibles qui ont un grand pouvoir de diffusion et une gravité particulière, susceptible de s'étendre au-delà des frontières nationales, dont les conséquences socio-économiques ou sanitaires sont graves et dont l'incidence sur le commerce international des animaux et des produits d'origine animale est très importante.

Liste B : maladies transmissibles qui sont considérées comme importantes du point de vue socio-économique et/ou sanitaire au niveau national et dont les effets sur le commerce international des animaux et des produits d'origine animale ne sont pas négligeables.

Toutes les pathologies listées dans ce mémoire et appartenant à la classification de l'OIE sont de classe B.

Pathogènes d'importance sanitaire - approche scientométrique

La principe de l'approche scientométrique a été ici de calculer le nombre de références disponibles dans plusieurs bases de données, pour chacun des agents pathogènes. Concrètement, la recherche a été réalisée, pour chacune des espèces de micro-organismes, sur une période d'environ dix ans. Plusieurs bases de données ont été utilisées (INIST : domaines variés, MedLine : domaine médical ; Isi Currents Contents : domaines de l'agriculture, la biologie et l'environnement). Selon le nombre de références citées, la méthode de hiérarchisation a été de classer les pathogènes en quartiles et de définir ainsi quatre niveaux d'importance.

Zoonoses non alimentaires

En juillet 2000, l'Institut de Veille Sanitaire a entrepris un processus de hiérarchisation des zoonoses non alimentaires dans l'objectif de déterminer les priorités et les moyens à mettre en œuvre afin d'améliorer la connaissance, la prévention et le contrôle de ces maladies [93].

Ont été considérées comme zoonoses non alimentaires les pathologies transmises de l'animal à l'homme, avec ou sans vecteur, pour lesquelles la transmission n'est pas strictement alimentaire. Des zoonoses pouvant résulter d'une contamination à partir de l'animal ou d'une consommation de denrées d'origine animale ont été incluses.

La méthodologie, fondée sur la discussion et l'analyse par un groupe d'experts intervenant en matière de santé publique et vétérinaire, consistait en partie à définir la liste des maladies à prendre en compte et classer les maladies en fonction de leur importance en santé publique.

A partir d'une première liste de 37 maladies analysées en fonction de critères définis par le groupe, 11 maladies ont été classées prioritaires, 9 importantes et 17 non prioritaires. Les critères de hiérarchisation adoptés par le groupe d'experts sont :

- la santé publique humaine : épidémiologie (incidence, prévalence, mortalité, létalité, sévérité, potentiel évolutif) et mesures de prévention et de contrôle (mesures d'hygiène, groupes à risque, vaccin, mesures réglementaires),
- la santé publique vétérinaire (vaccin, programme de contrôle et système de surveillance à l'échelle nationale ou régionale),
- les programmes internationaux de surveillance,
- l'impact économique pour la collectivité (qui n'a pas pu être renseigné par manque d'informations).

Les parasites, levures et champignons d'importance sanitaire en France

Le manuel ANOFEL fournit des données épidémiologiques, cliniques, biologiques thérapeutiques et prophylactiques concernant les parasitoses et mycoses d'importance sanitaire [8]. La répartition géographique est indiquée pour la plupart des pathogènes.

Les maladies infectieuses et parasitaires d'importance sanitaire dans les DOM TOM

- Le site internet "Assistance Publique - Hopitaux de Marseille - Service des maladies infectieuses et tropicales", rubrique Conseils aux voyageurs, délivre des fiches-pays listant les pathologies susceptibles d'être

rencontrées dans de nombreux pays ou DOM [61].

- La publication de l'InVS "Les maladies infectieuses et parasitaires prioritaires aux Antilles et en Guyane" a permis de classer les pathologies par ordre de priorité en Guadeloupe, Martinique et Guyane.

Les résultats donnés résultent d'une consultation d'une quarantaine d'experts des trois départements (médecins hospitaliers, biologistes, médecins sentinelles et médecins de santé publique) à qui il a été demandé d'identifier et de hiérarchiser les maladies [30].

La question posée était de classer par ordre de priorité des maladies infectieuses dont une première liste avait déjà été établie à partir de plusieurs sources (Maladies à Déclaration Obligatoire, maladies déjà surveillées par les DDASS, maladies jugées comme importantes par les Médecins inspecteurs de santé publique de la région).

Le classement devait être effectué de manière relative entre les maladies et en utilisant pour chaque maladie 8 critères classiques de choix de priorité :

- gravité,
- fréquence locale,
- intervention possible et efficace,
- pathologie spécifique du département,
- potentiel épidémique,
- existence d'un programme régional spécifique.

- Le manuel ANOFEL fournit des données épidémiologiques, cliniques, biologiques thérapeutiques et prophylactiques concernant les parasitoses et mycoses d'importance sanitaire [8]. La répartition géographique est indiquée pour la plupart des pathogènes.

Les informations obtenues par ces différentes sources de données sont détaillées dans la dernière partie de ce mémoire qui concerne notamment les spécificités géographiques des DOM-TOM.

3. 3. 2. Méthode de sélection

Tout d'abord, les pathogènes à caractère réglementaire ont été isolés de la *Liste 1*, leur intérêt n'étant pas remis en cause.

Les micro-organismes prioritaires étant différents en métropole et dans les DOM-TOM, deux listes distinctes de pathogènes ont été établies : celle relative à la France entière et celle spécifique aux DOM-TOM.

Pour chaque liste, les critères de sélection ont été différents et sélectionnés parmi ceux du tableau précédent. Les critères primaires ont permis de réaliser une première sélection. Des critères secondaires ont ensuite permis d'appuyer ou non les choix faits précédemment. Le choix des critères primaires et secondaires résulte du fait que :

- En métropole : Les CNR et MDO concernent essentiellement des agents bactériens, donc ont pu constituer des critères de sélection pour les bactéries. Concernant les virus, un autre critère a été ajouté pour élargir la liste des virus présentant un intérêt : il s'agit de l'importance sanitaire de chacun des virus, évaluée grâce à une approche scientométrique. Les parasites, levures et champignons potentiellement présents en métropole ont pu être sélectionnés grâce aux indications du manuel d'ANOFEL.

- Dans les DOM-TOM : La spécificité des DOM-TOM a pu être mise en évidence grâce aux publications de la CIRE Antilles Guyane, du service des maladies infectieuses et tropicales de l'Hôpital de Marseille et de l'Association Française des Enseignants de Parasitologie (ANOFEL). L'annexe 4 synthétise ces informations.

Pour chaque type de pathogène et chaque région considérée (France entière ou DOM-TOM uniquement), les différents critères ayant permis de réaliser la sélection sont explicités dans le tableau 6.

Tableau 6 : La méthode de sélection : les critères primaires et secondaires

Pathogènes	Critères de sélection primaires	Critères de sélection secondaires
Bactéries d'intérêt en France	Bactéries classées dans les groupes 2, 3 ou 4 de la réglementation professionnelle (filtre 1 : groupe 2 ou groupe 3 ou groupe 4) ET visées par un Centre National de Référence (filtre 1' : CNR) OU Maladies à Déclaration Obligatoire (filtre 2 : MDO, non discriminant en réalité)	Bactéries d'intérêt sanitaire vétérinaire (appartenant à la liste établie par l'OIE)
		Bactéries importantes du point de vue scientométrique
		Bactéries prioritaires dans le domaine des zoonoses non alimentaires (classement InVS)
Virus d'intérêt en France	Virus classés dans les groupes 2, 3 ou 4 de la réglementation professionnelle (filtre 1 : groupe 2 ou groupe 3 ou groupe 4) ET visés par un Centre National de Référence (filtre 1' : CNR) OU Maladies à Déclaration Obligatoire (filtre 2 : MDO, non discriminant en réalité) OU Virus importants du point de vue scientométrique (filtre 3 : +++ ou ++)	Virus d'intérêt sanitaire vétérinaire (appartenant à la liste établie par l'OIE)
		Virus prioritaires dans le domaine des zoonoses non alimentaires (classement InVS)
Parasites, levures et champignons d'intérêt en France.	Parasites, levures et champignons rencontrés en France entière selon le manuel ANOFEL (filtre : France entière)	Bactéries classées dans les groupes 2, 3 ou 4 de la réglementation professionnelle
		Bactéries visées par un Centre National de Référence (CNR)
		Maladies à Déclaration Obligatoire
		Bactéries d'intérêt sanitaire vétérinaire (appartenant à la liste établie par l'OIE)
		Bactéries importantes du point de vue scientométrique
		Bactéries prioritaires dans le domaine des zoonoses non alimentaires (classement InVS)
Pathogènes d'intérêt dans les DOM-TOM.	Pathogènes répertoriés par la CIRE Antilles Guyane, par les Hôpitaux de Marseille et par le manuel ANOFEL (filtre : Martinique ou Guadeloupe ou Guyane ou Réunion ou Mayotte)	

Enfin, les listes issues de cette sélection (c'est-à-dire celles des pathogènes retenus et celle des agents éliminés) ont fait l'objet d'une dernière correction. En effet, des pathogènes ont pu être ajoutés ou éliminés des deux listes sur la base de considérations pertinentes (pathogène dangereux au sens bioterroriste par exemple).

Ainsi, pour chaque zone géographique considérée (France entière ou DOM-TOM uniquement), une liste d'agents d'intérêt sanitaire a pu être établie.

Pour cette étape, plusieurs documents utiles à la compréhension de la méthode de sélection figurent dans les annexes 5, 6 et 7.

- Annexe 5 : la **Grille 1** donne tous les critères primaires et secondaires renseignés des agents de la **Liste 1**,
- Annexe 6 : la **Sélection France entière** correspond au résultat obtenu lors de l'application des critères primaires et secondaire relatifs à la France entière.
- Annexe 7 : la **Sélection DOM-TOM** correspond au résultat obtenu lors de l'application des critères primaires et secondaire relatifs aux DOM-TOM.

Les éléments pertinents de la phase finale de correction permettant d'affiner cette sélection sont indiqués dans chacune de ces annexes.

3. 3. 3. Résultat : la liste des pathogènes d'intérêt sanitaire en France et de ceux prioritaires dans les DOM-TOM (Liste 2).

Les deux sélections précédentes (une pour la France, l'autre pour les DOM-TOM) ont permis d'établir la **Liste 2** correspondant à l'ensemble des pathogènes retenus.

Le tableau 7 donne la liste des micro-organismes pathogènes visés par la réglementation.

Tableau 7 : Liste des agents pathogènes visés par la réglementation

Micro-organismes visés par la réglementation (9 au total)		Pathologie, symptômes	Textes réglementaires concernés
Genre	Espèce		
BACTERIES	<i>Clostridium</i>	<i>C. perfringens</i>	Entérotoxémies, gangrènes,...
	Entérocoques		
	<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i>	
	<i>Listeria</i>	<i>L. monocytogenes</i>	Listériose.
	<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella spp</i>	
	<i>Staphylococcus</i>	<i>S. aureus</i>	Maladies diarrhéiques, infections cutanées.
VIRUS	Enterovirus		Réglementation boues
PARASITES	Helminthes		Helminthiases
CHAMPIGNONS	<i>Aspergillus</i>	<i>A.fumigatus</i>	Aspergillose (infection des voies respiratoires supérieures, mycoses profondes)

Les bactéries, les virus, les parasites, les levures, les champignons et les ATNC retenus grâce à la méthode de sélection précédente et présentant donc un intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM sont listés dans les tableaux 8, 9, 10 et 11 dont l'ensemble forme la **Liste 2**.

Tableau 8: Liste des bactéries d'intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM.

Bactéries retenues (30 au total)		Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt	
Genre	Espèce			
<i>Brucella</i>	<i>B. abortus</i>	Brucellose.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Brucella</i>	<i>B. melitensis</i>		France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Brucella</i>	<i>B. suis</i>		France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Bordetella</i>	<i>B. pertussis</i>	Coqueluche	France entière	Guadeloupe Martinique
<i>Campylobacter</i>	<i>C. Coli</i>	Campylobacterioses (diarrhées)..	France entière	
<i>Campylobacter</i>	<i>C. jejuni</i>		France entière	
<i>Clostridium</i>	<i>C. botulinum</i>	Botulisme	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Clostridium</i>	<i>C. tetani</i>	Tétanos	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Chlamydiae</i>	<i>C. psittaci</i>	Psittacose	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Corynebacterium</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Diphthérie	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Réunion
<i>Coxiella</i>	<i>C. burnetii</i>	Fièvre Q.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli entéro hémorragique EHEC (ex : O157 : H7)</i>	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	France entière	
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli entéro pathogène EPEC</i>	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	France entière	
<i>Haemophilus</i>	<i>H. influenzae</i>	Infections des voies respiratoires et méningites sévères des voies respiratoires.	France entière	
<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Ulcère de l'estomac.	France entière	
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Legionellose.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>	Leptospirose.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Mycobacterium</i>	Mycobactéries atypiques	Mycobactérioses	France entière	
<i>Mycobacterium</i>	<i>M. bovis</i>	Tuberculoses.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Mycobacterium</i>	<i>M. tuberculosis</i>	Tuberculoses.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhi</i>	Fièvres typhoïdes.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Salmonella</i>	<i>S. paratyphi</i>	Fièvres paratyphoïdes.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhimurium</i>	Toxi-infections alimentaires.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Salmonella</i>	<i>S. enteritidis</i>	Toxi-infections alimentaires.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i>	Shigellose.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Shigella</i>	<i>S. flexneri</i>		France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Shigella</i>	<i>S. sonnei</i>		France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Shigella</i>	<i>S. boydii</i>		France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i>	Choléra.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
<i>Yersinia</i>	<i>Y. enterocolitica</i>	Entérocolite, septicémie.	France entière	

Tableau 9 : Liste des parasites d'intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM.

Parasites retenus (17 au total)				Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt	
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce			
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	Amibiase : diarrhée, abcès intestinaux.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Protozoaires	Flagellés	<i>Giardia</i>	<i>G. lamblia ou intestinalis</i>	Giardiase.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. parvum</i>	Cryptosporidiase.	France entière	
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Toxoplasma</i>	<i>T. gondii</i>	Toxoplasmose	France entière	Guyane
Métazoaires	Nématodes	<i>Ancylostoma</i>	<i>A. duodenale</i>	Ankylostomose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Métazoaires	Nématodes	<i>Ascaris</i>	<i>A. lumbricoides</i>	Ascariadiase.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Métazoaires	Nématodes	<i>Enterobius</i>	<i>E. vermicularis</i>	Oxyurose.	France entière	
Métazoaires	Nématodes	<i>Necator</i>	<i>N. americanus</i>	Ankylostomose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Métazoaires	Nématodes	<i>Strongyloides</i>	<i>S. stercoralis</i>	Anguillulose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Métazoaires	Nématodes	<i>Trichuris</i>	<i>T. trichiura</i>	Trichocéphalose.	France entière	Réunion
Métazoaires	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. canis</i>	Toxocarose.	France entière	Martinique Mayotte Réunion
Métazoaires	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. cati</i>		France entière	Martinique Mayotte Réunion
Métazoaires	Nématodes	<i>Trichinella</i>	<i>T. spiralis</i>	Trichinellose		Réunion
Métazoaires	Cestodes	<i>Echinococcus</i>	<i>E. granulosus</i>	Echinococcose.	France entière	
Métazoaires	Cestodes	<i>Echinococcus</i>	<i>E. multilocularis</i>		France entière	
Métazoaires	Cestodes	<i>Taenia</i>	<i>T. saginata</i>	Taeniase	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Métazoaires	Cestodes	<i>Taenia</i>	<i>T. solium</i>	Taeniase		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion

Tableau 10 : Liste des virus d'intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM.

Virus retenus (13 au total)		Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt	
<i>Genre</i>	<i>Espèce</i>			
Astrovirus	Astrovirus humains	Gastro-entérite.	France entière	
Calicivirus	Virus de Norwalk	Gastro-entérite.	France entière	
Calicivirus	Sapporo-like virus	Gastro-entérite.	France entière	
Coronavirus	Coronavirus humains	Entérocolite.	France entière	
Enterovirus	Virus poliomyélitiques (<i>Poliovirus</i>)	Paralysie, méningite, fièvre, poliomyélite.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Enterovirus	Virus coxsackie A (<i>Coxsackievirus</i>)	Méningite, infection respiratoire, herpangine.	France entière	
Enterovirus	Virus coxsackie B (<i>Coxsackievirus</i>)	Myocardite, éruption cutanée, méningite, fièvre, diarrhée.	France entière	
Enterovirus	Virus Echo (<i>Echovirus</i>)	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.	France entière	
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite A	Hépatite infectieuse	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite E	Hépatite infectieuse	France entière	Mayotte Réunion
Mastadénovirus	Adénovirus humains	Infection respiratoire, conjonctivite et gastro entérite.	France entière	
Parvovirus	Parvovirus humains	Méningite, encéphalite, conjonctivite.	France entière	
Rotavirus	Rotavirus humains	Gastro-entérite.	France entière	Guadeloupe

Tableau 11 : Liste des champignons, levures et ATNC d'intérêt sanitaire en France ou plus particulièrement dans les DOM-TOM.

Levures, champignons, ATNC retenus (4 au total)		Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt	
<i>Genre</i>	<i>Espèce</i>			
Levure	<i>Candida albicans</i>	Candidose (infections digestives, cutanéomuqueuses).	France entière	
Levure	<i>Cryptococcus neoformans</i>	Cryptococcose (manifestations pulmonaires, cutanées).	France entière	Guyane
Champignon	<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmose (mycoses)		Guadeloupe Martinique Guyane
ATNC	Prion	ESST	France entière	Guyane Guadeloupe Réunion

3. 3. 4. Limites

La sélection opérée ci dessus comporte plusieurs biais. En effet, les pathogènes ont été sélectionnés sur la base de critères très variés, notamment l'importance économique et l'importance scientométrique. L'épidémiologie de la maladie et la dangerosité de l'agent, qui auraient été les seuls critères importants à considérer, sont pris en compte de manière implicite mais non exclusive dans ces classements.

3.4. Hiérarchisation des micro-organismes à prendre en compte dans l'évaluation des risques liés au retour au sol des déchets.

3. 4. 1. Principe

Le but est de définir les agents prioritaires à prendre en compte et de fournir au lecteur des informations sur ces agents.

Compte-tenu du temps imparti pour réaliser ce travail, le choix a été fait de concentrer les efforts sur une quarantaine de pathogènes. Ces micro-organismes feront l'objet de fiches descriptives complètes.

Il est donc maintenant nécessaire de mettre au point une méthode de hiérarchisation des pathogènes de la *Liste 2*, l'objectif étant de sélectionner ceux dont la contamination de l'homme par le retour au sol des déchets est la plus plausible.

L'objectif de cette étude n'étant pas d'évaluer la réglementation, les agents à caractère réglementaire avaient été écartés de la liste dès la première phase de cette étude. Cependant, certains de ces agents sont seulement des indicateurs de traitement alors que d'autres sont des agents pathogènes sans conteste (salmonelles, *Listeria*, helminthes, enterovirus). Ces derniers ont donc été ajoutés à liste des agents faisant l'objet d'une hiérarchisation afin de balayer tous les agents pathogènes potentiellement présents dans les déchets.

3. 4. 2. Méthode de hiérarchisation des pathogènes selon la plausibilité de la contamination de l'homme par le retour au sol des déchets.

Trois critères ont été considérés lors de cette étape :

- La probabilité de présence du pathogène dans les déchets (basée sur, par exemple, des pourcentages d'échantillons positifs lors de campagnes de mesure, ou bien sur les taux d'incidence ou les niveaux de vaccination pour certains pathogènes)
 - La probabilité de survie du micro-organisme dans l'environnement (basée sur des données acquises de temps de survie des pathogènes dans l'environnement),
 - La compatibilité de la voie d'exposition du micro-organisme avec le schéma d'exposition retenu (rappelons que les populations considérées ont été : la population générale et les travailleurs).
- La combinaison de ces trois critères a permis d'établir un niveau de plausibilité global pour chaque pathogène.

De nombreuses sources bibliographiques ont permis de renseigner ces critères (rapports, publications, dire d'experts). Cependant, les informations relatives à certains pathogènes étant parfois lacunaires, le niveau de probabilité attribué à chacun des critères s'est avéré plus ou moins sûr.

La méthode employée pour réaliser la hiérarchisation a donc été de construire un couple d'indicateurs pour chaque pathogène : un indicateur de plausibilité et un indicateur de niveau d'incertitude quant à ce résultat.

- L'indicateur de plausibilité a été calculé de la façon suivante : pour chaque critère, une cote de 0 (niveau quasi nul), 1 (niveau faible), 2 (niveau moyen) ou 3 (niveau fort) a été attribuée. Le niveau de plausibilité global a été construit par multiplication de ces trois cotes.
- Le niveau d'incertitude est la somme des niveaux d'incertitude de chacun des critères (s'échelonnant des incertitudes faibles (+), moyennes (++) à fortes (+++)).

Finalement, dans la mesure où le nombre de pathogènes faisant l'objet de descriptions complètes ne pouvait dépasser la quarantaine, seuls les pathogènes dont le niveau de plausibilité était supérieur à 8 ont été considérés comme prioritaires et détaillés dans la suite de ce mémoire.

Pourtant, les incertitudes associées à ces résultats témoignent de la fragilité de nos conclusions.

3. 4. 3. Résultat : la liste des pathogènes prioritaires en France métropolitaine et dans les DOM-TOM.

La **Grille 2**, figurant en annexe 8, donne la liste des agents hiérarchisés selon la plausibilité de la contamination de l'homme par retour au sol des déchets.

Parmi ces agents d'intérêt sanitaire, seuls ceux dont le niveau de plausibilité était supérieur à 8 en France ou dans les DOM-TOM en particulier ont été retenus dans la suite de ce mémoire. Ils font fait l'objet de descriptions détaillées.

Ce sont, par ordre décroissant de niveau de plausibilité :

Pour les bactéries :

Listeria monocytogenes,
Yersinia enterocolitica,
Salmonella spp. (et particulièrement *S. enteritidis* et *S. typhimurium*),
Campylobacter Coli et *C. jejuni*,
Clostridium botulinum et *C. tetani*,
Shigella flexneri, *S. sonnei*, *S. boydii*, *S. dysenteriae*,
Salmonella typhi et *S. paratyphi*,
Leptospira interrogans.

Pour les parasites :

les helminthes,
Ascaris lumbricoides,
Taenia saginata et *T. solium*,
Giardia lamblia,
Strongyloides stercoralis,
Ancylostoma duodenale,
Necator americanus,
Toxoplasma gondii,
Trichuris trichiura,
Toxocara, canis et *T. cati*.

Il est à noter qu'aucun virus, champignon ou levure n'apparaît comme prioritaire. Les capacités de survie des virus paraissent limitées dans le milieu extérieur. Les voies d'exposition relatives aux levures et champignons semblent peu compatibles avec celles mises en jeu lors du retour au sol des déchets.

3. 4. 4. Limites

Il s'agit d'insister sur le fait que ces résultats peuvent être sujets à de nombreuses discussions.

Les limites établies entre chaque niveau ne sont pas clairement définies (puisque les données ne sont pas toutes comparables). Ainsi, les cotes restent à l'appréciation de chacun.

Le niveau égal à 8 a permis de distinguer les pathogènes prioritaires faisant l'objet de descriptions complètes des autres agents biologiques. Cette limite reste contestable, puisqu'elle est basée sur des contraintes matérielles.

De plus, ces résultats sont établis dans un cadre général, et ne prennent pas en considération d'éventuels risques spécifiques. Prenons l'exemple du choléra, qui n'apparaît pas ici comme prioritaire. En France, les cas sont rares et toujours importés. Si plusieurs cas étaient déclarés dans une région aéroportuaire, il est évident que la probabilité de présence du vibrion dans les déchets organiques de l'aéroport ou des avions pourrait augmenter localement, tout comme le niveau de plausibilité de contamination.

Enfin, les niveaux d'incertitude témoignent du fait que le niveau d'information concernant la plupart des pathogènes est insuffisant. Prenons l'exemple d' *E. coli* O157 : H7. Avec notre système de hiérarchisation, cette bactérie n'apparaît pas comme l'une des plus importantes à considérer (niveau de plausibilité égal à 6 et donc inférieur à 8). Très virulente et responsable de plusieurs épidémies dans le monde, la France ne s'est intéressée à ce pathogène qu'à partir de 1996. Des avancées ont été réalisées depuis quelques années, mais le niveau d'information reste encore faible. Compte tenu de l'émergence des épidémies et pour plus de sécurité, cette bactérie nous a semblé mériter d'être retenue dans la liste des agents prioritaires à considérer.

Cette hiérarchisation reste donc sujette à de multiples discussions. Pour tous les pathogènes concernés par de faibles niveaux d'informations, une validation des résultats est sans doute nécessaire. En effet, les niveaux de plausibilité sont issus du point de vue du généraliste (C. Brouillard) et de la confrontation d'avis lors du suivi du projet (I. Déportes, M. Legeas).

3. 4. 5. Réalisation de fiches descriptives complètes pour les pathogènes prioritaires à considérer dans l'évaluation des risques liés au retour au sol des déchets.

Les différents items renseignés dans les fiches sont précisés ci-dessous.

- **Dénomination**

La classe, la famille, le genre, l'espèce type et la pathologie sont indiqués dans cette partie.

- **Caractéristiques du pathogène**

Cet item comporte une description du genre ou des espèces considérées. La classification du micro-organisme y est indiquée.

- **Réglementation française**

Ce paragraphe répertorie les textes réglementaires français, concernant le retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine, dans lesquels les micro-organismes sont visés.

- **Répartition géographique**

Certains micro-organismes peuvent être cosmopolites, mais d'autres ne sont présents que dans certaines régions du monde. L'intérêt sanitaire du pathogène en France (métropole et DOM-TOM) ou l'intérêt particulier dans les DOM-TOM est spécifié dans cette partie.

Les éventuelles variations d'incidence régionales sont également notées.

- **Gamme d'hôtes**

L'homme, mais également les animaux, peuvent constituer un hôte du pathogène.

Danger pour la santé humaine

- **Pathogénicité et gravité de la maladie**

Les effets peuvent être de nature infectieuse ou toxique (exposition à des toxines produites par des micro-organismes). Un contact avec un micro-organisme peut se traduire par : l'absence d'infection ou une infection sans symptômes ou un effet de type aigu (d'intensité variable, de léger à sévère voire mortel) ou un effet de type chronique. La réceptivité de l'organisme hôte joue un rôle très important.

- **Populations sensibles**

Les populations sensibles (par exemple les femmes enceintes, les personnes âgées, les nouveaux-nés et les immunodéprimés) montrent des taux d'attaque et une sévérité des effets bien plus élevés que la population générale.

- **Epidémiologie de la maladie (réservoir, voie d'exposition, fréquence et incidence de la maladie)**

Le rôle joué par les réservoirs, qui constituent une source de contamination, est important. Ces réservoirs peuvent avoir un rôle simplement passif (et permettre la dispersion des germes) ou un rôle actif (en permettant la multiplication des germes).

Les voies d'exposition ont ensuite été définies.

Enfin, les données épidémiologiques disponibles pour chacun des pathogènes ont été recensées.

- **Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet**

La dangerosité intrinsèque peut être décrite par le couple formé par la DMI (qui correspond au nombre minimal de germes administrés pour induire une infection) et le taux d'attaque.

La relation dose-effet permet de relier le niveau d'exposition et la probabilité d'occurrence de développer un effet délétère. Elle peut être décrite par des valeurs ponctuelles : la Dose Minimale Infectante (DMI, qui représente le nombre minimal de germes administrés pour induire une infection), la dose provoquant une infection pour 50 % de la population (DI_{50}) ou la dose provoquant 50 % de mortalité (DL_{50}). Plus récemment, des modèles ont été développés pour définir l'ensemble de la courbe relation dose effet.

- **Traitement, vaccin**

Certaines pathologies peuvent être traitées, voire même faire l'objet de vaccins.

Exposition – Retour au sol

- **Existence de méthodes de mesure**

Les méthodes de mesure reposent sur des principes différents selon les micro-organismes, détaillés en annexe 10 de ce document.

La recherche de micro-organismes est souvent longue, coûteuse et peu adaptée. Les concentrations peuvent être très faibles par rapport à l'ensemble de la flore présente. Bien que viables et pouvant être infectieux, ils peuvent être difficilement cultivables. Leur mise en évidence et leur dénombrement peuvent alors être difficiles, peu significatifs et peu reproductibles. C'est pourquoi ce sont plus souvent des germes indicateurs, plus adaptés à l'analyse en routine, qui ont été recherchés dans le domaine des eaux et de l'alimentaire.

Les méthodes de mesure sur des prélèvements environnementaux sont pour la plupart des méthodes issues des domaines des eaux et de l'alimentaire (qui sont pour la plupart normées). Mais la complexité des matrices telles que les boues, sols, composts peuvent rendre la transposition de ces méthodes difficile.

Concernant les boues, des normes spécifiques sont en cours de développement pour quelques micro-organismes (*E. coli*, salmonelles et œufs d'helminthes).

- **Niveau de contamination des déchets d'origine urbaine**

Sur le nombre d'agents recensés, finalement peu ont été quantifiés dans les déchets.

Les informations sur la charge en pathogènes dans les déchets disponibles dans la littérature sont très fragmentaires, excessivement variables suivant les auteurs, parfois contradictoires. Les concentrations notées dans les fiches sont bien sûr indicatives, et elles dépendent à la fois de la qualité de la boue à l'entrée, du fonctionnement des procédés, de la population (état sanitaire car plus le niveau d'hygiène de la population est faible et la proportion d'enfants grande, plus la densité des déchets en micro-organismes pathogènes est importante), du réseau d'assainissement, des installations industrielles raccordées et des méthodes de mesure. De plus, la densité des pathogènes dépend de nombreux facteurs géographiques, socio-économiques et saisonniers.

- **Sensibilité aux agents chimiques et physiques**

Cet item a pour objectif de regarder par exemple l'influence de la température, du pH ou des désinfectants sur les pathogènes.

- **Résistance au traitement des déchets**

L'efficacité des filières vis-à-vis des pathogènes n'est pas toujours très bien connue : les résultats dans la littérature sont parfois contradictoires et manquent souvent de précision quant aux traitements utilisés et/ou aux conditions analytiques employées.

- **Capacité de survie dans l'environnement**

La survie dans l'environnement diffère d'un micro-organisme à un autre.

De manière générale, on peut dire que les virus recensés ici sont des virus nus et ont une structure suffisamment résistante pour tenir plusieurs jours dans le milieu extérieur.

De nombreux parasites et certaines bactéries sont capables de résister en s'adaptant dans le milieu extérieur. C'est en se transformant en une forme résistante jusqu'à trouver un nouvel hôte qu'ils peuvent survivre plusieurs mois, voire plusieurs années. Ainsi, les Bacillus (charbon) et Clostridies (tétanos,...) forment des spores et les parasites peuvent résister sous forme d'œufs ou de kystes (*Giardia*, *Ascaris*,..).

- **Transmissions secondaires**

Il s'agit de la transmission d'un agent pathogène d'un individu en contact avec le milieu contaminé étudié à d'autres personnes, non exposées à ce milieu. Ainsi une personne exposée à une source infectieuse peut, dans un deuxième temps, contaminer sa famille.

Ces contaminations secondaires peuvent par exemple avoir lieu lorsque les micro-organismes sont, selon les voies d'exposition en jeu, excrétés dans les selles, la salive ou les sécrétions nasales.

Ces transmissions secondaires constituent bien une spécificité du risque microbiologique, puisqu'elles n'existent pas pour des agents chimiques.

- **Variations saisonnières**

Certaines pathologies sont soumises à des variations d'incidence selon les saisons.

- **Références bibliographiques**

Sont indiquées dans cette partie les éléments bibliographiques des fiches de l'ADEME [3] pour les pathogènes dont l'ouvrage a servi de base à la rédaction des fiches. Ont bien sûr été ajoutées les références qui ont permis d'actualiser et de compléter les données.

Les fiches descriptives complètes des agents visés par la réglementation et de chacun des micro-organismes prioritaires à considérer dans l'évaluation des risques figurent en annexe 11 de ce mémoire.

3. 4. 6. Réalisation d'un tableau d'orientation

Un tableau synthétique de toutes les données a été construit à partir de ces fiches. Les items précédents ont été repris et adaptés au tableau. Ce sont donc les critères suivants qui ont été renseignés :

- **Pathogène visé ou non par la réglementation française,**
- **Zone d'intérêt sanitaire** (France entière ou DOM-TOM en particulier),
- **Description des voies d'exposition et du réservoir** (Voies d'exposition : ingestion et/ou contact et/ou inhalation) (Réservoir : homme et/ou animal et/ou environnement),
- **Danger, en termes de gravité, d'existence ou non de populations sensibles, connaissance de la relation dose-effet,**
- **Existence de traitement ou de vaccin,**
- **Incidence de la maladie, variations régionales et saisonnières,**
- **Existence de méthodes de mesure dans les déchets, niveau de développement de ces méthodes, fréquence des mesures et niveau de contamination des déchets** (méthode de mesure : recherche et/ou dénombrement et/ou viabilité pour les œufs ou kystes de parasites),

- **Existence de données sur la résistance des pathogènes au traitement des déchets,**
- **Capacités de survie dans l'environnement** (dans l'eau et/ou dans les sols),
- **Plausibilité de contamination de l'homme par retour au sol des déchets,**
- **Transmissions secondaires possibles ou non.**

Ces items ont été renseignés de façon suivante, relativement binaire :

- soit par des Oui (modalité retenue : O) ou des Non (modalité : N) pour les items appelant ce type de réponse,
- soit par des niveaux faibles (modalité : +), moyens (modalité : ++) ou forts (modalité : +++) pour les items nécessitant une hiérarchisation des réponses,
- le caractère variable de la réponse en fonction des espèces (modalité : V) a été noté pour certains agents pathogènes à caractère réglementaire regroupant plusieurs espèces (ex : helminthes, Enterovirus, Salmonella spp...)
- lorsque le niveau d'information était insuffisant pour pouvoir répondre à la question, les cases ont été laissées vides.

Pour la plupart des critères, les résultats découlent directement des informations recueillies dans les fiches.

Concernant l'item "*Niveau de développement des méthodes*", compte tenu du temps qui m'a été accordé, de la multitude des méthodes et de la difficulté de pouvoir juger de leur fiabilité, le résultat a été basé sur d'une part les propositions de prestations par les laboratoires d'analyse sur des échantillons environnementaux, et d'autre part par le nombre d'analyses déjà réalisées. En effet, le nombre d'analyses déjà réalisées témoignent du fait que plusieurs équipes ont dû s'intéresser à la méthode. On évalue bien un niveau de développement et non pas la fiabilité (injudiciable dans le cadre de ce mémoire).

La "*Fréquence des mesures*" a été inspirée du nombre d'analyses disponibles recensées dans les fiches.

Compte tenu de la multitude des méthodes de traitement des déchets et de la variabilité de leur efficacité d'une installation à une autre (selon le niveau de contamination des déchets traités, selon les couples temps température appliqués, etc...), l'item "*Résistance aux traitements*" a été réduit à l'existence ou non de données à ce sujet, et renvoie directement aux fiches.

Les "*Capacités de survie dans l'environnement*" résultent des données des fiches. Globalement, un niveau faible (+) a été attribué pour des temps de survie de quelques heures à quelques jours. Le niveau moyen (++) correspond à des temps de survie de quelques jours à quelques semaines. Lorsque les capacités de survie pouvaient atteindre des mois, voire des années, le niveau fort (+++) a été appliqué.

Le critère "*Plausibilité de contamination de l'homme*" reprend les résultats obtenus lors de la hiérarchisation des pathogènes (cf. grille 2). Les cotes ont juste été transformées en niveaux : à la cote "8" ou "9" correspond un niveau faible (+), au score de "12" le niveau moyen (++) et à la cote "18" le niveau fort (+++).

Le tableau d'orientation figure en annexe 9 de ce document. Il est disponible au format informatique Excel auprès de l'ADEME (contact mail : isabelle.deportes@ademe.fr).

3.5. Schéma synthétique des résultats obtenus

Les différentes étapes ont permis d'aboutir à la description complète de quarante pathogènes présentant un réel intérêt sanitaire et qui sont les plus susceptibles de contaminer l'homme lors d'un scénario de retour au sol des déchets.

Ce résultat comporte toutes les incertitudes liées au manque d'informations, mais a tout de même permis d'organiser de façon cohérente les données bibliographiques de la littérature, afin d'orienter au mieux les utilisateurs de ce document.

La figure 4 fait le bilan des résultats obtenus.

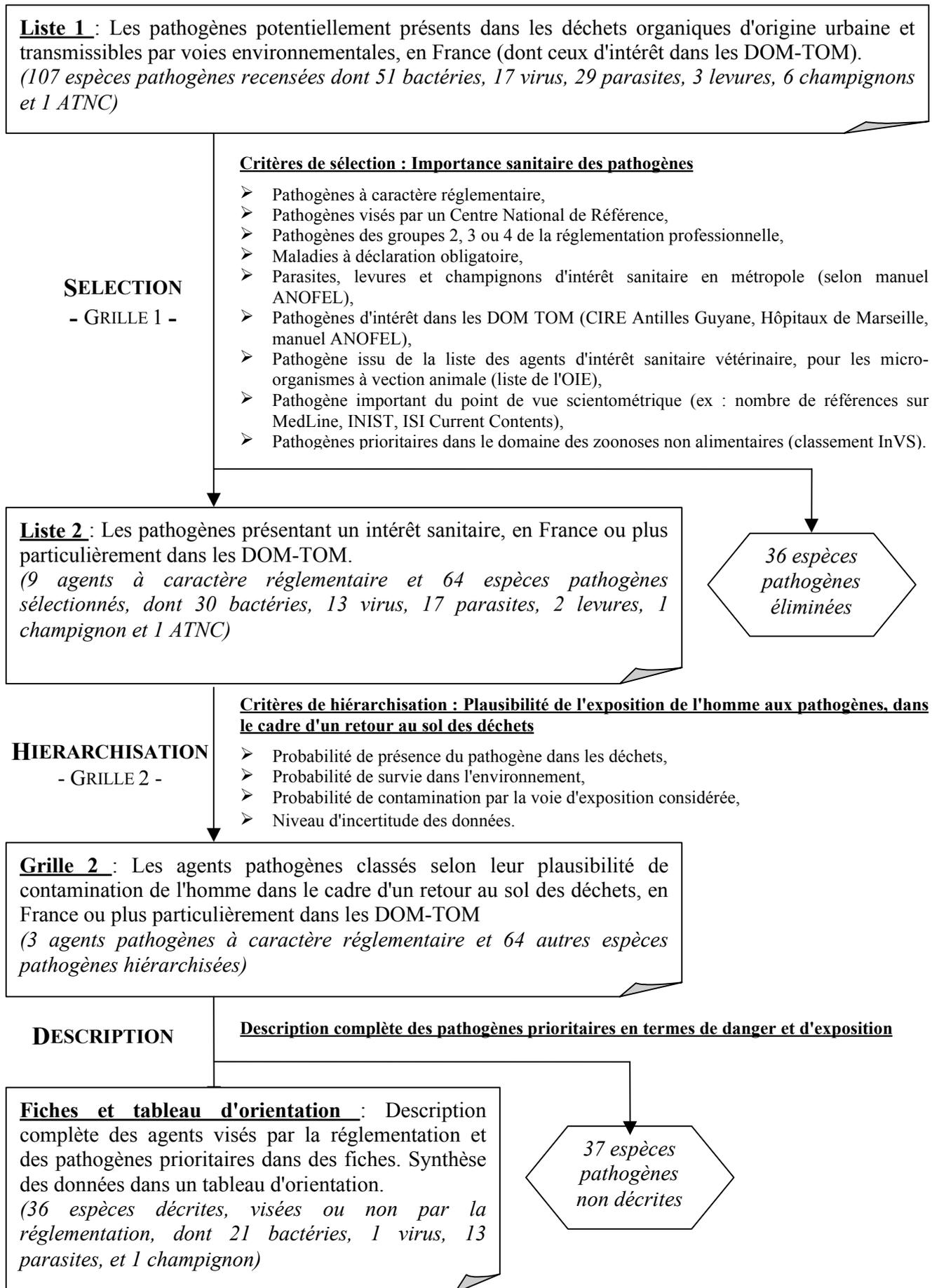


Figure 4 : Bilan des résultats obtenus

4 - Exploitation des résultats - Discussion

Par le tableau d'orientation, l'ADEME a souhaité disposer d'un outil descriptif des connaissances des agents microbiologiques d'intérêt sanitaire dans les déchets ménagers et urbains. Par son fonctionnement, cet outil devrait permettre d'orienter les programmes futurs de l'agence en la matière.

On trouvera ci-dessous une liste de questions posées par I. Déportés et de réponses apportées par C. Brouillard. Ce système Questions/Réponses permet d'illustrer l'usage qui sera fait de cet outil, évaluant ainsi sa fonctionnalité et ses limites.

Dans un premier temps, la zone géographique considérée sera la France (métropole et DOM-TOM). Les spécificités des DOM-TOM seront abordés dans un second temps, de même que les éventuelles variations saisonnières.

4. 1. Questions / Réponses autour des pathogènes à considérer en France

4. 1. 1. Référentiels de composition : aspects descriptifs

- **Question 1 : Quels sont les déchets les mieux renseignés quant à leur composition en agents microbiologiques d'intérêt sanitaire?**

A la lecture du tableau (annexe 9), il apparaît clairement que les boues d'épuration ont le plus fréquemment fait l'objet d'analyses microbiologiques. Quelques mesures seulement ont été réalisées sur des ordures ménagères, ou leur fraction fermentescible. Quant aux déchets verts, il n'existe malheureusement que très peu de données sur leur composition en agents pathogènes.

- **Question 2 : Quels sont les agents, pour chaque déchet considéré, les plus fréquemment mesurés ? (autrement dit, pour quels déchets et quels micro-organismes un référentiel sera facilement disponible)**

Le tableau d'orientation ne permet de répondre que partiellement à cette question, dans la mesure où l'item "fréquence des mesures" s'applique à l'ensemble des déchets urbains. La distinction entre les différents types de déchets ne pourra donc pas être réalisée.

En utilisant un filtre sur cet item et en sélectionnant la modalité moyenne ou forte (soit ++ ou +++), il apparaît que la liste des pathogènes les plus souvent mesurés, dans tous les types de déchets confondus, est la suivante :

<i>Ascaris lumbricoides,</i>
<i>Clostridium perfringens,</i>
Coliformes,
<i>Cryptosporidium parvum,</i>
Entérocoques,
Enterovirus,
<i>Giardia lamblia,</i>
Helminthes,
<i>Listeria monocytogenes,</i>
<i>Salmonella spp,</i>
<i>Staphylococcus aureus,</i>
<i>Taenia saginata.</i>

En dehors de *Cryptosporidium* et *Giardia*, ces micro-organismes sont des agents visés par la réglementation, de façon directe (pour les *Clostridium*, *E. Coli*, entérocoques, *Enterovirus*, helminthes, *Listeria*, *Salmonella*, *Staphylococcus*) ou indirecte (pour *Ascaris* et *Taenia*, qui sont inclus dans la notion

d'helminthes de la réglementation). Seul *Aspergillus fumigatus*, réglementé uniquement via le dossier d'homologation, est un agent biologique peu fréquemment mesuré.

De plus, le niveau de développement des méthodes de mesure est satisfaisant pour la majorité de ces micro-organismes. Seuls les *Taenia*, *Enterovirus*, *Giardia* et *Cryptosporidium* ne disposent pas de protocoles très développés pour des prélèvements environnementaux.

A la lecture du tableau, on observe également que, pour tous ces pathogènes fréquemment mesurés, les boues ont toujours fait l'objet d'analyses. Par contre, n'ont été mesurés dans les ordures ménagères que les *Clostridium*, coliformes, entérocoques, helminthes et salmonelles. Les déchets verts, eux, ne sont concernés que par des analyses de *Clostridium*, coliformes et *Staphylococcus*.

On peut donc affirmer que, globalement, les référentiels de composition des déchets sont facilement accessibles pour les pathogènes à caractère réglementaire (sauf *Aspergillus fumigatus*). Des méthodes de mesure normées existent pour ces micro-organismes (sauf pour *Taenia* et *Enterovirus*, mais des travaux sont en cours pour ces micro-organismes). Soulignons que ces référentiels concernent essentiellement les boues d'épuration.

- **Question 3 : Quels sont les agents disposant d'une méthode de mesure fiable dans les déchets ?**

Dans le cadre de ce mémoire, la réflexion a été portée sur le niveau de développement des mesures plutôt que sur leur fiabilité. En effet, le terme de fiabilité fait appel à des notions multiples et complexes, auxquelles il aurait été difficile de s'attacher pour une raison de temps et de compétences.

Pour répondre à cette question, un filtre centré sur l'item "Niveau de développement des méthodes de mesure" a été utilisé dans le tableau et les pathogènes concernés par des niveaux de développement forts (soit +++) ont été sélectionnés. Ont alors été retenus les micro-organismes suivants :

les agents à caractère réglementaire (sauf les entérovirus), <i>Ascaris</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> et <i>enteritidis</i> , <i>Shigella</i> , <i>Toxocara</i> , <i>Trichuris</i> .

Notons que, pour la plupart de ces agents, il existe des méthodes de mesure normées (normes AFNOR), qui sont préconisées par la réglementation et empruntées aux domaines des eaux ou de l'alimentaire en attente de normes spécifiques aux déchets (cf. fiches en annexe 11).

Quelques autres micro-organismes ont fait l'objet de travaux récents et disposent actuellement d'un niveau de développement moyen : se sont les entérovirus, *Giardia*, *Cryptosporidium* et *E.coli* EHEC. Des méthodes de mesure de ces agents dans des prélèvements environnementaux ont été mises en place mais leur fiabilité ne peut pas être jugée ici.

Ainsi, il apparaît que peu de micro-organismes disposent d'une méthode de mesure développée pour des prélèvements environnementaux, en dehors de ceux visés par la réglementation et de quelques nématodes. Ceci s'explique en partie par le fait que ces prélèvements sont constitués de matrices complexes, auxquelles les méthodes de mesure normées des domaines des eaux ou de l'alimentaire ne peuvent pas toujours être adaptées.

4. 1. 2. Référentiels de composition : vers une acquisition de données

- **Questions 4 : L'ADEME souhaitant améliorer la connaissance de la composition des déchets en micro-organismes d'intérêt sanitaire, et compte tenu du niveau de méconnaissance, quels**

sont les 5 micro-organismes devant faire prioritairement l'objet d'une campagne d'analyse dans les produits épanchés ?

Pour répondre à cette question, deux axes de réflexion ont été privilégiés. Le premier prend en compte le fait que la contamination de l'homme par retour au sol des déchets est plus ou moins plausible selon les pathogènes (cf. **Grille 2** en annexe 8). Le second consiste à prendre systématiquement en considération les pathologies graves, même dans l'hypothèse où elles ne seraient que très faiblement plausibles.

Les pathogènes rarement ou jamais identifiés dans les boues ont tout d'abord été sélectionnés. Parmi ces pathogènes peu isolés, ceux dont le niveau de gravité était élevé ou dont le niveau de plausibilité de contamination de l'homme était fort ont ensuite été retenus.

Ainsi, deux combinaisons de filtres ont été utilisées :

- la première combinaison associe le filtre "*fréquence des mesures*" de modalité faible ou inexistence de données (soit + ou case vide) avec le second filtre "*gravité de la maladie*" de modalité forte (soit +++).
- La seconde combine le même filtre "*fréquence des mesures*" de modalité faible ou inexistence de données (soit + ou case vide) avec le filtre "*plausibilité de contamination de l'homme par retour au sol des déchets*" de modalité moyenne ou forte (soit ++ ou +++).

Les pathogènes retenus par l'une ou l'autre de ces combinaisons sont les suivants :

<i>Aspergillus fumigatus,</i>
<i>Campylobacter,</i>
<i>Clostridium botulinum</i> et <i>C. tetani,</i>
<i>Escherichia coli</i> EHEC,
<i>Salmonella typhimurium</i> et <i>S. enteritidis,</i>
<i>Shigella,</i>
<i>Toxocara,</i>
<i>Toxoplasma,</i>
<i>Yersinia.</i>

Notons que la présence d'*Aspergillus* dans cette liste est due à la gravité possible des symptômes, mais que ces formes graves concernent surtout des personnes immuno-déprimées. Ce sont également pour ces raisons de gravité potentielle de la maladie que les *Clostridium botulinum*, *C. tetani*, *Toxocara* et *Toxoplasma* appartiennent à la liste des pathogènes devant faire l'objet d'une campagne d'analyse.

Les limites de ce tableau sont clairement visibles dans cette question, puisque les filtres permettent de sélectionner onze micro-organismes, avec un certain niveau d'incertitude, alors que la question en appelait cinq.

C'est ensuite au décideur de l'étude d'utiliser des critères de sélection supplémentaires, selon les objectifs qui lui sont fixés, et de déterminer quels sont les agents biologiques prioritaires à considérer pour une acquisition de données.

- **Question 5 :** Pour les micro-organismes identifiés à la question 4, la campagne de mesure devrait-elle en préalable nécessiter une phase de mise au point des méthodes de mesure dans les déchets ?

Parmi ces pathogènes, seuls *Campylobacter*, *Salmonella typhimurium* et *enteritidis*, *Shigella*, *Aspergillus* et *Toxocara* disposent de méthodes d'analyse connues et développées (liste obtenue par sélection de la modalité +++ du filtre "*Niveau de développement des méthodes de mesure*").

Concernant *Clostridium botulinum*, *C. tetani*, et *Toxoplasma*, aucune donnée bibliographique quand à leur analyse dans des prélèvements environnementaux n'a pu être recensée. Pour *Yersinia* et *E. coli* EHEC, des méthodes d'analyse existent mais ne sont pas suffisamment développées.

Ainsi, une mise au point de méthodes de mesure serait nécessaire pour ces derniers micro-organismes.

- **Question 6 :** Pour les micro-organismes obtenus à la question 4, compte tenu de leur potentielle survie lors des traitements (compostage par exemple) peut-on affiner cette liste ?

De façon générale, il n'existe pas beaucoup de données sur la survie des agents lors des traitements. Et les seules données dont on dispose portent sur les pathogènes les plus fréquemment mesurés (qui sont globalement ceux à caractère réglementaire et dont les méthodes de mesure sont fiables). Concernant les agents biologiques les plus rarement identifiés dans les déchets, il s'avère que très peu de données sur leur capacité de survie aux traitements sont disponibles dans la littérature.

Il est tout de même possible de répondre partiellement à la question par une autre voie. De nombreux parasites, et certaines bactéries, sont capables de résister dans l'environnement extérieur. Ils s'adaptent en se transformant en une forme résistante : les spores (pour les bactéries) et les œufs ou kystes (pour les parasites). Ce sont ces mêmes mécanismes de résistance qui sont mis en jeu lors des traitements des déchets.

Il serait donc intéressant de regarder les résultats de l'item "*Capacités de survie dans l'environnement*", qui reflètent l'existence ou non de ces formes résistantes.

Il apparaît alors que, parmi les micro-organismes listés à la question 4, les *Clostridium tetani*, *Toxocara*, *Toxoplasma* et *Yersinia* disposent de grandes capacités de survie, grâce à leurs différentes formes de résistance. *Aspergillus*, *Clostridium botulinum* et *Escherichia coli* EHEC et sont également capables de résister un certain temps aux conditions extérieures. Par contre, au vu des données bibliographiques acquises, *Campylobacter* et *Shigella* sont vulnérables aux agressions extérieures. Aucune donnée n'est disponible pour *Salmonella typhimurium* et *S. enteritidis* (la bactérie est peut-être de résistance variable, comme la plupart des salmonelles).

Ainsi, si l'on retient l'hypothèse que la capacité de survie aux traitements repose sur l'existence ou non de formes résistantes, on peut en déduire que les *Campylobacter*, *Shigella* et *Salmonella typhimurium* et *S. enteritidis* peuvent être retirés de la liste des pathogènes devant faire l'objet d'une campagne d'analyses, dans la mesure où il n'est pas certain de les retrouver dans le milieu extérieur.

La liste affinée des agents devant faire prioritairement l'objet d'une campagne d'analyse comprend donc les micro-organismes suivants :

<i>Aspergillus fumigatus</i> ,
<i>Clostridium botulinum</i> et <i>C. tetani</i> ,
<i>Escherichia coli</i> EHEC,
<i>Toxocara</i> ,
<i>Toxoplasma</i> ,
<i>Yersinia</i> .

4. 1. 3. Etude de risques

- **Question 7 :** Dans le cadre de l'épandage de boues liquides, quels seraient les 5 micro-organismes à suivre prioritairement par une analyse des risques?

Cette question pouvant être posée dans des cadres différents appelant des réponses différentes, il est intéressant d'envisager deux situations.

Tout d'abord, la question pourrait être posée dans un cadre général où le décideur politique souhaiterait connaître les cinq micro-organismes prioritaires dont il serait souhaitable d'évaluer les risques sanitaires.

Mais une analyse de risque pourrait également être demandée dans le cadre d'une demande d'autorisation d'épandage. Les moyens étant alors plus restreints, l'analyse de risque ne pourrait alors pas porter sur les micro-organismes qu'il serait théoriquement souhaitable de suivre, mais sur ceux pour lesquels on disposerait déjà de suffisamment d'informations.

Il est important de rappeler que, quelque soit le contexte, la démarche d'évaluation des risques biologiques procède par quatre étapes, qui sont : l'identification des dangers, l'évaluation de la relation dose-effet, l'évaluation de l'exposition et la caractérisation du risque. La caractérisation des risques ne sera envisageable que pour les pathogènes dont les données seront suffisantes pour répondre aux trois points précédents.

- Evaluation des risques dans un cadre général

Une évaluation des risques peut être envisagée dans un cadre général, en dehors d'une demande d'autorisation. D'ailleurs, les boues liquides concernent surtout des petites stations d'épuration, et le retour au sol de ces déchets n'est en général pas soumis à demande d'autorisation dans ces petites structures. Les travailleurs sont alors considérés comme populations cibles, au même titre que la population générale.

- **Sélection des agents qu'il serait souhaitable de considérer dans toute évaluation des risques sanitaires liés au retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine.**

Pour savoir quels seraient les cinq micro-organismes qu'il serait souhaitable de considérer dans une évaluation des risques liés à l'épandage de boues liquides (n'ayant subi aucun traitement), il serait intéressant de voir comment procéderait un évaluateur de risques face à cette problématique.

La première étape serait de sélectionner les pathogènes pour lesquels le danger a bien été identifié. Dans le domaine des risques biologique [17], cette sélection des agents passe par un travail qui doit se baser sur l'épidémiologie (ex : données d'incidence), l'étude des cas cliniques (ex : relevé d'effets sévères) et la microbiologie environnementale (ex : milieu et voies d'exposition compatibles avec l'activité considérée, possibilités de survie du germe). Le tableau d'orientation s'avère alors très utile puisqu'il comprend trois critères intéressants :

- l'incidence de la maladie,
- la gravité de la maladie,
- la plausibilité de contamination de l'homme par retour au sol des déchets (basée sur la probabilité de contamination des déchets, la probabilité de survie dans l'environnement et la compatibilité de la voie d'exposition).

En combinant ces trois critères, les pathogènes présentant le plus de danger peuvent être sélectionnés. Le filtre "*Plausibilité de contamination de l'homme*" centré sur la modalité moyenne ou forte (++ ou +++) a tout d'abord été appliqué et a permis de sélectionner 9 micro-organismes :

Ascaris,
Campylobacter,
Cryptosporidium,
Giardia,
Listeria,
Salmonella typhimurium et S. enteritidis,
Shigella,
Taenia,
Yersinia

Parmi ces agents, ceux dont la gravité de la maladie était uniquement faible et dont l'incidence était faible ou moyenne ont été retirés. Les quatre agents retenus qu'il serait souhaitable de suivre par une analyse de risques sont donc finalement :

Cryptosporidium,
Listeria,
Salmonella typhimurium et S. enteritidis,
Shigella.

➤ **Discussion**

Ces résultats impliquent la mise en place de moyens techniques et financiers. En effet, la démarche d'évaluation des risques comporte deux étapes successives à l'identification des dangers que sont : la détermination de la relation dose-effet et la détermination de l'exposition. Or la relation dose-effet n'est pas connue pour les *Listeria*. Alors que les données existent sur *Salmonella spp.*, la relation dose-effet concernant plus spécifiquement *Salmonella typhimurium* et *S. enteritidis* n'est pas connue et aucune mesure n'a été réalisée sur ces agents particuliers dans les déchets. Enfin, aucune donnée concernant le niveau de contamination des déchets en *Shigella* n'a pu être recensée. Ainsi, pour le décideur politique, l'évaluation des risques nécessite la réalisation de travaux scientifiques concernant essentiellement :

- l'établissement de relation dose-effet concernant les *Listeria*, *Salmonella typhimurium* et *S. enteritidis*
- le lancement de campagnes de mesure de *Salmonella typhimurium*, *S. enteritidis* et *Shigella* dans les déchets.

De plus, la question posée était de déterminer 5 micro-organismes prioritaires à prendre en compte. Seuls quatre ont pu être retenus par la méthode précédente. Ce sont les orientations fixées par le décideur politique qui pourront ensuite permettre de sélectionner tel ou tel autre agent biologique d'intérêt.

Enfin, il est nécessaire de souligner que ces résultats sont empreints d'un certain niveau d'incertitude, détaillé tout au long de la troisième partie de ce mémoire, principalement dû au manque d'information scientifiques dans le domaine microbiologique.

• Evaluation des risques dans le cadre d'une demande d'autorisation d'épandage

Une évaluation des risques sanitaires liés au retour au sol de déchets organiques d'origine urbaine peut aussi être réalisée dans le cadre d'une demande d'autorisation d'épandage.

Il est alors probable que l'évaluateur dispose de peu de données d'analyses et soit soumis à des contraintes financières importantes l'empêchant de mener des campagnes de mesure ou de mise au point de méthodes d'analyse environnementales. Le paragraphe précédent indique que, parmi les agents qu'il serait souhaitable de considérer en priorité dans toute évaluation des risques, certains nécessitent la mise en place de moyens techniques et financiers. Ces micro-organismes ne peuvent pas être retenus pour une évaluation des risques lorsque les moyens sont limités.

La démarche de l'évaluateur devra comprendre en préalable une phase de sélection des micro-organismes pour lesquels les données sont suffisantes pour pouvoir mener une évaluation des risques. Ce sera ensuite à l'évaluateur de juger s'il possède suffisamment d'éléments d'information sur les agents prioritaires pour pouvoir réaliser une évaluation des risques.

Il est intéressant de noter que, dans le cas d'une demande d'autorisation d'épandage, les travailleurs ne sont pas pris en compte dans les populations cibles auxquelles la démarche d'évaluation des risques fait référence. C'est la fiche Hygiène/Sécurité qui aborde les aspects sanitaires les concernant. Les populations susceptibles d'être exposées sont donc réduites à la population riveraine, aux promeneurs, aux consommateurs de végétaux ramassés en plein champ, aux particuliers s'alimentant à partir d'un puits, etc... (cf. figure 2).

➤ **Phase 1 : Dans l'état actuel des connaissances, pour quels agents est-il possible de caractériser le risque sanitaire?**

Dans une évaluation des risques, la caractérisation des risques peut être réalisée pour des agents dont :

- les dangers sont identifiés,
- la relation dose-effet est connue,
- les données d'exposition sont suffisantes.

Tous les micro-organismes du tableau d'orientation présentant un danger pour la santé humaine, ceux dont la relation dose-effet est établie et pour lesquels des mesures ont déjà été réalisées dans les déchets ont été retenus. Pour cela deux filtres successifs ont été appliqués : le filtre "*Connaissance de la relation dose-effet*" centré sur la modalité Oui (O) et le filtre "*Fréquence des mesures*" de modalité faible moyenne ou forte (+, ++ ou +++).

Les micro-organismes pour lesquels le niveau d'information est suffisant sont alors :

		<i>Ascaris,</i>
		<i>Cryptosporidium,</i>
		<i>Giardia,</i>
		<i>Salmonella spp.</i>

Il est important de noter que *Campylobacter* et *Shigella* sont des agents qui n'ont pas fait l'objet de mesures dans les déchets mais pour lesquels il existe une relation dose-effet connue et des méthodes de mesure développées pour les prélèvements environnementaux. Des campagnes d'analyse de ces micro-organismes dans les déchets permettrait donc d'ajouter ces agents à la liste précédente.

➤ **Phase 2 : quels sont les agents qu'il serait souhaitable de considérer en priorité dans l'évaluation des risques ?**

La seconde phase du travail consiste à sélectionner parmi ces agents ceux dont la plausibilité de contamination de l'homme par retour au sol des déchets est moyenne ou forte (filtre de modalité ++ ou +++ dans le tableau d'orientation). Il apparaît que ce critère est vérifié pour tous les micro-organismes sélectionnés précédemment. Cette phase n'est donc pas discriminante.

Les agents prioritaires à considérer dans une évaluation des risques réalisée dans un cadre de demande d'autorisation sont donc :

		<i>Ascaris,</i>
		<i>Cryptosporidium,</i>
		<i>Giardia,</i>
		<i>Salmonella spp.</i>

➤ **Discussion**

Seuls quatre agents ont pu être retenus par cette méthode de sélection. De la même façon que précédemment, c'est au décideur politique de définir des objectifs précis permettant d'élargir la sélection vers tel ou tel autre micro-organisme pathogène.

Ces résultats suggèrent également au décideur politique la nécessité de lancement de campagnes de mesure dans les déchets. L'évaluateur a le droit de refuser de mener une évaluation des risques s'il juge que les agents prioritaires à considérer ne peuvent pas être évalués.

Ce dernier point est renforcé par le fait que ces résultats sont donnés dans un cadre général de demande d'autorisation, et les spécificités de chaque site ne peuvent pas être prises en compte. La liste précédente doit donc être adaptée au cas par cas.

• Conclusion

En définitive, plusieurs agents pathogènes ont pu être sélectionnés pour répondre à la question 7. Selon le contexte dans lequel cette question aurait pu être posée, les réponses sont différentes. Néanmoins, plusieurs points communs ressortent :

- Le décideur politique joue un rôle primordial puisque ce sont ses objectifs qui permettent d'orienter l'évaluateur de risque,
- Le lancement de campagnes de mesure est nécessaire, de même que des travaux de détermination de relations dose-effet et de mise au point de méthodes de mesure dans des prélèvements environnementaux,
- Les connaissances microbiologiques dans ce domaine du retour au sol des déchets sont très lacunaires et donnent un niveau d'incertitude non négligeable à la liste des agents prioritaires à considérer.

4.2. Influence du contexte géoclimatique et touristique sur la liste des agents pathogènes à considérer

L'éventail des pathogènes d'intérêt sanitaire en France (métropole et DOM-TOM) est relativement large et soumis à des fluctuations temporelles et géographiques. La liste des pathogènes d'intérêt sanitaire a été établie de façon générale pour la France. Mais quelle serait-elle pour telle ou telle région ou DOM-TOM, à telle ou telle période de l'année? Voici quelques éléments de réponse.

4. 2. 1. La liste des pathogènes est différente en métropole et dans les DOM-TOM

Les DOM-TOM connaissent des problèmes sanitaires spécifiques : certaines de leurs pathologies sont inconnues en métropole, d'autres présentent des prévalences différentes.

- Les spécificités des DOM-TOM

Dans les DOM-TOM, les problèmes de santé liés aux maladies infectieuses et parasitaires sont très différents de ceux de la France métropolitaine. Cette différence est visible à deux niveaux :

- d'un point de vue qualitatif, les micro-organismes en cause sont différents,
- au niveau quantitatif, le poids de ces pathologies en terme de morbidité et de mortalité est supérieur à celui de la métropole.

Une étude menée en 1994 par le service statistique de la région Antilles Guyane et par l'INSERM [14] montrait un risque de décès par infections intestinales chez les 0-5 ans 14,9 fois plus élevé en Guyane, 8,7 fois plus élevé en Guadeloupe et 2,5 fois plus élevé en Martinique qu'en France métropolitaine. D'une manière plus générale, la mortalité par maladies infectieuses et parasitaires (hors SIDA) est, toujours pour la tranche d'âge 0-5 ans, 9 fois plus élevée en Guyane (127 pour 100 000) et 5 fois plus élevée en Guadeloupe (70,5 pour 100 000) qu'en métropole (13,6 pour 100 000).

Malheureusement, aucune information d'ordre épidémiologique (incidence, prévalence,...) centrée sur une pathologie particulière (ascaridiase, ankylostomose...) n'a pu être recueillie dans les DOM-TOM. Les taux d'incidence relatifs à chaque pathologie sont parfois plus élevés dans les DOM-TOM qu'en métropole, mais il n'est pas possible de les quantifier.

Les informations obtenues auprès des DDASS, DSDS, CIRE et autres publications concernant les micro-organismes pathogènes potentiellement présents dans les déchets organiques d'origine urbaine dans les DOM-TOM sont résumées dans l'annexe 4. Il est important de souligner que les données n'existent que pour les DOM-TOM les plus importants en termes de population : Guadeloupe, Martinique, Guyane, Réunion, Mayotte. Aucune donnée sur Saint-Pierre-et-Miquelon n'a pu être recueillie.

Le tableau d'orientation met également en évidence la particularité des DOM-TOM en matière de micro-organismes pathogènes.

En effet, alors que beaucoup de micro-organismes présentent un intérêt sanitaire à priori identique en métropole et dans les DOM-TOM, d'autres agents sont plus importants dans les DOM-TOM. En utilisant les deux filtres "*Intérêt sanitaire en France*" et "*Intérêt particulier dans les DOM-TOM*" centrés sur oui (O), la liste des agents qui présentent un intérêt particulier dans les DOM-TOM a pu être établie :

<i>Ascaris,</i>
<i>Clostridium botulinum,</i>
<i>Clostridium tetani,</i>
<i>Giardia,</i>
<i>Taenia solium,</i>
<i>Toxocara,</i>
<i>Toxoplasma,</i>
<i>Trichuris.</i>

De plus, il apparaît que certains micro-organismes ne présentent un intérêt que dans les DOM-TOM. En dehors des éventuels cas importés, ces pathologies n'existent pas en France métropolitaine. Le filtre "Intérêt sanitaire en France" centré sur non (N) combiné avec le filtre "Intérêt particulier dans les DOM-TOM" centré sur oui (O) a permis de mettre en évidence les agents spécifiques aux DOM-TOM. Ce sont :

Ancylostoma duodenale
Leptospira interrogans,
Necator americanus
Salmonella typhi et *S. paratyphi*,
Shigella boydii et *S. dysenteriae*,
Strongyloides stercoralis

Les détails des DOM-TOM auxquels se rapportent chacun de ces micro-organismes sont explicités dans les fiches.

S'il l'on reprenait la question 7 appliquée aux DOM-TOM dans un cadre général, il apparaît que la liste des pathogènes prioritaires à considérer dans les DOM-TOM est la suivante (la méthode de sélection utilisée étant exactement la même que pour la France entière) :

Clostridium tetani,
Salmonella typhumurium et *S. enteritidis*,
Salmonella typhi et *S. paratyphi*,
Shigella boydii et *S. dysenteriae*,
Strongyloides stercoralis,
Toxocara canis et *T. cati*,
Toxoplasma gondii,
Trichuris trichuria.

Il apparaît que la liste des micro-organismes qu'il serait souhaitable de considérer dans toute évaluation des risques est très différente et plus longue pour les DOM-TOM que pour la métropole. L'importance des parasites est clairement soulignée. Les spécificités de chaque DOM-TOM (explicitées dans les fiches) et les orientations définies par le décideur politique pourraient ensuite permettre à un évaluateur de risques de sélectionner cinq de ces agents.

Cependant, aucune évaluation des risques ne pourrait actuellement être menée dans les DOM-TOM. En effet, seuls *Salmonella typhi* et *Shigella dysenteriae* disposent une relation dose-effet connue. Mais, pour ces bactéries, aucune donnée concernant le niveau de contamination des déchets n'est disponible. Il n'est donc pas possible de caractériser le risque dans les DOM-TOM.

- Comment ces différences peuvent-elles s'expliquer ?

Plusieurs facteurs peuvent être mis en cause.

- Des facteurs tels que la géographie, la climatologie et la géologie conditionnent la répartition d'un micro-organisme pathogène. Concernant les parasites, ces différences peuvent s'expliquer par le fait que le cycle parasitaire ne peut se dérouler que dans un contexte bien précis. En effet, il faut une humidité relative et une température suffisante pour la maturation des œufs ou le développement des vecteurs. C'est donc le climat qui règle la répartition dans l'espace (aire d'extension des parasites) et dans le temps de certains parasites [22]. Sont concernés par exemple *Giardia lamblia* et *Ascaris lumbricoides*, qui sont plus fréquents dans les pays chauds, et les ankylostomes et les anguillules qui sont spécifiques aux régions chaudes du globe.

- Des facteurs anthropologiques expliquent également ces différences. Le mode de vie, les habitudes culinaires ou les pratiques religieuses peuvent conditionner la réalisation d'un cycle. Par exemple, il existe une forte tradition de consommation de produits locaux d'origine animale en Guadeloupe, ce qui explique en partie la prévalence élevée des infections dues aux salmonelles. De même, les taeniasis à *T. solium* sont absentes dans les régions où il est interdit de consommer de la viande de porc ou dans les régions où la tradition culinaire est de bien la faire cuire (France métropolitaine par exemple) [8]. Les DOM-TOM ne répondant pas à ces critères, les téniasis y sont très répandues.
- Des facteurs socio-économiques jouent un rôle important sur l'hygiène et donc la prévalence de certaines pathologies. Un article publié par l'Institut Pasteur [70], concernant les risques épidémiques à la Réunion, indique que la diminution des parasitoses intestinales est liée à l'amélioration des conditions de logement. Ainsi, dans les DOM-TOM, du fait des conditions socio-économiques défavorables, l'incidence de certaines pathologies peut être supérieure à celle de la métropole (autre exemple : les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes).
- D'autres facteurs, plus locaux, peuvent expliquer certaines spécificités. A la Réunion, la présence de très nombreux chats et chiens, non traités par des antihelminthiques, permet d'expliquer la forte prévalence de la toxocarose sur cette île [70].
- La surveillance et le contrôle de la qualité des aliments, s'ils sont moins bien assurés dans les DOM-TOM, peuvent aussi expliquer certaines disparités (recherche de cysticerques de *Taenia* par exemple) [22].

Ce paragraphe soulève la question du risque de contamination par déplacement ou migration de personnes infectées. Les cas importés, déclarés en métropole, témoignent de ce risque non négligeable.

- Discussion

Tout d'abord, une meilleure connaissance des pathologies en termes épidémiologiques, serait nécessaire dans les DOM-TOM. Une étude cas-témoin sur la leptospirose est actuellement réalisée par l'Observatoire Régional de la Santé de la Réunion. Les objectifs sont d'identifier les facteurs de risque (environnement, climat, activités, hôte) de la leptospirose à la Réunion, de quantifier ces facteurs de risque, de proposer des mesures de prévention et de comparer les facteurs de risque spécifiques à la Réunion avec ceux décrits en métropole en 1999 par une étude cas-témoin. Les résultats de cette étude sont prévus pour le premier trimestre 2004.

De plus, la pratique du retour au sol est rare dans les DOM-TOM et est réalisée en dehors de tout cadre réglementaire. Ainsi, les données concernant les mesures microbiologiques réalisées sur des déchets sont très rares et incomplètes. Le lancement de campagnes de mesures est donc nécessaire pour mieux comprendre les spécificités microbiologiques des déchets organiques d'origine urbaine.

4. 2. 2. Des variations d'incidence sont observées à l'échelle départementale ou régionale en France.

- Des différences d'incidence régionales en France

Au delà des spécificités des DOM-TOM, l'incidence de certaines pathologies varie selon les régions au sein même de la métropole. Les agents, sélectionnés grâce au filtre "*Variations d'incidence régionales*" centré sur Oui (O), sont les suivants :

Botulisme,
Tétanos,
Cryptosporidiose,
Leptospirose,
Listeriose,

Salmonellose,
Taeniasis,

Les disparités régionales sont détaillées dans les fiches (annexe 11) et dans le tableau 12:

Tableau 12 : Les variations d'incidence régionales de certains micro-organismes pathogènes, en France métropolitaine

<i>Pathologie</i>	<i>Département ou régions les plus touchées ces dernières années</i>
Botulisme	Allier, Indre, Loire, Saône, Lot (formant une ceinture au centre de la France), Haute Corse [56, 57]
Tétanos	Maine-et Loire, Yonne, Côte d'Or, Côtes d'Armor, Dordogne et Tarn. [9]
Cryptosporidiose	Pathologie plus fréquente en zone rurale qu'en zone urbaine. [8]
Leptospirose	Pays de Loire, Poitou-Charentes, Franche Comté et Basse-Normandie. [13, 85]
Listeriose	Variations légères selon les départements (incidences plus élevées en Auvergne, Limousin, Rhône Alpes et plus faibles en Alsace et en Lorraine) [53]
Salmonellose	Pour les TIAC, des différences d'incidence existent (incidences élevées en région parisiennes, en Vendée et dans le Rhône), principalement à cause de la sous-déclaration dans certains départements. [59]
Taeniasis	Répartition inégale selon les départements (habitudes culinaires différentes). [8]

- Comment explique-t-on ces disparités?

Ces différences peuvent s'expliquer par :

- Des conditions d'hygiène différentes (exemple du Taenia : ce sont des selles humaines disséminées dans l'environnement qui infectent le bétail),
- Des contrôles alimentaires de qualité variable (ex. Taenia : contrôle de la viande),
- Des habitudes culinaires différentes (ex. Taenia : la survie des cysticerques est plus élevée dans la viande peu cuite),
- Des niveaux de vaccination variables d'une région à l'autre (ex. : Tétanos),
- Des conditions climatiques différentes d'une région à une autre,
- Pour les Maladies à Déclaration Obligatoire, le phénomène est également expliqué en partie par le fait qu'il existe une sous-déclaration plus importante dans certains départements (ex : TIAC à salmonelles).

- Discussion

Cette liste d'agents est probablement incomplète, puisque toutes les pathologies ne sont pas l'objet d'un suivi à l'échelle régionale ou nationale. D'autres pathologies peuvent être soumises à des variations régionales, mais le système de surveillance actuel ne permet pas de les détecter.

Alors que l'on connaît les variations d'incidence selon les régions de quelques pathologies d'intérêt sanitaire en France, principalement grâce au système de la Déclaration Obligatoire, il serait intéressant d'approfondir ce point et d'évaluer l'influence de ces variations d'incidence sur la composition microbiologique des déchets d'origine urbaine (grâce à une campagne d'analyse menée sur des échantillons de différentes régions).

4. 2. 3. Des variations d'incidence saisonnières existent pour certaines pathologies.

- Quels sont les pathogènes concernés?

Les micro-organismes concernés par d'éventuelles variations saisonnières ont été sélectionnés grâce au filtre "*Variations d'incidence saisonnières*" du tableau d'orientation. Ce sont :

Campylobacter,
Clostridium tetani,
Cryptosporidium,
Escherichia coli EHEC,
 Entérovirus,
Giardia,
Listeria,
Salmonella,
Yersinia.

Le détail des variations d'incidence des pathologies associées est donné dans le tableau 13.

Tableau 13 : Les variation d'incidence saisonnières de différents agents pathogènes

<i>Micro-organisme pathogène</i>	<i>Variations saisonnières</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	Le plus grand nombre des cas survient au cours des mois les plus chauds. [45]
<i>Clostridium tetani</i>	45 % des cas surviennent pendant l'été. [9]
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Recrudescence lors des mois chauds et humides. [8]
<i>Escherichia coli EHEC</i>	Recrudescence saisonnière pendant la période estivale. [5]
Entérovirus	Taux d'incidence plus élevés en été et en hiver pour <i>Coxsackievirus</i> , et en été et en automne pour <i>Echovirus</i> . [3, 45]
<i>Giardia lamblia</i>	Pics saisonniers en automne et en hiver. [91]
<i>Listeria monocytogenes</i>	Augmentation des cas au troisième semestre de l'année. [6]
<i>Salmonella spp.</i>	Recrudescence estivale des salmonelloses. [59]

• Pourquoi de telles variations?

- Une saisonnalité peut être observée concernant les pathogènes excrétés par la population. Certains organismes sont présents en permanence, car il sont excrétés continuellement par la population. D'autres ne sont présents que ponctuellement, dans des circonstances particulières (épidémies par exemple),
- Certains pathogènes, notamment de nombreux parasites, présentent une certaine saisonnalité dans leur cycle (puisque les conditions climatiques peuvent déterminer la maturation des œufs ou le développement des vecteurs),
- Le tourisme peut également participer à des variations d'incidence saisonnières d'une pathologie. En effet, les régions touristiques sont soumises à des variations saisonnières de populations, qui induit des changements dans la population cible (la population exposée augmente et est différente) et des changements locaux dans les apports en micro-organismes (les agents peuvent être différents en genre et en abondance).

• Discussion

Cette liste d'agents n'est pas certainement pas exhaustive, dans la mesure où les données n'existent que pour les pathologies dont l'incidence est connue et suivie. Il est probable que d'autres pathologies soient soumises à des variations temporelles que le système de surveillance actuel ne permet pas de détecter.

Quelques rares études [88, 32] n'ont pas permis de mettre en évidence de quelconques variations régulières de micro-organismes dans des déchets organiques d'origine urbaine. Cette piste reste malgré tout à approfondir.

Pour mieux comprendre l'influence du tourisme, il aurait été intéressant de pouvoir confronter des données d'incidence et des données d'affluence touristique. Des indicateurs de population existent et sont disponibles, par exemple, grâce à l'INSEE. Malheureusement, les données précises d'incidence et de prévalence ne concernent actuellement que très peu de pathologies humaines, ce sont essentiellement les maladies à déclaration obligatoire. Les informations en terme d'épidémiologie sont donc lacunaires et ne permettent pas, à l'heure actuelle, d'étudier l'influence du tourisme sur des pathologies rencontrées.

5 - Conclusion

Aujourd'hui, le retour au sol représente la principale voie de d'élimination des déchets organiques d'origine urbaine (boues d'épuration, déchets verts, ordures ménagères). Avec le durcissement de la réglementation et la pression exercée par les particuliers, la sécurité sanitaire est devenue un enjeu majeur. Bien que la présence de micro-organismes pathogènes dans les déchets organiques urbains commence à être prise en compte par la réglementation, il n'est pas possible actuellement de garantir, sur le plan sanitaire, l'innocuité des déchets aux agriculteurs et aux consommateurs.

C'est dans ce contexte que cette étude a été menée, afin de permettre de sélectionner les germes pathogènes prioritaires à considérer dans l'évaluation des risques liés au retour au sol des déchets. Parmi les micro-organismes pathogènes susceptibles d'être présents dans les déchets, seuls quelques-uns représentent un réel danger pour la santé humaine. De plus, le niveau de contamination des déchets (concentration, fréquence), les capacités de survie des agents dans l'environnement extérieur et la compatibilité de la voie d'exposition avec le retour au sol des déchets sont trois critères primordiaux conditionnant la plausibilité de la transmission des pathogènes à l'homme. Selon ces critères, une quarantaine de micro-organismes d'intérêt sanitaire ont pu être hiérarchisés et détaillés dans cette étude.

Un tableau d'orientation, intégrant de façon synthétique les résultats obtenus concernant les agents prioritaires, a été créé afin d'orienter les programmes futurs de l'ADEME. Ce tableau reste un outil d'orientation : la décision revient à l'utilisateur, au regard de ses objectifs et de la validation des résultats contenus dans le tableau qu'il pourrait juger comme incertains.

En France, les agents biologiques à caractère réglementaire sont fréquemment mesurés dans les boues d'épuration. Une acquisition de données, passant éventuellement par une phase de mise au point des méthodes de mesure, est nécessaire pour d'autres pathogènes, tels que *Aspergillus fumigatus*, *Escherichia coli EHEC*, *Shigella*, etc... Les déchets verts et la fraction fermentescibles des ordures ménagères devraient faire l'objet d'efforts particuliers.

Compte tenu des connaissances acquises dans le domaine des agents biologiques des déchets, quelques pathogènes apparaissent comme prioritaires à considérer dans l'évaluation des risques sanitaires. Selon le cadre dans lequel l'étude pourrait être réalisée et les objectifs fixés par le décideur politique, les agents tels que *Ascaris*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Listeria*, *Salmonella* et *Shigella* pourraient être retenus.

Mais la liste des micro-organismes d'intérêt est soumise à des variations géographiques et saisonnières, qu'il ne faut pas négliger. En effet, les pathogènes sont en partie différents dans les DOM-TOM, tant en genre qu'en abondance. Donnons l'exemple des helminthes spécifiques aux zones chaudes du globe, tels que les ankylostomes, qui apparaissent comme prioritaires dans ces régions. Des variations d'incidence sont également observées au sein de différentes régions de métropole et au cours de différentes saisons, et concernent entre autres les salmonelloses et cryptosporidioses.

Il est désormais important de considérer ces résultats, non pas comme des listes figées, mais comme des pistes de réflexion nécessitant une validation et une adaptation selon les objectifs fixés par les utilisateurs de ce document.

En définitive, devant les enjeux économiques et environnementaux de la filière de retour au sol des déchets, il est nécessaire d'apporter des garanties d'innocuité et de bonnes pratiques. Le développement de méthodes de mesures et le lancement de campagnes d'analyses permettrait de progresser dans la démarche d'évaluation des risques microbiologiques liés au retour au sol des déchets. Ceci contribuerait à une meilleure gestion du risque microbiologique.

Le tableau d'orientation est disponible au format informatique Excel auprès de l'ADEME (contact mail : isabelle.deportes@ademe.fr).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ABRAM S. BENENSON. *Control of Communicable Diseases in Man*. American Public Health Association, 15^{ème} édition, 1990. 532 p.
- [2] A.D.E.M.E. *Déchets municipaux : les chiffres clés*. 2^{ème} édition, avril 2000. 12 p. Collection Données et Références.
- [3] A.D.E.M.E. *Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines*. Guides et cahiers techniques, 1999. 183 p. Collection valorisation agricole des boues d'épuration.
- [4] A.D.E.M.E. *Les germes pathogènes dans les boues des stations d'épuration urbaines*. Guides et cahiers techniques, 1994. 89 p. Collection valorisation agricole des boues d'épuration.
- [5] AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS. *Bilan des connaissances relatives aux Escherichia coli producteurs de Shiga-toxines (STEC)* [en ligne], avril 2003 [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < <http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/STEC25avril.pdf> >.
- [6] AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS. COMMISSION *LISTERIA*. *Rapport de la Commission d'étude des risques liés à Listeria monocytogenes* [en ligne]. juillet 2000 [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < <http://www.afssa.fr/dossiers/rapport.asp> >.
- [7] AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DES PRODUITS DE SANTE. *Analyse du risque de transmission de la variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob par les médicaments d'origine humaine et par les produits sanguins labiles*. Mars 2003. pp. 8-10.
- [8] ANOFEL. ASSOCIATION FRANCAISE DES ENSEIGNANTS DE PARASITOLOGIE. *Parasitologie Mycologie*. 6^{ème} édition. Saint-Maur : Format Utile, 1998. 480 p. Collection Références.
- [9] ANTONA D. Le tétanos en France en 2000 et 2001. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*. 1^{er} octobre 2002, n°40/2002.
- [10] ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION. *Norme NF U 44-051 - Amendements organiques*. Décembre 1981.
- [11] ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION. *Norme NF U 44-551 - Supports de culture*. En cours de révision.
- [12] ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION. *Norme NF U 44-095 - Amendements organiques contenant des matières, issues du traitement des eaux, d'intérêt agronomique - Produits élaborés par compostage*. En cours d'élaboration.
- [13] BARANTON G. *Rapport d'activité du Centre de Référence des leptospires pour l'année 2002* [en ligne]. Institut Pasteur, 20 juin 2003 [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < <http://www.pasteur.fr/recherche/Leptospira/LeptospiraF.html> >.
- [14] BAZELY P., CATTEAU C. *Etat de santé et offre de soins dans les départements d'Outre-mer - Guadeloupe, Guyane, Martinique, Réunion*. Direction de la Recherche, des études, de l'évaluation et des Statistiques. N° 14, juin 2001. 22 p.
- [15] BAZELY P., CATTEAU C. *Etat sanitaire des DOM - Maladies infectieuses et problèmes sociaux. Economie*. 3^{ème} trimestre 2001. pp. 26-27.
- [16] BENOIST A. C. et al. Infections invasives à Haemophilus influenzae, listeria monocytogenes, meningocoque, pneumocoque, streptocoque groupe A et groupe B, en France en 1997, évolution 1991-1997. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 13 avril 1999, n°15/1999.
- [17] BONNARD R. *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque, rapport final*, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, novembre 2001. 70 p.
- [18] BOUVET P. et al. Données de surveillance 1999 du Centre National de Référence des *Salmonella* et *Shigella*. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 20 mars 2001, n°12/2001.

- [19] BRACHET R. et al. Réseau Sentinelles - Epidémie de gastro-entérite en France : 4 familles de virus retrouvés dans les selles des patients. *Le quotidien du médecin*. 14 janvier 1999, n° 6413, p. 15.
- [20] BRACHET R. et al. Réseau Sentinelles - Epidémiologie moléculaire des virus entériques hivernaux. *Le quotidien du médecin*. 6 avril 2000, n° 6682, p. 11.
- [21] BRACHET R. et al. Réseau Sentinelles - Gastro-entérites hivernales : Calicivirus et Rotavirus ont été les deux familles de virus le plus fréquemment identifiées. *Le quotidien du médecin*. 11 mars 1999, n° 6453, p. 11
- [22] CABARET J., GEERTS S., MADELINE M. et al. The use of urban sewage sludge on pastures : the cysticercosis threat. *Veterinary research*. Septembre Octobre 2002, volume 33, n° 5, pp. 575-597.
- [23] CADIERGUES B. *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence de différents traitements et du stockage*. Thèse pour le Doctorat en Chimie et Microbiologie de l'Eau : Université Henri Poincaré Nancy I, 2000. 239 p.
- [24] CAIHOL. J. et al. Tuberculose en France : la situation aujourd'hui. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 18 mars 2003, n°10-11/2003.
- [25] CAMPESE et al. Numéro spécial consacré à la légionellose. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 30 juillet 2002, n°30-31/2002.
- [26] CAPEK I. Les maladies de Creutzfeldt-Jakob et les maladies apparentées en France de 1998 à 2000. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 9 juillet 2002, n°28/2002.
- [27] CARME B. Les parasitoses humaines en Guyane française. *La presse médicale*. N° 32, novembre 2001. pp. 1601-1608.
- [28] CARME B. et al. Intestinal parasitoses among Wayampi Indians from French Guiana. *Journal de la Société Française de Parasitologie*. Volume 9, juin 2002. pp. 167-174.
- [29] CARRINGTON E.G. *Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction - Final report*. Commission européenne. Direction générale de l'environnement, 2001. 38 p.
- [30] CHAUD P., BAZELY P., BLATEAU A. *La surveillance des maladies infectieuses et parasitaires aux Antilles et en Guyane - Détermination des priorités par les professionnels de santé* [en ligne]. Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie Antilles Guyane, Institut de Veille Sanitaire. Mai 2001 [13/08/03]. Disponible sur Internet : http://www.invs.sante.fr/publications/rap_antilles_guyane_1101/antilles_guyane_rapport.pdf >. 47 p.
- [31] CHEROUX M. La mise sur le marché des produits organiques d'origine non agricole - Situation réglementaire (Nov. 2001). *Les Nouveaux défis de la fertilisation raisonnée*. Paris : G. Thévenet et A. Joubert. Novembre 2001. pp. 155-164.
- [32] COLIN F. *Micropolluants organiques et germes pathogènes dans les boues d'eaux résiduaires, Rapport final*, Centre International de l'Eau de Nancy, juin 2000. 247 p.
- [33] COMMISSION EUROPEENNE. DIRECTION GENERALE ENVIRONNEMENT. *Document de travail sur les boues d'épuration*, 3^{ème} projet [en ligne]. Avril 2000. Disponible sur Internet : http://europa.eu.int/comm/environment/waste/sludge/sludge_fr.pdf >. 20 p.
- [34] COMMISSION EUROPEENNE. DIRECTION GENERALE ENVIRONNEMENT. *Document de travail - Traitement biologique des biodéchets*, 2^{ème} version [en ligne]. Février 2001. Disponible sur Internet : http://europa.eu.int/comm/environment/waste/biodegradable2fr_pdf >. 22 p.
- [35] CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE, Section des eaux. *Risques sanitaires liés aux boues d'épuration des eaux usées urbaines*. Paris : Lavoisier TEC & DOC, 1998. 106 p.
- [36] COUTURIER C., GALTIER L. *Etat des connaissances sur le devenir des germes pathogènes et des micropolluants au cours de la méthanisation des déchets et des sous-produits organiques*. SOLAGRO. N° contrat ADEME : 9893024. 95 p.
- [37] COUTURIER C. *La méthanisation des déchets ménagers et assimilés*. SOLAGRO, 2000. 32 p.
- [38] COUZIGOU C. Réseau Sentinelles - Coqueluche de l'adulte : entre 20 000 et 45 000 cas en 2001 en France? *Le quotidien du médecin*. 8 novembre 2001, n° 7005, p. 14.

- [39] DE BRETTE A. et al. Le choléra à Mayotte. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 20 février 2001, n°8/2001.
- [40] DEGLIN S. *Epannage des boues de stations d'épuration d'abattoirs de ruminants : quel risque microbiologique?* Mémoire de fin d'études des Ingénieurs du Génie Sanitaire : Ecole Nationale de la Santé Publique, 2002. 48p.
- [41] DELEUZE J. Pathologies de l'été. *La revue du praticien - Médecine Générale*. 7 juin 1999. Supplément au n° 465. pp. 3-27.
- [42] DELORAINE A., HEDREVILLE L., ARTHUS C. *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Centre Rhône-Alpes d'Epidémiologie et de Prévention Sanitaire, mars 2002. 216 p.
- [43] DEPORTES I. Les risques microbiologiques : influence des procédés de traitements. *Les Nouveaux défis de la fertilisation raisonnée*. Paris : G. Thévenet et A. Joubert. Novembre 2001. pp. 165-172.
- [44] DEROUIN F. *Rapport sur les "Infections à protozoaires liées aux aliments et à l'eau" : " Evaluation scientifique des risques associés à Cryptosporidium sp."* [en ligne], Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, septembre 2002 [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < <http://afssa.fr/ftp/basedoc/RapportCrypto.pdf> >.
- [45] DIRECTION GENERALE DE LA SANTE DE LA POPULATION ET DE LA SANTE PUBLIQUE, *Fiches techniques Santé/Sécurité* [en ligne]. Santé Canada. Juillet 2003 [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/index_f.html >.
- [46] DUCRAY F., HUYARD A. *Impact du futur projet européen sur la valorisation des boues en agriculture - Campagnes d'analyses sur 60 boues de STEP*. Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux, mars 2002. 140 p.
- [47] DUMONTET S. et al. The importance of pathogenic organisms in sewage and sewage sludge. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Volume 51, juin 2001. pp. 848-860.
- [48] FEIX I., WIART J. *Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales*, Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 1998. 74 p.
- [49] FLAHAULT A. et al. Réseau Sentinelles - Hépatites A : entre 10 000 et 15 000 cas rapportés chaque année par les généralistes français depuis 8 ans. *Le quotidien du médecin*. 15 avril 1999, n° 6477, p. 10.
- [50] FORSYTHE S.J. et al. Arcobacter newly emerging food and waterborne pathogens, *Reviews in Medical Microbiology*, n°11, 2000. pp. 161-170.
- [51] GARREC N. *Détection et étude de la survie de Listeria monocytogenes dans les boues d'épuration destinées à l'épandage*. Thèse pour le Doctorat en Microbiologie fondamentale et appliquée : Université d'Angers, 2003. 172 p.
- [52] GASPARD P. et al. *Valorisation des boues de stations d'épuration en vue de l'amélioration des sols destinés à l'agriculture : contamination parasitaire et modélisation en vue de la gestion du risque sanitaire*. Bull. Acad. Natle Méd., volume 181, n°1, janvier 1997. pp. 43-57.
- [53] GOULET V. et al. La surveillance de la listériose humaine en France en 1999. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 21 août 2001, n°34/2001.
- [54] GOUROUBLE G. et al. *Enquête sur les gastro-entérites aiguës infantiles au CHU de Pointe-à-Pitre/ Abymes, Guadeloupe, de novembre 1997 à mars 1998*. Bull. Soc. Pathol. Exot, n°93, 2000. pp. 58-61.
- [55] GUSTAVE J. *Etude de quelques problèmes sanitaires liés à la valorisation agricole des boues de la station d'épuration de Jarry*. Mémoire de fin d'études des Ingénieurs du Génie Sanitaire : Ecole Nationale de la Santé Publique, 1987. 48 p.
- [56] HAEGHEBAERT S. et al. Caractéristiques épidémiologiques du botulisme humain en France, 1991-2000. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 2 avril 2002, n°14/2002.
- [57] HAEGHEBAERT S. et al. Caractéristiques épidémiologiques du botulisme humain en France, 2001 et 2002. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 1^{er} juillet 2003, n°29/2003.

- [58] HAEGHEBAERT S. et al. Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes en France en 2001. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 1er avril 2003, n°14/2003.
- [59] HAEGHEBAERT S. et al. Les toxi-infections alimentaires collectives en France en 1998. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 10 avril 2001, n°15/2001.
- [60] HAUS R. et al. Cas d'hépatite A en collectivité signalés aux DDASS, bilan des investigations et des recommandations. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 3 décembre 2002, n°49/2002.
- [61] HOPITAUX DE MARSEILLE. SERVICE DES MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES. *Conseils aux voyageurs - Fiches pays* [en ligne]. Avril 2003 [13/08/03]. Disponible sur Internet : < <http://mit.ap-hm.fr/> >.
- [62] INSTITUT DEPARTEMENTAL D'ANALYSE ET DE CONSEIL. *Tarifs : analyses et autres prestations AGRO-ENVIRONNEMENT*. Conseil Général de Loire Atlantique, 2000.
- [63] INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE. *Déclarer, agir, prévenir. Le nouveau dispositif de surveillance des maladies à déclaration obligatoire* [en ligne]. Janvier 2003 [13/08/03]. Disponible sur Internet : < <http://www.invs.sante.fr/surveillance/mdo/dispositif.htm> >. 64 p.
- [64] INSTITUT PASTEUR. *Le grand retour des maladies infectieuses* [en ligne]. Avril 2002 [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < <http://www.pasteur.fr/externe> >
- [65] INSTITUT PASTEUR. *Renseignements sur les différentes maladies infectieuses étudiées à l'Institut Pasteur* [en ligne]. [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < <http://www.pasteur.fr/externe> >.
- [66] JEHANNO F. *Suivi de l'évolution des micro-organismes pathogènes pour l'homme dans un compost de mélange de broyat de déchets végétaux et de boues de stations d'épuration*. Mémoire de fin d'études des Ingénieurs du Génie Sanitaire : Ecole Nationale de la Santé Publique, 1995. 50 p.
- [67] LEGEAS M., GANIERE J.P. Connaissances et acquis : sources, teneurs, nature et devenir des agents pathogènes. *ADEME Journées techniques des 5 et 6 juin 1997 - Aspects sanitaires et environnementaux de l'épandage des boues d'épuration urbaines*. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. 1997. pp. 18-24.
- [68] LEWIS-JONES R., WINCKLER M. *Sludge parasites and other pathogens*. Ellis Horwood series, 1991. 202 p.
- [69] LINDO J.F. et al. Intestinal parasites among Young children in the interior of Guyana. *West Indian Med.* n° 51, mars 2002. pp. 25-27.
- [70] MICHAUD A. *Insularité et risques épidémiques à la Réunion* [en ligne]. Institut Pasteur. 1998 [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < <http://www.pasteur.fr/sante/socpatex/pdf/1998n1/Michault.pdf> >
- [71] MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE. *Guide pour la constitution des dossiers de demande d'homologation Matières fertilisantes et Supports de culture* [en ligne]. Avril 2003 [13/08/03]. Disponible sur Internet : < <http://www.cerfa.gouv.fr/servform/vigueur/accueil/11385a01.htm> >. 23 p.
- [72] MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT. *Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées*. J. O. n° 26 du 31 janvier 1998, NOR : ATEE9760538A, p.1563.
- [73] MINISTERE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITE. *Arrêté du 26 avril 2002 fixant la liste des Centres Nationaux de référence pour la lutte contre les maladies transmissibles et des laboratoires associés*. J.O. n° 105 du 5 mai 2002, p. 8674.
- [74] MINISTERE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITE. *Arrêté du 8 Octobre 2002 complétant l'arrêté du 26 avril 2002 fixant la liste des Centres Nationaux de référence pour la lutte contre les maladies transmissibles et des laboratoires associés*. J.O. n° 242 du 16 octobre 2002. p. 17 092.
- [75] MINISTERE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITE. *Arrêté du 18 juillet 1994 fixant la liste des agents biologiques pathogènes*. J.O. du 30 juillet 1994. pp. 9719-9722.
- [76] MINISTERE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITE. *Arrêté du 30 juin 1998 modifiant l'arrêté du 18 juillet 1994 fixant la liste des agents biologiques pathogènes*. J.O. du 22 juillet 1998. pp. 11207-11208.

- [77] MONTCHARMONT A. *Les risques sanitaires liés à l'épandage des boues de stations d'épuration urbaines*. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire : Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 1999. 113 p.
- [78] MONPOHEO Dé Mondé S. *Quantification génomique de deux virus entériques (Enterovirus et HAV) dans les boues de stations d'épuration, estimation de l'impact sanitaire lié à leur valorisation agricole*. Thèse pour le Doctorat en Virologie moléculaire : Université de Nantes, 2001. 181 p.
- [79] MOULIN F et al. Hospitalisations pour gastro-entérites aiguës communautaires à Rotavirus chez l'enfant de 1997 à 2000 à Paris. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 27 novembre 2001, n°48/2001.
- [80] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Biosolids applied to land : advancing standards and practices*. National Academy Press, 2002. 266 p.
- [81] OBSERVATOIRE REGIONAL DE LA SANTE. *Impact sanitaire de la qualité de l'eau de boisson à la Réunion* [en ligne]. Décembre 2001 [13/08/03]. Disponible sur Internet : < <http://perso.wanadoo.fr/orsrun/eaudiar.pdf> >. 51 p.
- [82] OBSERVATOIRE REGIONAL DE LA SANTE. L'eau et la santé à la Réunion. *La santé observée à la Réunion*. Fiche 9.1. 1999.
- [83] OBSERVATOIRE REGIONAL DE LA SANTE. Vue d'ensemble des pathologies à la Réunion. *La santé observée à la Réunion*. Fiche 7.1. 1999.
- [84] OFFICE INTERNATIONAL DES EPIZOOTIES. *Classification OIE des maladies* [en ligne]. 20 février 2003 [13/08/2033]. Disponible sur Internet : < http://www.oie.int/fr/maladies/fr_classification.htm >.
- [85] PERRA A. et al. Cas groupés de leptospirose à Rochefort. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 27 août 2002, n°35/2002.
- [86] RASTOGI N. et al. La tuberculose en région Antilles-Guyane. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, n°11/1998.
- [87] ROUSSEL S. *Stratégies d'évaluation de la viabilité des œufs d'helminthes de l'environnement*. Thèse pour le Doctorat en Pharmacie : Université Lille II, 2002. 69 p.
- [88] SEGALA C. *Traitement statistique des bases de données renseignant sur la composition microbiologique des amendements organiques et supports de culture*. Société d'Epidémiologie et d'Analyses SEPIA, novembre 2001. 78 p.
- [89] SOLA C. et al. Epidémiologie moléculaire de la tuberculose dans le département de la Guadeloupe de 1994 à 1996. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 12 janvier 1999, n°2/1999.
- [90] STRAUCH D. *Survival of pathogenic micro-organisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge*. Rev. Scien. Tech. Off. Int. Epiz., 1991, volume 10, n°3. pp. 813-846.
- [91] THIRIAT L. *Valorisation agricole des boues résiduaires : dénombrement des kystes de Giardia sp. et estimation de leur impact sur le risque sanitaire*. Thèse pour le doctorat en Chimie et Microbiologie de l'eau : Université Henri Poincaré Nancy I, 1998. 252 p.
- [92] THORETTE J., SCHWARTZ C. Plus de 60 % des boues d'épuration municipales ont été épandues en 1999 sur 2 % des sols agricoles. *Les données de l'environnement*, février 2003, numéro 63. 4 p.
- [93] VALENCIANO M. *Définition des priorités dans le domaine des zoonoses non alimentaires 2000-2001* [en ligne]. Institut de Veille Sanitaire. Janvier 2002 [13/08/2003]. Disponible sur Internet : < http://www.invs.sante.fr/publications/2002/def_priorite_zoonoses/priorites_zoonoses.pdf >. 40 p.
- [94] VERNOZY C., MONTET M.P. *Evaluation du danger lié à la présence des Escherichia coli verotoxiques dans des prélèvements environnementaux : effluents d'élevage et boues de STEP. Rapport final*. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon. Convention ADEME n° 0075048, novembre 2002.

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : La liste des micro-organismes pathogènes potentiellement présents dans les déchets organiques d'origine urbaine, transmissibles par voies environnementales, en France métropolitaine et dans les DOM-TOM (<i>Liste 1</i>).....	1
Annexe 2 : Tableau descriptif des différents agents pathogènes de la liste 1 - Descriptions générales (<i>Tableau 1A</i>)	1
Annexe 3 : Tableau descriptif des différents agents pathogènes de la liste 1 - Critères de danger (<i>Tableau 1B</i>)	13
Annexe 4 : Synthèse des informations recueillies relatives aux DOM-TOM	22
Annexe 5 : La grille de sélection des agents pathogènes d'intérêt sanitaire en France métropolitaine et dans les DOM-TOM (<i>Grille 1</i>)	28
Annexe 6 : La sélection des agents pathogènes en France (<i>Sélection France</i>).....	42
Annexe 7 : La sélection des agents pathogènes dans les DOM-TOM (<i>Selection DOM-TOM</i>)	53
Annexe 8 : Hiérarchisation des micro-organismes d'intérêt sanitaire en France, selon la plausibilité de contamination de l'homme par retour au sol des déchets (<i>Grille 2</i>)	59
Annexe 9 : Le tableau d'orientation.....	68
Annexe 10 : Les méthodes d'analyses microbiologiques utilisées pour la recherche et le dénombrement de germes pathogènes dans des prélèvements environnementaux	71
Annexe 11 : Fiches descriptives des agents pathogènes.....	75
CAMPYLOBACTER	76
CLOSTRIDIUM	81
COLIFORMES.....	87
ESCHERICHIA COLI EHEC.....	94
ENTEROCOCCUS.....	96
STREPTOCOCCUS.....	96
LEPTOSPIRA	102
LISTERIA	104
SALMONELLA.....	109
SHIGELLA.....	117
STAPHYLOCOCCUS.....	122
YERSINIA	125
ENTEROVIRUS	130
ANKYLOSTOMES	137
ASCARIS.....	142
CRYPTOSPORIDIUM	149
GIARDIA.....	156
HELMINTHES.....	162
STRONGYLOÏDES.....	166
TAENIA	170
TOXOCARA	177
TOXOPLASMA	182
TRICHURIS	185
ASPERGILLUS.....	190

Annexe 1 : La liste des micro-organismes pathogènes potentiellement présents dans les déchets organiques d'origine urbaine, transmissibles par voies environnementales, en France métropolitaine et dans les DOM-TOM (*Liste 1*).

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Quelques références bibliographiques
Genre	Espèce		
<i>Actinomyces</i>	<i>A. israeli</i>	Actinomycosis.	17
<i>Arcobacter</i>	<i>A. butzleri</i>	Diarrhées.	47
<i>Bacillus</i>	<i>B. anthracis</i>	Charbon bactérien.	40, 43, 17, 29, 47, 4, 32
<i>Brucella</i>	<i>B. abortus</i>	Brucellose.	17, 47, 4, 32
	<i>B. melitensis</i>		
	<i>B. suis</i>		
<i>Bordetella</i>	<i>B. pertussis</i>	Coqueluche	17
<i>Campylobacter</i>	<i>C. Coli</i>	Campylobacterioses (diarrhées).	80,40, 43, 17, 29, 47, 3, 35, 67, 4, 32
	<i>C. jejuni</i>		
<i>Clostridium</i>	<i>C. perfringens*</i>	Entérotoxémies, gangrènes,...	43, 17, 29, 47, 23, 3, 4, 32
	<i>C. botulinum</i>	Botulisme.	17, 29, 47, 67
	<i>C. tetani</i>	Tétanos	
<i>Chlamydia</i>	<i>C. psittaci</i>	Psittacose.	17, 43
<i>Corynebacterium</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Diphthérie	17
<i>Coxiella</i>	<i>C. burnetii</i>	Fièvre Q.	17, 4, 32
<i>Enterobacter</i>	<i>E. aerogenes</i>	Infections opportunistes.	17
<i>Erysipelothrix</i>	<i>E. rhusiopathiae</i>	Rouget.	43, 4, 32
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro hémorragique EHEC (ex : O157 : H7)	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	80, 40, 43, 17, 29, 47, 23, 48, 35, 4, 32
	<i>E. coli</i> entéro pathogène EPEC		
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	Tularémie	17
<i>Haemophilus</i>	<i>H. influenzae</i>	Infections des voies respiratoires et méningites sévères des voies respiratoires.	17
<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Ulcère de l'estomac.	80
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>	Pneumonie	17, 67
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Legionellose.	80, 17, 4, 32
<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>	Leptospirose.	40, 43, 17, 29, 47, 23,4, 32
<i>Listeria</i>	<i>L. monocytogenes*</i>	Listériose.	80, 40, 43, 17, 29, 47, 23,9, 4, 32
<i>Mycobacterium</i>	Mycobactéries atypiques	Mycobactérioses.	40, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 4, 32
	<i>M. bovis</i>		
	<i>M. tuberculosis</i>		
<i>Mycoplasma</i>	<i>M. pneumoniae</i>	Pneumonie atypique.	17
<i>Pasteurella</i>	<i>P. multocida</i>	Septicémies, infections respiratoires.	43
<i>Plesiomonas</i>	<i>Pl. shigelloides</i>	Maladies diarrhéiques.	23
<i>Proteus</i>	<i>P. mirabilis</i>	Infections urinaires.	17

* germe pathogène normalement présents dans l'environnement

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Quelques références bibliographiques
Genre	Espèce		
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i> *	Surrinfections, suppurations, infections urinaires.	43, 17, 29, 47, 23, 4, 32
	<i>P. pseudomallei</i>	Mélioïdose.	80, 4, 32
<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella spp</i>	Salmonelloses.	80, 40, 43, 29, 47, 3, 48, 35, 4, 32
	<i>S. typhi</i>	Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes.	17, 23
	<i>S. paratyphi</i>		
	<i>S. typhimurium</i>	Toxi-infections alimentaires.	23
<i>S. enteritidis</i>			
<i>Serratia</i>	<i>Serratia spp</i>	Infections opportunistes	17, 43
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i>	Dysentérie bacillaire.	17, 23
	<i>S. flexneri</i>		
	<i>S. sonnei</i>		
	<i>S. boydii</i>		
<i>Staphylococcus</i>	<i>S. aureus</i> *	Maladies diarrhéiques, infections cutanées.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 35, 4, 32
<i>Streptococcus</i>	<i>Streptococcus spp</i>	Streptococcie.	43, 17, 47, 4, 32
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i>	Choléra.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 11
	<i>V. parahaemolyticus</i>		47
	<i>V. vulnificus</i>		47
<i>Yersinia</i>	<i>Y enterocolitica</i> *	Entérocolite, septicémie.	80, 43, 17, 29, 23, 3, 48, 35, 4, 32

* germe pathogène normalement présent dans l'environnement

Virus pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Quelques références bibliographiques
Genre	Espèce		
Astrovirus	Astrovirus humains	Gastro-entérite.	80, 43, 29, 47, 23, 3, 48, 35
Calicivirus	Virus de Norwalk et apparentés	Gastro-entérite.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35
	Sapporo-like virus		
Coronavirus	Coronavirus humains	Entérocolite.	43, 29, 47, 23
	Syndromes Respiratoires Aigus Sévères SRAS	Pneumopathie fébrile sévère.	
Enterovirus	Virus poliomyélitiques (<i>Poliovirus</i>)	Paralysie, méningite, fièvre, poliomyélite.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32
	Virus coxsackie A (<i>Coxsackievirus</i>)	Méningite, infection respiratoire, herpangine.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35
	Virus coxsackie B (<i>Coxsackievirus</i>)	Myocardite, éruption cutanée, méningite, fièvre, diarrhée.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35
	Virus Echo (<i>Echovirus</i>)	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35
	Enterovirus 68 à 71 (<i>Enterovirus</i>)	Méningite, encéphalite, atteinte des voies respiratoires, conjonctivite	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite A	Hépatite infectieuse.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32
	Virus de l'Hépatite E		80, 47, 23, 3, 48, 35
Mastadénovirus	Adénovirus humains	Infection respiratoire, conjonctivite et gastro entérite.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48
Parvovirus		Méningite, encéphalite, conjonctivite.	47
Poxvirus	Poxvirus de l'ecthyma	Ecthyma contagieux	4, 32
Reovirus	Réovirus humains	Non établie.	80, 43, 29, 47, 23, 48, 35
Rotavirus	Rotavirus humains	Gasto-entérite.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32

Parasites pathogènes pour l'homme				Pathologie, symptômes	Quelques références bibliographiques
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce		
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	Amibiase : diarrhée, abcès intestinaux.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32, 8
			<i>E. coli</i>		
		<i>Dientamoeba</i>	<i>D. fragilis</i>		
		<i>Naegleria</i>	<i>N. fowleri</i>	Méningo-encéphalite primaire.	17, 8
		<i>Acanthamoeba</i>	<i>Acanthamoeba</i> sp.	Méningo-encéphalite, lésions de l'œil et de la peau.	17, 8
	Ciliés	<i>Balantidium</i>	<i>B. coli</i>	Balantidiose.	80, 17, 48, 35, 4, 32, 8
	Flagellés	<i>Giardia</i>	<i>G. intestinalis</i> ou <i>G. lamblia</i>	Giardiase. Dysentéries.	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32, 8
	Sporozoaires	<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. parvum</i>	Cryptosporidiose.	80, 43, 17, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32, 8
		<i>Cyclospora</i>	<i>C. cayetanensis</i> .	Diarrhée.	17, 47, 8
		<i>Isospora</i>	<i>I. belli</i>	Coccidiose.	17, 23, 8
		<i>Sarcocystis</i>	<i>Sarcocystis spp</i>	Sarcosporidiose.	43, 29, 47, 32, 8
		<i>Toxoplasma</i>	<i>T. gondii</i>	Toxoplasmose	80, 43, 17, 29, 47, 23, 48, 35, 4, 32, 8
	Métazoaires	Nématodes	<i>Ancylostoma</i>	<i>A. duodenale</i>	Ankylostomose.
<i>Ascaris</i>			<i>A. lumbricoides</i>	Ascariidiose.	80, 43, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32, 8
<i>Enterobius</i>			<i>E. vermicularis</i>	Oxyurose.	7, 32, 8
<i>Necator</i>			<i>N. americanus</i>	Ankylostomose.	80, 47, 23, 48, 4, 32, 8
<i>Strongyloïdes</i>			<i>S. stercoralis</i>	Anguillulose.	7, 4, 32, 8
<i>Trichuris</i>			<i>T. trichiura</i>	Trichocéphalose ou trichurose	80, 43, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32, 8
<i>Toxocara</i>			<i>T. canis</i>	Toxocarose.	80, 43, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32, 8
			<i>T. cati</i>		
<i>Trichinella</i>		<i>T. spiralis</i>	Trichinellose	48, 4, 8	
Cestodes		<i>Diphyllobothrium</i>	<i>D. latum</i>	Bothriocéphalose	43, 29, 47, 23, 8
		<i>Echinococcus</i>	<i>E. granulosus</i>	Echinococcose.	43, 29, 47, 23, 4, 32, 8
			<i>E. multilocularis</i>		
		<i>Hymenolepis</i>	<i>H. nana</i>	Hyménolepiose.	80, 43, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32, 8
			<i>H. diminuta</i>		
<i>Taenia</i>		<i>T. saginata</i>	Taeniasis / Cysticercose	80, 43, 17, 29, 47, 23, 3, 48, 35, 4, 32, 8	
	<i>T. solium</i>				
Trématodes	<i>Schistosoma</i>	<i>S. mansoni</i>	Bilharziose.	8	

Levures pathogènes pour l'homme	Pathologie, symptômes	Quelques références bibliographiques
<i>Candida albicans</i>	Candidose (infections digestives, cutanéomuqueuses).	43, 29, 47, 32
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Cryptococcose (manifestations pulmonaires, cutanées).	43, 29, 47, 32
<i>Trichosporon cutaneum</i>	Trichosporonose (affections pulmonaires, mycoses)	43, 29, 47, 32

Champignons pathogènes pour l'homme	Pathologie, symptômes	Quelques références bibliographiques
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aspergillose (infection des voies respiratoires supérieures, mycoses profondes)	43, 29, 47, 48, 32
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmose (mycoses)	32
<i>Phialophora richardsii</i>	Phaeohyphomycoses (mycoses profondes)	43, 29, 47, 32
<i>Geotrichum candidum</i>	Géotrichose (colites)	43, 29, 47, 32
<i>Trichophyton rubrum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)	43, 29, 47, 32
<i>Epidermophyton floccosum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)	43, 29, 47, 32

ATNC	Pathologie, symptômes	Quelques références bibliographiques
Prion	Maladie de Creutzfeldt-Jakob	40, 43, 17

**Annexe 2 : Tableau descriptif des différents agents pathogènes de la liste 1 -
Descriptions générales (*Tableau 1A*)**

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Nombre de cas, incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Références bibliographiques
Genre	Espèce								
<i>Actinomyces</i>	<i>A. israeli</i>	Actinomycosis.	Air, sol.					17	
<i>Acrobacter</i>	<i>A. butzleri</i>	Diarthées	Eau, aliments	Porcs, volailles.				13	
<i>Bacillus</i>	<i>B. anthracis</i>	Charbon bactérien.	Air, eau, aliments, sol.	Nombreux animaux	Les 3 derniers cas rapportés en France datent de 1997.			63, 40, 17, 32, 4	
	<i>B. abortus</i>								
<i>Brucella</i>	<i>B. melitensis</i>	Brucellose.	Aliments, air.	Nombreux animaux (ruminants)	Environ 40 cas déclarés chaque année en France. Malgré tout, forte diminution de l'incidence animale.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Antibiothérapie	63, 93, 17, 32, 4, 30
	<i>B. suis</i>								
<i>Bordetella</i>	<i>B. pertussis</i>	Coqueluche	Air.	-	La coqueluche reste, parmi les maladies à prévention vaccinale, une des plus difficile à éradiquer. On observe actuellement une résurgence de la maladie, due à l'absence de rappel vaccinal après 81 mois.	Pathologie cosmopolite	Guadeloupe Martinique	Vaccin	17, 30, 65
<i>Campylobacter</i>	<i>C. Coli</i>	Campylobacterioses (diarthées).	Eau, aliments	Nombreux animaux	Pathogène responsable de 5 à 14 % des affections diarrhéiques dans le monde. Prévalence faible dans les pays industrialisés (<1,7%)	Pathologie cosmopolite		Réhydratation Antibiothérapie	40, 17, 32, 3, 35, 4, 81
	<i>C. jejuni</i>								

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Nombre de cas, incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Références bibliographiques
Genre	Espèce								
<i>Clostridium</i>	<i>C. perfringens</i>	Entérotoxémies, gangrènes,...	Aliments, sol.	Nombreux animaux (toutes espèces)	673 cas déclarés en France en 1998.				17, 23, 32, 3, 4, 59
	<i>C. botulinum</i>	Botulisme.	Aliments.		Avec les progrès réalisés en hygiène alimentaire, le botulisme est devenu une maladie rare. Sur les 10 dernières années, une trentaine de cas ont été déclarés chaque année. Incidence de 0,5 cas par million d'habitants.		Guyane Guadeloupe Martinique	Traitement, vaccin	63, 17, 35, 30, 56, 57
	<i>C.tetani</i>	Tétanos	Contact cutanéomuqueux		Malgré la généralisation de la vaccination, le tétanos n'a pas totalement disparu en France (une trentaine de cas chaque année).	La moitié des cas survient en été.	Guadeloupe Guyane Martinique	Vaccination	63, 9
<i>Chlamydiae</i>	<i>C. psittaci</i>	Psittacose.	Air	Ovins, oiseaux			Guyane Guadeloupe Martinique		17, 30
<i>Corynebacterium</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Diphthérie	Air		La vaccination a permis de faire disparaître la diphthérie en France et à la Réunion. Le dernier cas autochtone déclaré date de 1989. En raison de la persistance de la maladie dans divers pays (Europe de l'est notamment), des cas importés sont possibles (1 cas en 2002).	Maladie survenant au cours des mois les plus froids dans les zones tempérées. Dans les régions tropicales, la tendance saisonnière est moins prononcée	Guyane Guadeloupe Martinique Réunion	Vaccin	63, 17, 30, 14, 45

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Nombre de cas, incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Références bibliographiques
Genre	Espèce								
<i>Coxiella</i>	<i>C. burnetii</i>	Fièvre Q.	Air, aliments.	Nombreux animaux (toutes espèces)	Cette maladie n'est pas rare. 25 cas recensés en Guyane de 1992 à 1996, avec une augmentation de l'incidence en 1996 (11 cas)		Guyane Guadeloupe Martinique		93, 17, 32, 4, 30
<i>Enterobacter</i>	<i>E. aerogenes</i>	Infections opportunistes.	Eau, aliments						17
<i>Erysipelothrix</i>	<i>E. rhusiopathiae</i>	Rouget.		Nombreux animaux (dont les mammifères, les oiseaux, les suidés)	Maladie assez fréquente				93, 32, 4
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro hémorragique EHEC (ex : O157 : H7)	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	Eau, aliments	Nombreux animaux (toutes espèces)	Incidence inférieure à 1/100000 cas par an en France chez les moins de 15 ans. Taux d'incidence de 2,8/100000 cas par an pour les enfants de moins de 2 ans	Recrudescence pendant la période estivale		Réhydratation Antibiothérapie	40, 17, 23, 32, 4, 81
	<i>E. coli</i> entéro pathogène EPEC								
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	Tularémie	Eau, aliments, contact direct, insectes.	Petits mammifères		Peut sévir à tous les mois de l'année; plus fréquent au début de l'hiver pendant la saison de chasse au lapin et pendant l'été lorsque les tiques et les taons sont abondants			63, 17, 45

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Nombre de cas, incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Références bibliographiques
Genre	Espèce								
<i>Haemophilus</i>	<i>H. influenzae</i>	Infections des voies respiratoires et méningites sévères des voies respiratoires.	Air.			La courbe d'infection saisonnière bimodale culmine de septembre à décembre et de mars à mai		Vaccin	17, 45
<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Ulcère de l'estomac.	Eau, aliments		20 à 90 % des individus sont infectés selon les pays.				65
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>	Pneumonie	Sol, eau, aliments					Antibiothérapie	17, 10
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Legionellose.	Air (aérosols).	Porcs	En France, le nombre de cas déclarés augmente régulièrement du fait du développement de nouveaux outils diagnostiques : plus de 900 cas ont été notifiés en 2002. Incidence de 1 cas pour 1 million en 2000, et de 1,35 pour 2001.		Guyane Guadeloupe Martinique		63, 17, 32, 4, 30, 25
<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>	Leptospirose.	Eau (urine).	Nombreux animaux (dont les rongeurs)	Cette maladie n'est pas rare. C'est la première cause d'avortement des bovins à la Réunion. 125 cas déclarés en 1996 pour la Réunion et Mayotte (ce qui représente la moitié des cas pour tous les DOM). 294 cas en 2000 pour la France métropolitaine, soit 0,5 cas pour 1 million. Taux d'incidence en 2001 pour 1 million d'habitants : 52,35 pour la Nouvelle Calédonie, 12,5 à Tahiti, 11,45 aux Antilles Guyane et 7,84 à la Réunion.	Zoonose de répartition mondiale, son incidence est en partie liée au contexte climatique. Pic saisonnier en Septembre pour la métropole. Certaines régions sont plus touchées	Réunion Mayotte Guyane Guadeloupe Martinique	Vaccination possible contre certains sérovars	93, 40, 17, 23, 32, 4, 30, 82, 13, 85, 41

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Nombre de cas, incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Références bibliographiques
Genre	Espèce								
<i>Listeria</i>	<i>L. monocytogenes</i>	Listériose.	Aliments (ex : produit laitier non pasteurisé, charcuterie), air, contact direct avec sol contaminé.	Nombreux animaux (toutes espèces)	En France, le nombre annuel de cas déclarés varie autour de 250 et des épisodes de cas groupés limités sont parfois observés. Prévalence de 5 à 20 % en France. En 1996, 220 cas sont recensés en France métropolitaine, 3 à la Réunion, 2 en Guadeloupe et 1 en Nouvelle Calédonie. Incidence peu élevée : moins de 4 cas par million en France en 2000.	Variation de l'incidence selon les régions, en France	Guyane Guadeloupe Martinique	Antibiothérapie	63, 40, 17, 23, 32, 3, 4, 16, 65, 53
	Mycobactéries atypiques <i>M. bovis</i>	Mycobactérioses	Eau	Nombreux animaux					
<i>Mycobacterium</i>	<i>M. tuberculosis</i>	Tuberculose	Eau, aliments	Nombreux animaux	La tuberculose est d'actualité en France. L'incidence nationale était de 10,8 cas pour 100 000 habitants en 2001 et ne diminue plus depuis 4 ans. L'incidence en Ile de France est plus du double de l'incidence nationale (50 cas pour 100 000 habitants dans Paris). En 2001, incidences de 4,7 cas pour 100 000 en Guadeloupe, de 6 en Martinique, de 9,3 en Réunion et de 38,2 en Guyane.	Variations d'incidence selon les départements	Guyane Guadeloupe Martinique		63, 40, 17, 23, 32, 3, 4, 30, 86, 89, 24
<i>Mycoplasma</i>	<i>M. pneumoniae</i>	Pneumonie atypique.	Air						17
<i>Pasteurella</i>	<i>P. multocida</i>	Septicémies, infections respiratoires.	Contact cutané, morsure ou griffure, inhalation aérosols.	Chats, chiens.		Répandu dans le monde entier. Taux d'infection plus élevé durant la saison froide.		Antibiothérapie	45

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Nombre de cas, incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Références bibliographiques
Genre	Espèce								
<i>Plesiomonas</i>	<i>Pl. shigelloides</i>	Maladies diarrhéiques.	Sol, eau, aliments						23
<i>Proteus</i>	<i>P. mirabilis</i>	Infections urinaires.	Eau, aliments, air.	Nombreux animaux (ruminants, porcs)					17
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Surinfections, suppurations, infections urinaires.							17, 23, 32, 4, 81
	<i>P. pseudomallei</i>	Mélioïdose.							32, 4
<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella spp</i>	Salmonelloses.	Aliments	Nombreux animaux (toutes espèces mais principalement les veaux)	La sous-déclaration des TIAC est importante, seulement 20 % des TIAC à salmonelles sont déclarées. 2614 cas déclarés en France en 1998.	Recrudescence estivale, variations selon les départements	Guyane Guadeloupe Martinique, Réunion Mayotte	Réhydratation Antibiothérapie (mais résistance possible)	63, 40, 32, 3, 4, 30, 81, 59, 18
	<i>S. typhi</i>	Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes.	Eau, aliments		Avec l'amélioration des conditions d'hygiène, les fièvres sont devenues rares en France. Une centaine de cas sont déclarés chaque année, la plupart étant des cas importés. Les cas annuels en France sont inférieurs à 0,3 pour 100 000 habitants. 176 cas estimés en 2001. Incidence annuelle 2,5 fois plus élevée dans les DOM en 2001 (0 cas en Réunion et Guadeloupe, 4 en Martinique et 2 en Guyane où l'incidence baisse)		Guyane Guadeloupe Martinique	Vaccin Antibiothérapie	63, 17, 23, 30, 58, 65
	<i>S. paratyphi</i>								
	<i>S. typhimurium</i>	Toxi-infections alimentaires.	Aliments		Agent responsable de nombreuses TIAC en restauration collective		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion		23, 65, 18
	<i>S. enteritidis</i>								

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Nombre de cas, incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Références bibliographiques
Genre	Espèce								
Serratia	Serratia spp	Infections opportunistes	Contact direct des muqueuses avec l'agent infectieux.						17
	S. dysenteriae								
Shigella	S. flexneri	Shigellose. Dysenterie bacillaire.	Eau, aliments, contact oro-fécal		La shigellose n'est pas la plus fréquente des maladies diarrhéiques, mais elle est sans doute la plus sévère dans sa forme dysentérique.	Sévit surtout dans les régions tropicales. Shigella sonnei est la forme prévalente dans les pays industrialisés.	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Réhydratation Méthicilline (mais résistance dans 30 % des cas)	17, 23, 32, 3, 4, 30, 81, 65, 18
	S. sonnei								
	S. boydii								
Staphylococcus	S. aureus	Maladies diarrhéiques, infections cutanées.	Aliments, contact direct	Nombreux animaux (ruminants, porcs)	687 cas déclarés en France en 1998.			17, 23, 32, 3, 4, 59	
Streptococcus	Streptococcus spp	Streptococcie.	Contact direct.	Nombreux animaux (ruminants, porcs)				17, 32, 4	
Vibrio	V. cholerae	Choléra.	Eau, aliments	-	Les cas cliniques survenant en France sont rares et toujours importés. Entre 0 et 2 cas par an sont déclarés depuis l'année 2000. 10 cas de choléra dont 4 autochtones recensés à Mayotte depuis 1998.	Guyane Guadeloupe Martinique Réunion Mayotte	Pas de vaccin	63, 17, 23, 3, 30, 81, 39	
	V. vulnificus								
	V. parahaemolyticus								
Yersinia	Y. enterocolitica	Entérocolite, septicémie.	Eau, aliments, contact animaux domestiques ?	Nombreux animaux (ruminants, oiseaux)		Gemme très cosmopolite		17, 23, 32, 3, 4, 81	

Virus pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Réf.
Genre	Espèce								
Astrovirus	Astrovirus humains	Gastro-entérite.	Eau, aliments	-		Cas sporadiques en toutes saisons. Epidémies ont plus souvent lieu en hiver.			23, 3
Calicivirus	Virus de Norwalk					Epidémies survenant en toutes saisons.			17, 23, 3
	Sapporo-like virus	Gastro-entérite.	Eau, aliments	-					3
Coronavirus	Coronavirus humains	Entérocolite.		Bovins, porcins					23, 32
	Syndromes Respiratoires Aigus Sévères SRAS	Pneumopathie fébrile sévère.	Sécrétions oropharyngées ou respiratoires et peut-être les liquides biologiques		Tous les continents sont touchés. La majorité des cas vient de Chine. Au 6 juin en France : 7 cas probables, 1 cas en cours d'investigation, 419 cas exclus.				63
Enterovirus	Virus poliomyélitiques (Poliovirus)	Paralyse, méningite, fièvre, poliomyélite.	Voie fécale orale, eau, aliments	-	L'élimination de la poliomyélite (par la vaccination) de la région Europe de l'OMS a été certifiée en juin 2002. En France, le dernier cas autochtone date de 1989 et le dernier cas importé de 1995. La maladie a également disparu à la Réunion grâce à la vaccination. Des foyers persistent encore en Afrique et dans le sous continent indien.	Enterovirus largement répandus dans le monde entier.	Guadeloupe Martinique Guyane Mayotte Réunion	Vaccin (atténué ou inactivé)	63, 17, 23, 32, 3, 4, 30, 14
	Virus coxsackie A (Coxsackievirus)	Méningite, infection respiratoire, héparangine.	Eau (voie fécale orale)	-				Pas de vaccin.	17, 23, 3
	Virus coxsackie B (Coxsackievirus)	Myocardite, éruption cutanée, méningite, fièvre, diarrhée.	Eau (voie fécale orale)	-				Pas de vaccin.	17, 23, 3
	Virus Echo (Echovirus)	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.	Voie fécale orale	-				Pas de vaccin.	17, 23, 3

Virus pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Autres espèces cibles que l'homme	Incidence, prévalence	Variations géographiques ou saisonnières	Pathologie d'intérêt dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Réf.
Genre	Espèce								
	Enterovirus 68 à 71 (<i>Enterovirus</i>)	Méningite, encéphalite, atteinte des voies respiratoires, conjonctivite hémorragique.	Voie fécale orale	-				Pas de vaccin.	17, 23, 3
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite A	Hépatite infectieuse	Eau (voie fécale orale), aliments	Certains singes	Incidence de 18/100000 cas en France en 1996. L'immunité anti VHA a considérablement diminué en France depuis 20 ans (amélioration du niveau d'hygiène). La Polynésie française a subi une épidémie qui a touché, de janvier 95 à avril 96, près de 1% de la population.	VHA largement répandus dans le monde entier.	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Vaccin (inactivé).	17, 23, 32, 3, 4, 49
	Virus de l'Hépatite E	Hépatite infectieuse	Eau, aliments	-			Mayotte Réunion		23, 3
Mastadénoavirus	Adénovirus humains	Infection respiratoire, conjonctivite et gastro-entérite.	Eau, air		Peu connue	Répandus dans le monde entier.		Pas de vaccin.	17, 23, 3, 81
Parvovirus		Méningite, encéphalite, conjonctivite.	Eau, aliments	Bovins, porcins					32
Poxvirus	Poxvirus de l'ecthyma	Ecthyma contagieux		Ovins, caprins	Rare chez l'homme.				93, 32, 4
Réovirus	Réovirus humains	Non établie.							23
Rotavirus	Rotavirus humains	Gastro-entérite.	Eau, aliments	Veaux, porcelets	Responsables de 35 à 50 % des hospitalisations de jeunes enfants présentant une diarrhée sévère.	Répandus dans le monde entier. Dans les pays tempérés, les infections se développent lors des mois les plus froids (novembre à avril). Pas de prédominance saisonnière dans les pays tropicaux.	Guadeloupe		17, 23, 32, 3, 4, 81, 79

Levures pathogènes pour l'homme	Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Espèces cibles autres que l'homme	Incidence, prévalence	Variations saisonnières ou géographiques	Pathologie présente dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Réf.
<i>Candida albicans</i>	Candidose (infections digestives, cutanéomuqueuses).	Ingestion, contact muqueuses			Affection cosmopolite		Traitement	8
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Cryptococcose (manifestations pulmonaires, cutanées).	Inhalation spores			Mycose cosmopolite	Guyane	Traitement	8
<i>Trichosporon cutaneum</i>	Trichosporonose (affections pulmonaires, mycoses)						Traitement	8

Champignons pathogènes pour l'homme	Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Espèces cibles autres que l'homme	Incidence, prévalence	Variations saisonnières ou géographiques	Pathologie présente dans les DOM-TOM	Existence de vaccin, traitement	Réf.
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aspergilliose (infection des voies respiratoires supérieures, mycoses profondes)	Inhalation de spores			Champignons cosmopolites, mais semblent prédominer dans les régions humides.		Traitement	8
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmosse (mycoses)	Inhalation de spores		En Europe, les cas autochtones sont exceptionnels mais les cas de contamination exotique de plus en plus fréquents.	Maladie très cosmopolite mais beaucoup plus fréquente sur le continent américain	Guyane Guadeloupe Martinique	Traitement	8
<i>Phialophora richardsii</i>	Phaeohyphomycoses (mycoses profondes)						Traitement	8
<i>Geotrichum candidum</i>	Géotrichose (colites)	Ingestion					Traitement	8
<i>Trichophyton rubrum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)	Contact cutané					Traitement	8
<i>Epidermophyton floccosum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)	Contact cutané					Traitement	8
ATNC	Pathologie, symptômes	Voie de transmission	Espèces cibles autres que l'homme	Incidence, prévalence	Variations saisonnières ou géographiques	Pathologie d'intérêt dans les DOM TOM	Existence de vaccin, traitement	Réf.
Prion	Maladie de Creutzfeldt-Jakob et maladies apparentées			Pas d'augmentation de l'incidence observée. 6 cas recensés au 31 janvier 2003.		Guyane Guadeloupe Martinique		63, 40, 17, 30, 26

**Annexe 3 : Tableau descriptif des différents agents pathogènes de la liste 1 -
Critères de danger (*Tableau 1B*)**

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante (DMI)	Réf.
Genre	Espèce					
<i>Actinomyces</i>	<i>A. israeli</i>	Actinomycosis.				
<i>Arcobacter</i>	<i>A. butzleri</i>	Diarrhées.				
<i>Bacillus</i>	<i>B. anthracis</i>	Charbon bactérien.	Maladie grave.			93
	<i>B. abortus</i>					
<i>Bruceella</i>	<i>B. melitensis</i>	Brucellose.	Peut être grave si non traitée. Taux de mortalité > 12 % pour les cas non traités.		Inconnue	93, 40
	<i>B. suis</i>					
<i>Bordetella</i>	<i>B. pertussis</i>	Coqueluche				
<i>Campylobacter</i>	<i>C. Coli</i>	Campylobacterioses (diarrhées).	Taux de mortalité de 0,1 % dans la population générale.		Inconnue	40, 17
	<i>C. jejuni</i>		Gravité variable		500 germes au moins	
<i>Clostridium</i>	<i>C. perfringens</i>	Entérotoxémies, gangrènes,...	Affection bénigne rarement fatale			45
	<i>C. botulinum</i>	Botulisme.	Létalité inférieure à 6 %. Les décès sont rares.			45
	<i>C. tetani</i>	Tétanos	Létalité d'environ 30 %	Femmes, personnes âgées.		63
<i>Chlamydia</i>	<i>C. psittaci</i>	Psittacose.	Sévère.			93
<i>Corynebacterium</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Diphthérie	La maladie peut être grave. Le taux de létalité est de 5 à 10 % dans les cas de diphthérie non cutanée.	Enfants	Toxine très active	45
<i>Coxiella</i>	<i>C. burnetii</i>	Fièvre Q.	Formes graves.			93
<i>Enterobacter</i>	<i>E. aerogenes</i>	Infections opportunistes.				
<i>Erysipelothrix</i>	<i>E. rhusiopathiae</i>	Rouget.	Peu grave			93
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro hémorragique EHEC (ex : O157 : H7)	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	Taux de mortalité de 0,2 % dans la population générale. Mortalité de 10 % chez les jeunes enfants et les personnes âgées.	Jeunes enfants, personnes âgées	Ingestion de moins de 100 germes	40, 17

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante (DMI)	Réf.
Genre	Espèce					
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	Tularémie	Grave. Les souches du type B entraînent un taux de létalité de 5-15 %. La mortalité est d'environ 35 % dans la forme pulmonaire causée par des souches de type A.		5-10 organismes par voie respiratoire; 1 à 100 millions par ingestion	93, 45
<i>Haemophilus</i>	<i>H. influenzae</i>	Infections des voies respiratoires et méningites sévères des voies respiratoires.	Séquelles neurologiques dans 15-30 % des cas. Taux de létalité de 2 à 5 %.	Enfants		45
<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Ulcère de l'estomac.				
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>	Pneumonie				
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Legionellose.	Létalité élevée (15 à 20 % des cas).	Personnes âgées, immunodéprimées, fumeurs.		63, 17
<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>	Leptospirose.	Maladie grave. Taux de mortalité de 2 à 5 % mais augmentant avec l'âge du sujet.	Personnes âgées	Inconnue	40, 17
<i>Listeria</i>	<i>L. monocytogenes</i>	Listériose.	Taux de mortalité de 17 à 33% dans la population générale. Se manifeste chez les vieillards, les nouveau-nés et les personnes immuno-déprimées. Taux de mortalité élevé pour les infections in utéro (33 à 100 %). Taux de mortalité élevé chez les nouveau-nés (environ 50 %).	Nouveaux-nés, personnes âgées, immuno-déprimés, femmes enceintes.	Inconnue	63, 40, 17
<i>Mycobacterium</i>	<i>Mycobactéries atypiques</i>	Mycobactérioses.	Diverses formes de maladies, qui peuvent être graves.		Inhalation de 10 bacilles	40
	<i>M. bovis</i>					
	<i>M. tuberculosis</i>					
<i>Mycoplasma</i>	<i>M. pneumoniae</i>	Pneumonie atypique.				
<i>Pasteurella</i>	<i>P. multocida</i>	Septicémies, infections respiratoires.	Gravité potentielle si non traitée.			93
<i>Plesiomonas</i>	<i>Pl. shigelloides</i>	Maladies diarrhéiques.				

Bactéries pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante (DMI)	Réf.
Genre	Espèce					
<i>Proteus</i>	<i>P. mirabilis</i>	Infections urinaires.				
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Surrinfections, suppurations, infections urinaires.			200 millions	17
	<i>P. pseudomallei</i>	Mélioïdose.				
<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella</i> spp	Salmonelloses.	Sévérité variable. Taux de mortalité de 0,1 % dans la population générale. La déshydratation peut être grave. Les décès sont rares sauf chez les sujets très jeunes ou très âgés.		Ingestion de 100 à 1000 germes	40, 17
	<i>S. typhi</i>	Fievres typhoïdes et paratyphoïdes.				
	<i>S. paratyphi</i>					
	<i>S. typhimurium</i>	Toxi-infections alimentaires.				
	<i>S. enteritidis</i>					
<i>Serratia</i>	<i>Serratia</i> spp	Infections opportunistes				17
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i>	Shigellose. Dysentérie bacillaire.	Taux de mortalité de 0,2 % dans la population générale. Plus virulentes que les salmonelles.		Ingestion de 10 à 100 germes	3
	<i>S. flexneri</i>					
	<i>S. sonnei</i>					
	<i>S. boydii</i>					
<i>Staphylococcus</i>	<i>S. aureus</i>	Maladies diarrhéiques, infections cutanées.	Peu grave.		100 à 1000000 de germes	3
<i>Streptococcus</i>	<i>Streptococcus</i> spp	Streptococcie.				
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i>	Choléra.	En l'absence de traitement, cette maladie peut être grave	Sujets malnutris.	0,1 à 100 milliards de vibrios cholériques.	3
	<i>V. parahaemolyticus</i>					
	<i>V. vulnificus</i>					
<i>Yersinia</i>	<i>Y enterocolitica</i>	Entérocolite, septicémie.				

Virus pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante DMI	Réf.
Genre	Espèce					
Astrovirus	Astrovirus humains	Gastro-entérite.				3
Calicivirus	Virus de Norwalk	Gastro-entérite.	Provoque 33 à 65 % des gastro-entérites non bactériennes.	Nourissons et jeunes enfants.	10 à 100 germes	17, 3
	Sapporo-like virus	Gastro-entérite.		Nourissons et jeunes enfants.		3
Coronavirus	Coronavirus humains	Entérocolie.				
	Syndromes Respiratoires Aigus Sévères SRAS	Pneumopathie fébrile sévère.				
	Virus poliomyélitiques (Poliovirus)	Paralyse, méningite, fièvre, poliomélie.	Pathologies variées allant de l'infection inapparente à une maladie mortelle. Mortalité faible (0,9 %)	Enfants	< 50 germes	3
Enterovirus	Virus coxsackie A (Coxsackievirus)	Méningite, infection respiratoire, herpangine.	Pathologies variées allant de l'infection inapparente à une maladie mortelle. Taux de mortalité de 0,12 à 0,5 % dans la population générale.	Enfants	< 50 germes	17, 3
	Virus coxsackie B (Coxsackievirus)	Myocardite, éruption cutanée, méningite, fièvre, diarrhée.	Pathologies variées allant de l'infection inapparente à une maladie mortelle. Taux de mortalité de 0,6 à 0,94 % dans la population générale.	Enfants	< 50 germes	17, 3
	Virus Echo (Echovirus)	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.	Pathologies variées allant de l'infection inapparente à une maladie mortelle. Taux de mortalité de 0,27 à 0,29 % dans la population générale.	Enfants	17 germes (Echovirus 12)	17, 3
	Enterovirus 68 à 71 (Enterovirus)	Méningite, encéphalite, atteinte des voies respiratoires, conjonctivite hémorragique.	Pathologies variées allant de l'infection inapparente à une maladie mortelle.	Enfants	< 50 germes	3

Virus pathogènes pour l'homme		Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante DMI	Réf.
Genre	Espèce					
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite A	Hépatite infectieuse	Pathologies vont de l'infection inapparente à l'hépatite fulminante. Taux de mortalité de 0,6 % dans la population générale; mais de 2,7 % pour les personnes de plus de 49 ans. 5 % des cas sont asymptomatiques chez les enfants de moins de 5 ans. 75 % le sont chez les adultes.	Enfants, personnes âgées	Environ 10 particules virales	17, 3
	Virus de l'Hépatite E	Hépatite infectieuse	Peu commun dans les pays développés. Caractérisé par un taux de mortalité de 2 à 3 % dans la population générale et de 17 à 33 % chez les femmes enceintes.	Femmes enceintes		17
Mastadénovirus	Adénovirus humains	Infection respiratoire, conjonctivite et gastro-entérite.	Taux de létalité de 50 à 60 % chez des patients immunodéprimés. Taux d'attaque élevés, allant jusqu'à 70 %	Enfants de moins de 2 ans. Personnes immuno-déprimées		17, 3
Parvovirus		Méningite, encéphalite, conjonctivite.				
Poxvirus	Poxvirus de lechthyma	Echthyma contagieux	Peu grave.			93
Reovirus	Réovirus humains	Non établie.				
Rotavirus	Rotavirus humains	Gastro-entérite.	Infections souvent inapparentes. Taux de mortalité de 0,01 % dans la population générale. Seulement 40 % des adultes infectés présentent des signes cliniques.	Enfants de 6 mois à 2 ans	1 particule infectieuse	17, 3

Parasites pathogènes pour l'homme				Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante DIMI	Réf.	
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce						
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	Ambiase : diarrhée, abcès intestinaux.	Pathologie presque toujours latente. Elle est parfois mortelle dans les pays chauds.			3, 8	
			<i>E. coli</i>		Pouvoir pathogène nul ou limité.				
		<i>Dientamoeba</i>	<i>D. fragilis</i>	Ambiase : diarrhée, abcès intestinaux.	Pouvoir pathogène nul ou limité.	Immuno-déprimés		8	
		<i>Naegleria</i>	<i>N. fowleri</i>	Méningo-encéphalites amibiennes primitives.	Affections neurologiques foudroyantes.	Jeune adulte ou enfant.		8	
		<i>Acanthamoeba</i>	<i>Acanthamoeba</i> sp.	Méningo-encéphalite, lésions de l'œil et de la peau.	Affections chroniques, qui peuvent être graves.	Immuno-déprimés.		8	
		<i>Balantidium</i>	<i>B. coli</i>	Balantidiose.	Maladie peut être grave.			8	
	Flagellés	<i>Giardia</i>	<i>G. intestinalis</i> ou <i>G. lamblia</i>	Giardiose. Dysentéries.	Fréquemment asymptomatique. Taux de mortalité de 0,1 % dans la population générale.	Enfants, hommes touchés plus fréquemment	10 à 100 kystes	17, 3, 8	
			<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. parvum</i>	Cryptosporidiose.	Maladie bénigne chez les personnes immuno-compétentes, mais grave chez les immunodéprimés (télalité de 50 % chez les malades du SIDA). Taux de mortalité de 0,1 % dans la population générale.	Personnes immuno-déprimées, très jeunes enfants (0 à 3 ans), individus malnutris.	30 à 1000 oocystes	17, 3, 8
	Sporozoaires	<i>Cyclospora</i>	<i>C. cayetanensis</i>	Diarrhée.	?	?		17, 8	
			<i>Isoospora</i>	<i>I. belli</i>	Coccidiose.	Il existe des formes asymptomatiques et des formes sévères.	Immuno-déprimés		8
			<i>Sarcocystis</i>	<i>Sarcocystis</i> spp	Sarcosporidiose.	En général, pathologie asymptomatique.			8
			<i>Toxoplasma</i>	<i>T. gondii</i>	Toxoplasmose	Formes bénignes à graves.	Immuno-déprimés.		8

Parasites pathogènes pour l'homme				Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante DIMI	Réf.		
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce							
Métazoaires	Nématodes	Ankylostoma	A. duodenale	Ankylostomose.	Souvent asymptomatique.			93, 8		
			Ascaris	Ascariidose.	Peut rester asymptomatique.		1 à 10 œufs embryonnés	3, 8		
		Enterobius	E. vermicularis	Oxyurose.	Peu grave.		Enfants		8	
			Necator	N. americanus	Ankylostomose.	Souvent asymptomatique.			93, 8	
		Strongyloides	S. stercoralis		Anguillulose.	Dans la majorité des cas, il s'agit de formes latentes. Mais il existe des formes graves.	Immuno-déprimés.		8	
				Trichuris	T. trichiura	Trichocephalose.	Souvent asymptomatique. Armaigrissement parfois mortel	Enfants (5 à 15 ans)		3, 8
		Toxocara	T. canis		Toxocarose (ou larva migrans viscérale).	Potentiellement grave (formes asymptomatiques à sévères).			93, 3, 8	
				T. cati						
		Trichinella	T. spiralis		Trichinellose	Maladie peut être grave (accidents cardiaques).			8	
		Diphyllobothrium	D. latum		Bothriocephalose.				8	
		Echinococcus	E. granulosus		Echinococcose.	Maladie grave.				93, 8
				E. multilocularis						
Hymenolepis	H. nana		Hyménolepiose.	Peu grave. Souvent asymptomatique chez l'adulte. Signes cliniques chez l'enfant.	Enfants.			3, 8		
		H. diminuta								
Taenia	T. saginata		Taeniasis / Cysticercose	Peu grave. Maladie peut durer sans signes extérieurs notables.				17, 3, 8		
		T. solium								
Trématodes	Schistosoma	S. mansoni	Bilharziose.	Risques de formes graves			8			

Levures pathogènes pour l'homme	Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante DMI	Ref.
<i>Candida albicans</i>	Candidose (infections digestives, cutanéomuqueuses).	Peut être grave.	Vieillards, prématurés, immuno-déprimés, femmes enceintes		8
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Cryptococcose (manifestations pulmonaires, cutanées).	Aspects variés. Formes graves existent.	Immuno-déprimés		8
<i>Trichosporon cutaneum</i>	Trichosporonose (affections pulmonaires, mycoses)	Maladie peut être grave. La mortalité dépasse 70 % des cas connus.	Leucémiques.		8

Champignons pathogènes pour l'homme	Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante DMI	Ref.
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aspergilliose (infection des voies respiratoires supérieures, mycoses profondes)	Ne sont pathogènes que dans certaines circonstances. L'aspergilliose invasive nosocomiale touche 10 % des greffés de moelle et sa létalité dépasse 80 %.	Immuno-déprimés		17,8
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmosse (mycoses)	Souvent asymptomatique. Peut être grave.	Immuno-déprimés		8
<i>Phialophora richardsii</i>	Phaeohyphomycoses (mycoses profondes)				8
<i>Geotrichum candidum</i>	Géotrichose (colites)	Peut être grave.			8
<i>Trichophyton rubrum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)				8
<i>Epidermophyton floccosum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)				8

ATNC	Pathologie, symptômes	Gravité et issue de la maladie	Populations sensibles	Dose Minimale Infectante DMI	Ref.
Prion	Maladie de Creutzfeldt-Jakob				

Annexe 4 : Synthèse des informations recueillies relatives aux DOM-TOM

		<i>Données épidémiologiques</i>			Résultats d'analyses d'eaux ou de boues
DOM	<i>Source : Centre Hospitalier de Pointe-à-Pitre/Abymes [54]</i>	<i>Source : CIRE Antilles Guyane [30]</i>	<i>Source : Hôpitaux de Marseille [61]</i>	<i>Source : Manuel ANOFEL [8]</i>	
Guadeloupe	<p>Résultats d'une enquête sur les gastro-entérites aiguës infantiles à la Guadeloupe de novembre 1998 à mars 1998 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une diminution des infections parasitaires intestinales est observée en Guadeloupe. - Par contre, la prévalence des infections dues aux salmonelles reste à un niveau préoccupant. <p>Un contrôle de l'endémie nécessiterait une surveillance vétérinaire de la filière bovine et aviaire ainsi qu'une analyse des comportements alimentaires.</p> <p>- La présence des <i>Rotavirus</i> a le plus souvent été retrouvée, notamment lors de la saison sèche.</p>	<p>Liste des maladies infectieuses et parasitaires (celles soulignées ayant été classées comme prioritaires) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Angiostrongyloïdose</u>, - <u>Anguillulose</u>, - <u>Botulisme</u>, - <u>Brucellose</u>, - <u>Chlamydiae</u>, - <u>Choléra</u>, - <u>Coguéluche</u>, - <u>Diarrhées aiguës</u>, - <u>Diphthérie</u>, - <u>Fèvre Q</u>, - <u>Fèvre typhoïde</u> et <u>paratyphoïde</u>, - <u>Infection à aeromonas</u>, - <u>Infection materno fœtale (streptocoque B et E. coli)</u> - <u>Légionellose</u>, - <u>Leptospirose</u>, - <u>Listériose</u>, - <u>Poliomyéélite</u>, - <u>Salmonellose</u>, - <u>Shigellose</u>, - <u>Suspicion de maladie de Creutzfeldt-Jacob</u>, - <u>TIAC</u>, - <u>Tétanos</u>, - <u>Tuberculose</u>. 	<p>Pathologies susceptibles d'être rencontrées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Amibiase</u>, - <u>Anguillulose</u>, - <u>Ankylostomose</u>, - <u>Ascariadase</u>, - <u>Brucellose</u>, - <u>Diarrhées bactériennes</u>, - <u>Giardiase</u>, - <u>Hépatite A</u>, - <u>Histoplasmosse</u>, - <u>Leptospirose</u>, - <u>Salmonelloses</u>, - <u>Shigelloses</u>, - <u>Taeniasis</u>, 	<p>- Aguilulose : parasitose existant dans les pays tropicaux et sub tropicaux.</p> <p>- Ankylostomose : maladie des zones chaudes du globe.</p> <p>- Ascariadase : hyperinfestations fréquentes dans les pays tropicaux où le pourcentage de sujets parasités peut avoisiner 100%.</p> <p>- Giardiase : pathologie particulièrement répandue dans les régions chaudes et liée au péril fécal.</p> <p>- Taenia solium : Parasite fréquent à la Réunion, à Madagascar et dans certaines régions d'Amérique centrale.</p>	<p>Populations retrouvées dans les boues résiduaires [55] :</p> <p>coliformes, streptocoques, staphylocoques, clostridium sulfiro-réducteurs, staphylocoques pathogènes, salmonelles, shigelles, Vibrio parahaemolyticus, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli & Klebiselles.</p> <p>Larves rhabitoides et strongyloïdes d'anguillules et d'ankylostomes, rhabditis et ciliés, enchytraeïdes, tylenchides, diplocaptes, pratilencus.</p> <p>D'après la DSDS, des prélèvements sont réalisés régulièrement sur les boues, en collaboration avec la MISE. La présence de parasites a été identifiée dans plus du quart des effluents de stations d'épuration analysés (trichocéphales et ankylostomes). Il en ressort que ce sont surtout des larves d'ankylostomes qui sont présentes.</p> <p>Néanmoins, les résultats montrent que : ⇒ globalement, il existe une faible circulation de parasites (4,1%, dont 2,7% d'helminthes) ; ⇒ la pression parasitaire est importante en zone rurale ; ⇒ une nette prédominance des anguillules : 46% des parasites, 71% des helminthes.</p>

DOM	Données épidémiologiques				Résultats d'analyses d'eaux ou de boues
	Source : Centre hospitalier de Cayenne [27, 28]	Source : CIRE Antilles Guyane [30]	Source : Hôpitaux de Marseille [61]	Source : Manuel ANOFEL [8]	
Guyane	Existence de populations polyparasitées. L'amélioration des conditions de vie, de l'hygiène et des thérapeutiques ont fait que les parasitoses intestinales ne représentent plus un problème important dans les zones urbaines et sur la zone côtière, mise à part l'anguillulose. Par contre, la situation est différente pour les régions de l'intérieur et les communautés amérindiennes et Noirs Marrons avec des taux de parasitisme élevés pour l'ankylostomose, l'anguillulose et l'amibe <i>Entamoeba histolytica</i> .	Liste des maladies infectieuses et parasitaires (celles soulignées ayant été classées comme prioritaires) : - Amibiase, - Anguillulose, - Ankylostome, - Botulisme, - Brucellose, - Choléra, - Cryptococcose, - Diarrhées aiguës, - Diphtérie, - Fièvre Q, - Chlamydiae, - Légionellose, - Leptospirose, - Listeriose, - Poliomyélite, - Salmonelloses, - Shigellose, - Suspicion de maladie de Creutzfeldt Jacob, - Tétanos, - <u>TTAC</u> , - <u>Toxoplasmose</u> , - <u>Tuberculose</u> , - <u>Typhoïde</u> .	Pathologies susceptibles d'être rencontrées : - Amibiase, - Anguillulose, - Ankylostomose, - Ascariadiase, - Brucellose, - Choléra, - Diarrhées bactériennes, - Giardiose, - Hépatite A, - Histoplasmose, - Leptospirose, - Salmonelloses, - Shigelloses, - Taeniasis.	- Anguillulose : parasitose existant dans les pays tropicaux et sub tropicaux. - Ankylostomose : maladie des zones chaudes du globe. - Ascariadiase : hyperinfections fréquentes dans les pays tropicaux où le pourcentage de sujets parasités peut avoisiner 100%. - Giardiose : pathologie particulièrement répandue dans les régions chaudes et liée au péril fécal. - Taenia solium : Parasite fréquent à la Réunion, à Madagascar et dans certaines régions d'Amérique centrale.	-

DOM	Données épidémiologiques			Résultats d'analyses d'eaux ou de boues	
	<i>Source : DSDS</i>	<i>Source : CIRE Antilles Guyane [30]</i>	<i>Source : Hôpitaux de Marseille [61]</i>		<i>Source : Manuel ANOFFEL [8]</i>
Martinique	-	<ul style="list-style-type: none"> - Liste des maladies infectieuses et parasitaires (celles soulignées ayant été classées comme prioritaires) : - <u>Angiostrongyloïdose</u>, - <u>Anguillulose</u>, - <u>Botulisme</u>, - <u>Brucellose</u>, - <u>Chlamydiae</u>, - <u>Choléra</u>, - <u>Coqueluche</u>, - <u>Diarrhées aiguës</u>, - <u>Diphthérie</u>, - <u>Fièvre Q</u>, - <u>Fièvre typhoïde et paratyphoïde</u>, - <u>Infection à aëromonas</u>, - <u>Infection materno fœtale (streptocoque B et E. coli)</u> - <u>Légionellose</u>, - <u>Leptospirose</u>, - <u>Listériose</u>, - <u>Poliomyéélite</u>, - <u>Salmonellose</u>, - <u>Shigellose</u>, - <u>Suspicion de maladie de Creutzfeldt-Jacob</u>, - <u>TTAC</u>, - <u>Tétanos</u>, - <u>Tuberculose</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pathologies susceptibles d'être rencontrées : - <u>Ambiase</u>, - <u>Anguillulose</u>, - <u>Ankylostomose</u>, - <u>Ascariadase</u>, - <u>Brucellose</u>, - <u>Diarrhées bactériennes</u>, - <u>Giardase</u>, - <u>Hépatite A</u>, - <u>Histoplasmosse</u>, - <u>Leptospirose</u>, - <u>Salmonelloses</u>, - <u>Shigelloses</u>, - <u>Toxocarose</u>, - <u>Taeniasis</u>, 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Anguillulose</u> : parasitose existant dans les pays tropicaux et sub tropicaux. - <u>Ankylostomose</u> : maladie des zones chaudes du globe. - <u>Ascariadase</u> : hyperinfestations fréquentes dans les pays tropicaux où le pourcentage de sujets parasités peut avoisiner 100%. - <u>Giardose</u> : pathologie particulièrement répandue dans les régions chaudes et liée au péril fécal. - <u>Taenia solium</u> : Parasite fréquent à la Réunion, à Madagascar et dans certaines régions d'Amérique centrale. 	<p>Selon la DSDS, des analyses bactériologiques ont été réalisées dans le cadre du schéma départemental d'élimination des boues de STEP. Une campagne d'analyses sur 6 STEP du parc départemental révèle que, compte tenu des méthodes de conditionnement utilisées, les boues contiennent encore des pathogènes mais dans des concentrations normales.</p> <p>Sur 2 STEP la présence de salmonelles est relevée et sur les 4 autres des oeufs d'helminthes.</p>

DOM	Données épidémiologiques			Résultats d'analyses d'eaux ou de boues	
	<i>Source : DSDS</i>	<i>Source : CIRE Antilles Guyane [30]</i>	<i>Source : Hôpitaux de Marseille [61]</i>		
Mayotte	-	-	<p>Pathologies susceptibles d'être rencontrées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amibiase, - Anguillulose, - Ankylostomose, - Ascariadiase, - Brucellose, - Choléra, - Diarrhées bactériennes, Giardiase, - Hépatite A et E, - Poliomyélite, - Salmonelloses, - Shigelloses, - Toxocarose, - Taeniasis. 	<p><i>Source : Manuel ANOFFEL [8]</i></p> <p>- Aguilulose : parasitose existant dans les pays tropicaux et sub tropicaux.</p> <p>- Ankylostomose : maladie des zones chaudes du globe.</p> <p>- Ascariadiase : hyperinfestations fréquentes dans les pays tropicaux où le pourcentage de sujets parasités peut avoisiner 100%.</p> <p>- Giardiase : pathologie particulièrement répandue dans les régions chaudes et liée au péril fécal.</p> <p>- Taenia solium : Parasite fréquent à la Réunion, à Madagascar et dans certaines régions d'amérique centrale.</p> <p>- Toxocara : parasitose cosmopolite.</p>	-

DOM	Données épidémiologiques			Résultats d'analyses d'eaux ou de boues	
	Source : DRASS	Source : Institut Pasteur [70]	Source : Hôpitaux de Marseille [61]		
	Concernant des pathologies particulières, c'est le risque parasitaire qui est plus important à la Réunion. Il y a une vingtaine d'années, la population était polyparasitée. Maintenant, grâce à des programmes menés en matière d'assainissement et d'habitat (la lutte contre l'habitat insalubre est encore une problématique d'aujourd'hui), les taux tendent à se rapprocher de ceux de la métropole.	- Leptospirose : zoonose particulièrement répandue dans la zone intertropicale. L'incidence annuelle des formes sévères est de 15/100 000 habitants à la Réunion en 1997, soit 40 fois l'incidence de la métropole. - Cysticercose : la séroprévalence de 8200 / 100 000 habitants à la Réunion en 1987. Au cours des dernières années, l'amélioration du contrôle de la viande et des conditions d'hygiène ont permis d'arrêter le cycle parasitaire. Il persiste cependant des porteurs de <i>Taenia solium</i> pouvant expliquer les cas recensés récemment. - Parasitoses intestinales : La prévalence a nettement régressé (95% en 1969 - 21% en 1994), grâce à l'amélioration des conditions de logement. - Toxocarose : Très forte séroprévalence de cette pathologie en 1987, due à la présence de nombreux chiens et chats sur l'île.	Pathologies susceptibles d'être rencontrées : - Ambiasse, - Anguillulose, - Ankylostomose, - Ascariadiase, - Brucellose, - Choléra, - Diarrhées bactériennes, - Diphtérie, - Giardiase, - Hépatite A et E, - Leptospirose, - Poliomyélite, - Salmonelloses, - Shigelloses, - Taeniasis, - Trichinose.	Source : Manuel ANOFFEL [8] - Aguilulose : parasitose existant dans les pays tropicaux et sub tropicaux. - Ankylostomose : maladie des zones chaudes du globe. - Ascariadiase : hyperinfestations fréquentes dans les pays tropicaux où le pourcentage de sujets parasités peut avoisiner 100%. - Giardiase : pathologie particulièrement répandue dans les régions chaudes et liée au péril fécal. - <i>Taenia solium</i> : Parasite fréquent à la Réunion.	<p>Selon la DRASS, les parasites isolés dans les eaux (eaux usées ou de surface) sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - helminthes : trichocéphale, anguillule, ankylostome, ascaris. - protozoaires : <i>taenia saginata</i> (qui est maintenant moins répandu, mais il y a encore quelques cas tous les ans), amibe (<i>entamoeba histolytica</i>), giardia (qui sont responsables d'épidémies fréquentes dans les crèches) et les pathogènes responsables de cysticercoses. Aucune trace de <i>cryptosporidium</i> n'a pu être mise en évidence dans les eaux de la Réunion. <p>Dans les boues, des analyses parasitologiques réalisées en mai 2001 sur 11 STEP par le SATSE ont permis d'isoler des œufs d'<i>Ascaris</i> (dans 3 STEP), <i>Capillaria</i> (1 STEP), <i>Toxocara</i> (3 STEP), <i>Taenia</i> (3 STEP) et <i>Hymenolepis</i> (5 STEP). Aucune forme résistante de <i>Trichuris</i> ou d'<i>Enterobius</i> n'a été isolée. Alors que <i>E. coli</i> a été mesuré dans toutes les boues, les salmonelles ont été identifiées dans 6 échantillons sur 11.</p>
Réunion	Ce sont surtout des parasitoses intestinales qui sévissent actuellement à la Réunion (contamination par les eaux, mauvaises conditions d'hygiène dues à l'habitat insalubre et le fait que les gens marchent encore beaucoup pieds nus favorise les contaminations par contact cutané). La leptospirose a également une incidence élevée. Concernant les maladies à déclaration obligatoire, la Réunion est encore en sous estimation du nombre de ses cas, bien que ces maladies soient relativement bien suivies.				

Annexe 5 : La grille de sélection des agents pathogènes d'intérêt sanitaire en France métropolitaine et dans les DOM-TOM (*Grille 1*)

Liste des sigles et abréviations utilisés

C.N.R. : Centre Nationale de Référence.

M.D.O. : Maladie à Déclaration Obligatoire.

O.I.E. : Office Internationale des Epizooties.

In.V.S. : Institut de Veille Sanitaire.

+ : Niveau faible,

++ : Niveau moyen,

+++ : Niveau fort.

Bactéries pathogènes pour l'homme (46 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires				Critères de sélection secondaires						
			Pour la France entière			DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM		Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)		Pathogène important du point de vue scientométrique		Zoonoses non alimentaires prioritaires (classées par l'InVS)
Genre	Espèce		Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire								
Actinomyces	A. israeli	Actinomycosis.	Groupe 2										
Arcobacter	A. butzleri	Diarrhées.											
Bacillus	B. anthracis	Charbon bactérien.	Groupe 3	CNR	MDO			Fièvre charbonneuse	++			++	
Bruceella	B. abortus		Groupe 3	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion		Bruceelloses bovine, porcine, caprine et ovine	++			+++	
Bruceella	B. meliensis	Brucellose.	Groupe 3	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion		Bruceelloses bovine, porcine, caprine et ovine	+			+++	
Bruceella	B. suis		Groupe 3	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion		Bruceelloses bovine, porcine, caprine et ovine				+++	
Bordetella	B. pertussis	Coqueluche	Groupe 2	CNR		Guadeloupe Martinique		Bruceelloses bovine, porcine, caprine et ovine	++				
Campylobacter	C. Coli	Campylobacterioses (diarrhées)..	Groupe 2	CNR				Campylobactérioses génitales bovine	+				
Campylobacter	C. jejuni		Groupe 2	CNR				Campylobactérioses génitales bovine	++				

Bactéries pathogènes pour l'homme (46 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires				Critères de sélection secondaires			
			Pour la France entière			DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Pathogène important du point de vue scientométrique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire					
Genre	Espèce									
<i>Clostridium</i>	<i>C. botulinum</i>	Botulisme.	Groupe 2	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique		++		
<i>Clostridium</i>	<i>C. tetani</i>	Tétanos	Groupe 2	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique				
<i>Chlamydiae</i>	<i>C. psittaci</i>	Pittacose.	Groupe 3 (souches aviaires) Groupe 2 (souches non aviaires)	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique	Chlamydiae ovine et aviaire	+	+++	
<i>Corynebacterium</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Diphthérie	Groupe 2	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique Réunion				
<i>Coxiella</i>	<i>C. burnetii</i>	Fièvre Q.	Groupe 3	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique	Fièvre Q	+	++	
<i>Enterobacter</i>	<i>E. aerogenes</i>	Infections opportunistes.	Groupe 2							
<i>Enterobacter</i>	<i>E. rhusiopathiae</i>	Rouget.	Groupe 2						+	
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro hémorragique EHEC (ex : O157 : H7)	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	Groupe 3	CNR				+++		
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro pathogène EPEC	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	?	CNR						

Bactéries pathogènes pour l'homme (46 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires				Critères de sélection secondaires					
			Pour la France entière			DOM-TOM						
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire							
Genre	Espèce											
Francisella	F. tularensis	Tularémie	Groupe 3 (type A) Groupe 2 (type B)	CNR				Tularémie (lapins)				++
Haemophilus	H. influenzae	Infections des voies respiratoires et méningites sévères des voies respiratoires.	Groupe 2	CNR					+++			
Helicobacter	H. pylori	Ulcère de l'estomac.	Groupe 2	CNR					+++			
Klebsiella	K. pneumoniae	Pneumonie	Groupe 2						+++			
Legionella	L. pneumophila	Legionellose.	Groupe 2	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique			++			
Leptospira	L. interrogans	Leptospirose.	Groupe 2	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion		Leptospirose	+			+++
Mycobacterium	Mycobactéries atypiques	Mycobactérioses	Groupe 2 ou 3	CNR								+++
Mycobacterium	M. bovis	Tuberculoses.	Groupe 3 (à l'exception de la souche BCG)	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique		Paratuberculose, tuberculose bovine et aviaire	+++			+++
Mycobacterium	M. tuberculosis	Tuberculoses.	Groupe 3	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique		Paratuberculose, tuberculose bovine et aviaire	+++			+++
Mycoplasma	M. pneumoniae	Pneumonie atypique.	Groupe 2						+			
Pasteurella	P. multocida	Septicémies, infections respiratoires.	Groupe 2						++			++

Bactéries pathogènes pour l'homme (46 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires				Critères de sélection secondaires			
			Pour la France entière			DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Pathogène important du point de vue scientométrique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire					
Genre	Espèce									
<i>Plesiomonas</i>	<i>Pl. shigelloides</i>	Maladies diarrhéiques.	Groupe 2							
<i>Proteus</i>	<i>P. mirabilis</i>	Infections urinaires.	Groupe 2					++		
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Surrinfections, suppurations, infections urinaires.	Groupe 2					+++		
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. pseudomallei</i>	Mélioïdose.								
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhi</i>	Fièvres typhoïdes.	Groupe 3	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique	Salmonellose	+		
<i>Salmonella</i>	<i>S. paratyphi</i>	Fièvres paratyphoïdes.	Groupe 2	CNR	MDO	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Salmonellose			
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhimurium</i>	Toxi-infections alimentaires.	Groupe 2	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Salmonellose	+++		
<i>Salmonella</i>	<i>S. enteritidis</i>	Toxi-infections alimentaires.	Groupe 2	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Salmonellose	+++		

Bactéries pathogènes pour l'homme (46 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires				Critères de sélection secondaires		
			Pour la France entière			DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Pathogène important du point de vue scientométrique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire				
Genre	Espèce	Infections opportunistes							
Serratia	Serratia spp								
Shigella	S. dysenteriae		Groupe 3 (type 1)	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion			
			Groupe 2 (autres que le type 1)						
Shigella	S. flexneri	Shigellose.	Groupe 2	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion		++	
Shigella	S. sonnei		Groupe 2	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion			
Shigella	S. boydii		Groupe 2	CNR		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion			
Vibrio	V. cholerae	Choléra.	Groupe 2	CNR	MIDO	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Choléra aviaire	+++	
Vibrio	V. parahaemolyticus		Groupe 2					+	
Vibrio	V. vulnificus							+	
Yersinia	Y enterocolitica	Entérocolite, septicémie.	Groupe 2	CNR				++	

Virus pathogènes pour l'homme (17 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires					Critères de sélection secondaires		
			Pour la France entière					DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire	Pathogène important du point de vue scientifique				
Genre	Espèce									
Astrovirus	Astrovirus humains	Gastro-entérite.	Groupe 2							
Calicivirus	Virus de Norwalk et apparentés	Gastro-entérite.	Groupe 2							
	Sapporo-like virus									Groupe 2
Coronavirus	Coronavirus humains	Entérocolite.	Groupe 2			++				
Coronavirus	Syndromes Respiratoires Aigus Sévères SRAS	Pneumopathie fébrile sévère.				+				
Enterovirus	Virus poliomyélitiques (Poliovirus)	Paralyse, méningite, fièvre, poliomyélite.	Groupe 2	CNR	MDO	++	Guadeloupe Guyane Martinique Mayotte Réunion			
Enterovirus	Virus coxsackie A (Coxsackievirus)	Méningite, infection respiratoire, herpangine.	Groupe 2	CNR		+				
Enterovirus	Virus coxsackie B (Coxsackievirus)	Myocardite, éruption cutanée, méningite, fièvre, diarrhée.	Groupe 2	CNR						

Virus pathogènes pour l'homme (17 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires Pour la France entière					Critères de sélection secondaires	
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire	Pathogène important du point de vue scientométrique	Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)
Genre	Espèce								
Enterovirus	Virus Echo (Echovirus)	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.	Groupe 2	CNR					
Enterovirus	Enterovirus 68 à 71 (Enterovirus)	Méningite, encéphalite, atteinte des voies respiratoires, conjonctivite hémorragique.		CNR					
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite A	Hépatite infectieuse.	Groupe 2	CNR		++	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion		
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite E		Groupe 3	CNR		+	Mayotte Réunion		
Mastadénovirus	Adénovirus humains	Infection respiratoire, conjonctivite et gastro-entérite.				+++		Adénomatose pulmonaire ovine	
Parvovirus		Méningite, encéphalite, conjonctivite.	Groupe 2			+++			
Poxvirus	Poxvirus de l'ecthyma	Ecthyma contagieux							+
Reovirus	Réovirus humains	Non établie.	Groupe 2			+			
Rotavirus	Rotavirus humains	Gastro-entérite.	Groupe 2			+++	Guadeloupe		

Parasites pathogènes pour l'homme (29 au total)				Pathologie, symptômes	Critères primaires		Critères de sélection secondaires						
					France	DOM-TOM	Pathogène d'intérêt sanitaire en France (ANOFFEL)	Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM	Pathogène et classé dans la régl. prof.	Agent visé par un CNR	MDO	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Pathogène important du point de vue scientométrique
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce										
Protozoaires	Rhizopodes	Entamoeba	<i>E. histolytica</i>	Amblyase : diarrhée, abcès intestinaux.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Groupe 2					+++	
Protozoaires	Rhizopodes	Entamoeba	<i>E. coli</i>	Amblyase									
Protozoaires	Rhizopodes	Dientamoeba	<i>D. fragilis</i>	Amblyase									
Protozoaires	Rhizopodes	Naegleria	<i>N. fowleri</i>	Méningo-encéphalite primaire.			Groupe 3					+	
Protozoaires	Rhizopodes	Acanthamoeba	<i>Acanthamoeba</i> sp.	Méningo-encéphalite, lésions de l'œil et de la peau.			Groupe 2						
Protozoaires	Ciliés	Balantidium	<i>B. coli</i>	Balantidiose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Groupe 2						
Protozoaires	Flagellés	Giardia	<i>G. lamblia</i> ou <i>intestinalis</i>	Giardiase.	France entière		Groupe 2					+++	
Protozoaires	Sporozoaires	Cryptosporidium	<i>C. parvum</i>	Cryptosporidiose.	France entière		Groupe 2					+++	
Protozoaires	Sporozoaires	Cyclospora	<i>C. cayetanensis</i>	Diarrhée.			Groupe 2					+	
Protozoaires	Sporozoaires	Isospora	<i>I. belli</i>	Coccidiose.									
Protozoaires	Sporozoaires	Sarcocystis	<i>Sarcocystis</i> spp	Sarcosporidiose.			Groupe 2						
Protozoaires	Sporozoaires	Toxoplasma	<i>T. gondii</i>	Toxoplasmose	France entière	Guyane	Groupe 2					+++	+++

Parasites pathogènes pour l'homme (29 au total)				Pathologie, symptômes	Critères primaires		Critères de sélection secondaires						
					France	DOM-TOM	Pathogène et classé dans la régl. prof.	Agent visé par un CNR	MDO	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Pathogène important du point de vue scientométrique	Zoonose non alimentaire prioritaire (classement par l'InVS)	
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce		France	DOM-TOM							
Métazoaires	Nématodes	<i>Ancylostoma</i>	<i>A. duodenale</i>	Ankylostomose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Groupe 2						+
Métazoaires	Nématodes	<i>Ascaris</i>	<i>A. lumbricoïdes</i>	Ascarirose.	France entière	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Groupe 2					++	
Métazoaires	Nématodes	<i>Enterobius</i>	<i>E. vermicularis</i>	Oxyurose.	France entière							+	
Métazoaires	Nématodes	<i>Necator</i>	<i>N. americanus</i>	Ankylostomose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Groupe 2					+	+
Métazoaires	Nématodes	<i>Strongyloïdes</i>	<i>S. stercoralis</i>	Anguillulose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	Groupe 2					++	
Métazoaires	Nématodes	<i>Trichuris</i>	<i>T. trichiura</i>	Trichocephalose.	France entière		Groupe 2					++	
Métazoaires	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. canis</i>		France entière	Martinique Mayotte Réunion	Groupe 2					++	++
Métazoaires	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. cati</i>		France entière	Martinique Mayotte Réunion							++

		Critères primaires		Critères de sélection secondaires								
		France	DOM-TOM	Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	MDO	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Pathogène important du point de vue scientifique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)			
Levures, champignons, A TNC pathogènes pour l'homme (9 au total)		Pathologie, symptômes										
Genre	Espèce											
Levure	<i>Candida albicans</i>	France entière							+++			
Levure	<i>Cryptococcus neoformans</i>	France entière	Guyane	Groupe 2					+++	+		
Levure	<i>Trichosporon cutaneum</i>											
Champignon	<i>Histoplasma capsulatum</i>		Guyane Guadeloupe Martinique	Groupe 3					++			
Champignon	<i>Phialophora richardii</i>											
Champignon	<i>Geotrichum candidum</i>								+			
Champignon	<i>Trichophyton rubrum</i>			Groupe 2					+			
Champignon	<i>Epidermophyton floccosum</i>			Groupe 2					+			
ATNC	Prion	France entière	Guyane Guadeloupe Réunion	Groupe 3	CNR	MDO (suspicion de maladie de Creutzfeldt-Jacob)	ESB					
		ESST										

Annexe 6 : La sélection des agents pathogènes en France (*Sélection France*)

Liste des sigles et abréviations utilisés

C.N.R. : Centre Nationale de Référence.

M.D.O. : Maladie à Déclaration Obligatoire.

O.I.E. : Office Internationale des Epizooties.

In.V.S. : Institut de Veille Sanitaire.

+ : Niveau faible,

++ : Niveau moyen,

+++ : Niveau fort.

Les cellules du tableau concernant des agents pathogènes ayant été retenus ou éliminés au vu de considérations particulières ont été grisées.

Bactéries retenues pour la France entière (30 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires pour la France entière				Critères de sélection secondaires			Cas particuliers : bactéries finalement non retenues
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'IOIE)	Pathogène important du point de vue scientifique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)		
Genre	Espèce									
Bacillus	B. anthracis	Charbon bactérien.	Groupe 3	CNR	MDO	Fièvre charbonneuse	++	++	Maladie d'importance au sens bioterroriste	
Bruceella	B. abortus	Brucellose.	Groupe 3	CNR	MDO	Brucelloses bovine, porcine, caprine et ovine	++	+++		
Bruceella	B. melitensis		Groupe 3	CNR	MDO	Brucelloses bovine, porcine, caprine et ovine	+	+++		
Bruceella	B. suis		Groupe 3	CNR	MDO	Brucelloses bovine, porcine, caprine et ovine		+++		
Bordetella	B. pertussis	Coqueluche	Groupe 2	CNR		Brucelloses bovine, porcine, caprine et ovine	++			
Campylobacter	C. Coli	Campylobacterioses	Groupe 2	CNR		Campylobactériose génitale bovine	+			
Campylobacter	C. jejuni		Groupe 2	CNR		Campylobactériose génitale bovine	++			

Bactéries retenues pour la France entière (30 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires pour la France entière				Critères de sélection secondaires			Cas particuliers : bactéries finalement non retenues
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIÉ)	Pathogène important du point de vue scientifique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)		
Genre	Espèce									
<i>Clostridium</i>	<i>C. botulinum</i>	Botulisme.	Groupe 2	CNR	MDO			++		
<i>Clostridium</i>	<i>C. tetani</i>	Tétanos	Groupe 2	CNR	MDO					
<i>Chlamydiae</i>	<i>C. psittaci</i>	Psittacose.	Groupe 3 (souches aviaires) Groupe 2 (souches non aviaires)	CNR		Chlamydie ovine et aviaire	+	+++		
<i>Corynebacterium</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Diphthérie	Groupe 2	CNR	MDO					
<i>Coxiella</i>	<i>C. burnetii</i>	Fièvre Q.	Groupe 3	CNR		Fièvre Q	+	++		
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro hémorragique EHEC (ex : O157 : H7)	Gastro-entérites	Groupe 3	CNR			+++			
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro pathogène EPEC	Gastro-entérites	?	CNR						
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	Tularémie	Groupe 3 (type A) Groupe 2 (type B)	CNR		Tularémie (lapins)		++	Maladie d'importance au sens bioterroriste	
<i>Haemophilus</i>	<i>H. influenzae</i>	Infections des voies respiratoires	Groupe 2	CNR			+++			
<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Ulcère de l'estomac.	Groupe 2	CNR			+++			

Bactéries retenues pour la France entière (30 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires pour la France entière				Critères de sélection secondaires			Cas particuliers : bactéries finalement non retenues
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Pathogène important du point de vue scientifique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)		
Genre	Espèce									
Legionella	L. pneumophila	Legionellose.	Groupe 2	CNR	MDO			++	+++	
Leptospira	L. interrogans	Leptospirose.	Groupe 2	CNR		Leptospirose		+	+++	
Mycobacterium	Mycobactéries atypiques	Mycobactérioses	Groupe 2 ou 3	CNR					+++	
Mycobacterium	M. bovis	Tuberculoses.	Groupe 3 (à l'exception de la souche BCG)	CNR	MDO	Tuberculose bovine et aviaire		+++	+++	
Mycobacterium	M. tuberculosis	Tuberculoses.	Groupe 3	CNR	MDO	Paratuberculose bovine et aviaire		+++	+++	
Salmonella	S. typhimurium	Toxi-infections alimentaires.	Groupe 2	CNR		Salmoneillose		+++		
Salmonella	S. enteritidis	Toxi-infections alimentaires.	Groupe 2	CNR		Salmoneillose		+++		
Salmonella	S. typhi	Fièvres typhoïdes.	Groupe 3	CNR	MDO	Salmoneillose		+		
Salmonella	S. paratyphi	Fièvres paratyphoïdes.	Groupe 2	CNR	MDO	Salmoneillose				
Shigella	S. dysenteriae		Groupe 3 (type 1) Groupe 2 (autres que le type 1)	CNR						
Shigella	S. flexneri	Shigellose.	Groupe 2	CNR				++		
Shigella	S. sonnei		Groupe 2	CNR						
Shigella	S. boydii		Groupe 2	CNR						
Vibrio	V. cholerae	Choléra.	Groupe 2	CNR	MDO	Choléra aviaire		+++		
Yersinia	Y enterocolitica	Entérococcite, septicémie.	Groupe 2	CNR				++		

Virus retenus pour la France entière (13 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires pour la France entière					Critères de sélection secondaires		Cas particuliers : virus finalement non retenus
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire	Pathogène important du point de vue scientifique	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)		
Genre	Espèce									
Coronavirus	Coronavirus humains	Entérocolie.	Groupe 2				++			
Enterovirus	Virus poliomyélitiques (Poliovirus)	Paralyse, méningite, fièvre, poliomyélie.	Groupe 2	CNR	MDO (poliomyélie antérieure aiguë)		++			
Enterovirus	Virus coxsackie A (Coxsackievirus)	Méningite, infection respiratoire, herpangine.	Groupe 2	CNR			+			
Enterovirus	Virus coxsackie B (Coxsackievirus)	Myocardite, éruption cutanée, méningite, fièvre, diarrhée.	Groupe 2	CNR						
Enterovirus	Virus Echo (Echovirus)	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.	Groupe 2	CNR			+			
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite A	Hépatite infectieuse	Groupe 2	CNR			++			
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite E	Hépatite infectieuse	Groupe 3	CNR			+			
Mastadénovirus	Adénovirus humains	Infection respiratoire, conjonctivite et gastro entérite.					+++	Adénomatose pulmonaire ovine		
Parvovirus		Méningite, encéphalite, conjonctivite.	Groupe 2				+++			
Rotavirus	Rotavirus humains	Gastro-entérite.	Groupe 2				+++			

Parasites retenus pour la France entière (11 au total)				Pathologie, symptômes	C. primaires							Cas particulier : parasites finalement non retenus	
					France	Pathogène d'intérêt sanitaire en France (ANOFEL)	Pathogène classé dans la régl. prof.	Agent visé par un CNR	Maladie à DO	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIÉ)	Pathogène important du point de vue scientomét rique		Zoonose non alimentaire prioritaire (classemen t par l'InVS)
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce										
Protozoaires	Flagellés	Giardia	<i>G. lamblia</i> ou <i>intestinalis</i>	Giardiose.	France entière	Groupe 2					+++		
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Cryptosporidiu m</i>	<i>C. parvum</i>	Cryptosporidiase.	France entière	Groupe 2					+++		
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Toxoplasma</i>	<i>T. gondii</i>	Toxoplasmose	France entière	Groupe 2					+++	+++	
Métabolites	Nématodes	<i>Ascaris</i>	<i>A. lumbricoïdes</i>	Ascariase.	France entière	Groupe 2					++		
Métabolites	Nématodes	<i>Enterobius</i>	<i>E. vermicularis</i>	Oxyurose.	France entière						+		
Métabolites	Nématodes	<i>Trichuris</i>	<i>T. trichiura</i>	Trichocéphalose.	France entière	Groupe 2					++		
Métabolites	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. canis</i>	Toxocarose.	France entière	Groupe 2					++	++	
Métabolites	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. cati</i>		France entière							++	
Métabolites	Cestodes	<i>Echinococcus</i>	<i>E. granulosus</i>	Echinococcose.	France entière	Groupe 3			Echinococco se		+++	+++	
Métabolites	Cestodes	<i>Echinococcus</i>	<i>E. multilocularis</i>		France entière	Groupe 3					++	+++	
Métabolites	Cestodes	<i>Taenia</i>	<i>T. saginata</i>	Taeniose	France entière	Groupe 2			Cysticérose bovine et porcine		+		

Levures, champignons, ATNC retenus pour la France entière (3 au total)		Pathologie, symptômes	C. primaires		Critères de sélection secondaires							Cas particuliers : agents finalement non retenus
			France	Pathogène d'intérêt sanitaire en France	Pathogène classé dans la régl. prof.	Pathogène visé par un Centre National de Référence	MDO	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIE)	Pathogène important du point de vue scientifique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)		
Genre	Espèce											
Levure	<i>Candida albicans</i>	Candidose (infections digestives, cutanéomuqueuses).	France entière						+++			
Levure	<i>Cryptococcus neoformans</i>	Cryptococcose (manifestations pulmonaires, cutanées).	France entière	Groupe 2					+++	+		
ATNC	Prion	ESST	France entière	Groupe 3	CNR	MDO (suspicion de maladie de Creutzfeldt-Jacob)	ESB					

Bactéries non retenues pour la France entière		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires pour la France entière				Critères de sélection secondaires			Cas particuliers : bactéries finalement retenues
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un CNR	Maladie à déclaration obligatoire	Pathogène d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIÉ)	Pathogène important au niveau scientifique	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)		
Genre	Espèce									
<i>Actinomyces</i>	<i>A. israeli</i>	Actinomycosis.	Groupe 2							
<i>Arcobacter</i>	<i>A. butzleri</i>	Diarrhées.								
<i>Enterobacter</i>	<i>E. aerogenes</i>	Infections opportunistes.	Groupe 2							
<i>Erysipelothrix</i>	<i>E. rhusiopathiae</i>	Rouget.	Groupe 2						+	
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>	Pneumonie	Groupe 2				+++			
<i>Mycoplasma</i>	<i>M. pneumoniae</i>	Pneumonie atypique.	Groupe 2				+			
<i>Pasteurella</i>	<i>P. multocida</i>	Septicémies, infections respiratoires.	Groupe 2				++		++	
<i>Plesiomonas</i>	<i>Pl. shigelloides</i>	Maladies diarrhéiques.	Groupe 2							
<i>Proteus</i>	<i>P. mirabilis</i>	Infections urinaires.	Groupe 2				++			
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Surinfections, suppurations, infections urinaires.	Groupe 2				+++			
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. pseudomallei</i>	Mélioïdose.								
<i>Serratia</i>	<i>Serratia spp</i>	Infections opportunistes								
<i>Vibrio</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>		Groupe 2				+			
<i>Vibrio</i>	<i>V. vulnificus</i>						+			

Virus non retenus pour la France entière		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires pour la France entière					Critères de sélection secondaires		Cas particuliers : virus finalement retenus
			Pathogène classé dans la réglementation professionnelle	Pathogène visé par un Centre National de Référence	Maladie à déclaration obligatoire	Pathogène important du point de vue scientifique	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'IOIE)	Zoonoses non alimentaires prioritaires (classement par l'InVS)		
Genre	Espèce									
Astrovirus	Astrovirus humains	Gastro-entérite.	Groupe 2							Astrovirus et calicivirus (avec rotavirus et adénovirus) sont responsables de nombreuses épidémies de gastro-entérites en France (Source : Le Quotidien du Médecin, réseau Sentinelles).
Calicivirus	Virus de Norwalk	Gastro-entérite.	Groupe 2							
Calicivirus	Sapporo-like virus	Gastro-entérite.	Groupe 2							
Coronavirus	Syndromes Respiratoires Aigus Sévères SRAS	Pneumopathie fébrile sévère.	?				+			
Enterovirus	Enterovirus 68 à 71 (<i>Enterovirus</i>)	Méningite, encéphalite, atteinte des voies respiratoires, conjonctivite hémorragique.		CNR						
Poxvirus	Poxvirus de l'ecthyma	Ecthyma contagieux							+	
Réovirus	Réovirus humains	Non établie.	Groupe 2				+			

Parasites non retenus pour la France entière				Pathologie, symptômes	C. Critères de sélection secondaires							Cas particuliers : parasites finalement retenus
					C. primaires France	Pathogène d'intérêt sanitaire en France (ANOFEL)	Pathogène classé dans la régl. prof.	Agent visé par un CNR	Maladie à DO	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OIIE)	Pathogène important du point de vue scientifique	
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce									
Protozoaires	Rhizopodes	Entamoeba	E. histolytica	Amibiase : diarrhée, abcès intestinaux.		Groupe 2				+++		
Protozoaires	Rhizopodes	Entamoeba	E. coli	Amibiase								
Protozoaires	Rhizopodes	Dientamoeba	D. fragilis	Amibiase								
Protozoaires	Rhizopodes	Naegleria	N. fowleri	Méningo-encéphalite primitive.		Groupe 3				+		
Protozoaires	Rhizopodes	Acanthamoeba	a sp.	Méningo-encéphalite, lésions de l'œil et de la peau.		Groupe 2						
Protozoaires	Ciliés	Balantidium	B. coli	Balantidiose.		Groupe 2						
Protozoaires	Sporozoaires	Cyclospora	C. cayetanensis	Diarrhée.		Groupe 2				+		
Protozoaires	Sporozoaires	Isospora	I. belli	Coccidiose.								
Protozoaires	Sporozoaires	Sarcocystis	Sarcocystis spp	Sarcosporidiose.		Groupe 2						
Métabozoaires	Nématodes	Ancylostoma	A. duodenale	Ankylostomose.		Groupe 2					+	
Métabozoaires	Nématodes	Necator	N. americanus	Ankylostomose.		Groupe 2				+	+	
Métabozoaires	Nématodes	Strongyloides	S. stercoralis	Anguillulose.		Groupe 2				++		
Métabozoaires	Nématodes	Trichinella	T. spiralis	Trichinellose		Groupe 2	CNR		Trichinellose	+++		
Métabozoaires	Cestodes	Diphyllobothrium	D. latum	Bothriocéphalose		Groupe 2				+		
Métabozoaires	Cestodes	Hymenolepis	H. nana	Hyménolepiose.		Groupe 2				++		
Métabozoaires	Cestodes	Hymenolepis	H. diminuta	Hyménolepiose.		Groupe 2				++		
Métabozoaires	Cestodes	Taenia	T. solium	Taeniose		Groupe 3				++		
Métabozoaires	Tématodes	Schistosoma	S. mansoni	Bilharziose.		Groupe 2				+++		

Levures, champignons, ATNC non retenus pour la France entière		Pathologie, symptômes	Critères de sélection secondaires							Cas particuliers : agents finalement retenus
			France	Pathogène d'intérêt sanitaire en France	Pathogène classé dans la régl. prof.	Pathogène visé par un Centre National de Référence	MDO	Pathologie d'intérêt sanitaire vétérinaire (liste de l'OLE)	Pathogène important du point de vue scientomé trique	
Genre	Espèce									
Levure	<i>Trichosporon cutaneum</i>	Trichosporonose (affections pulmonaires, mycoses)								
Champignon	<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmosse (mycoses)		Groupe 3				++		
Champignon	<i>Phialophora richardsii</i>	Phaeohyphomycoses (mycoses profondes)								
Champignon	<i>Geotrichum candidum</i>	Géotrichose (colites)						+		
Champignon	<i>Trichophyton rubrum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)		Groupe 2				+		
Champignon	<i>Epidermophyton floccosum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)		Groupe 2				+		

**Annexe 7 : La sélection des agents pathogènes dans les DOM-TOM (*Selection
DOM-TOM*)**

Bactéries retenues pour les DOM-TOM (22 au total)		Pathologie, symptômes	Critère de sélection primaire	Cas particulier : bactéries finalement non retenues
			DOM-TOM	
Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM				
Genre	Espèce			
<i>Brucella</i>	<i>B. abortus</i>	Brucellose.	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Brucella</i>	<i>B. melitensis</i>		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Brucella</i>	<i>B. suis</i>		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Bordetella</i>	<i>B. pertussis</i>	Coqueluche	Guadeloupe Martinique	
<i>Clostridium</i>	<i>C. botulinum</i>	Botulisme.	Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Clostridium</i>	<i>C. tetani</i>	Tétanos	Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Chlamydiae</i>	<i>C. psittaci</i>	Psittacose.	Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Corynebacterium</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Diphthérie	Guyane Guadeloupe Martinique Réunion	
<i>Coxiella</i>	<i>C. burnetii</i>	Fièvre Q.	Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Legionellose.	Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>	Leptospirose.	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Mycobacterium</i>	<i>M. bovis</i>	Tuberculoses.	Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Mycobacterium</i>	<i>M. tuberculosis</i>		Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhi</i>	Fièvres typhoïdes.	Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Salmonella</i>	<i>S. paratyphi</i>	Fièvres paratyphoïdes.	Guyane Guadeloupe Martinique	
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhimurium</i>	Toxi-infections alimentaires.	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Salmonella</i>	<i>S. enteritidis</i>		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i>	Shigellose.	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Shigella</i>	<i>S. flexneri</i>		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Shigella</i>	<i>S. sonnei</i>		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Shigella</i>	<i>S. boydii</i>		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i>	Choléra.	Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	

Virus retenus pour les DOM-TOM (4 au total)		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires		Cas particulier : Virus finalement non retenu
			DOM-TOM		
Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM					
Genre	Espèce				
Enterovirus	Virus poliomyélitiques (<i>Poliovirus</i>)	Paralyse, méningite, fièvre, poliomyélite.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite A	Hépatite infectieuse		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite E	Hépatite infectieuse		Mayotte Réunion	
Rotavirus	Rotavirus humains	Gastro-entérite.		Guadeloupe	

Parasites retenus pour les DOM-TOM (12 au total)				Pathologie, symptômes	Critères primaires		Cas particuliers : parasites finalement non retenus
					DOM-TOM		
Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM							
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce				
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	Amibiase : diarrhée, abcès intestinaux.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Protozoaires	Flagellés	<i>Giardia</i>	<i>G. lamblia</i> ou <i>intestinalis</i>	Giardiase.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Toxoplasma</i>	<i>T. gondii</i>	Toxoplasmose		Guyane	
Métazoaires	Nématodes	<i>Ancylostoma</i>	<i>A. duodenale</i>	Ankylostomose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Métazoaires	Nématodes	<i>Ascaris</i>	<i>A. lumbricoides</i>	Ascariase.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Métazoaires	Nématodes	<i>Necator</i>	<i>N. americanus</i>	Ankylostomose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Métazoaires	Nématodes	<i>Strongyloïdes</i>	<i>S. stercoralis</i>	Anguillulose.		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Métazoaires	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. canis</i>	Toxocarose.		Martinique Mayotte Réunion	
Métazoaires	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. cati</i>			Martinique Mayotte Réunion	
Métazoaires	Nématodes	<i>Trichinella</i>	<i>T. spiralis</i>	Trichinellose		Réunion	
Métazoaires	Cestodes	<i>Taenia</i>	<i>T. saginata</i>	Taeniase		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	
Métazoaires	Cestodes	<i>Taenia</i>	<i>T. solium</i>	Taeniase		Guyane Guadeloupe Martinique Mayotte Réunion	

Levures, champignons, ATNC retenus pour les DOM-TOM (3 au total)		Pathologie, symptômes	Critères primaires		Cas particuliers : agents finalement non retenus
			DOM-TOM		
Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM					
Genre	Espèce				
Levure	<i>Cryptococcus neoformans</i>	Cryptococcose (manifestations pulmonaires, cutanées).		Guyane	
Champignon	<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmose (mycoses)		Guadeloupe Martinique Guyane	
ATNC	Prion	ESST		Guyane Guadeloupe Réunion	

Bactéries non retenues pour les DOM-TOM		Pathologie, symptômes	Critère de sélection primaire DOM-TOM	Cas particulier : bactéries finalement retenues
Genre	Espèce		Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM	
<i>Actinomyces</i>	<i>A. israeli</i>	Actinomycosis.		
<i>Arcobacter</i>	<i>A. butzleri</i>	Diarrhées.		
<i>Bacillus</i>	<i>B. anthracis</i>	Charbon bactérien.		
<i>Campylobacter</i>	<i>C. Coli</i>	Campylobacterioses (diarrhées)..		
<i>Campylobacter</i>	<i>C. jejuni</i>			
<i>Enterobacter</i>	<i>E. aerogenes</i>	Infections opportunistes.		
<i>Erysipelothrix</i>	<i>E. rhusiopathiae</i>	Rouget.		
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro hémorragique EHEC (ex : O157 : H7)	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.		
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro pathogène EPEC	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.		
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	Tularémie		
<i>Haemophilus</i>	<i>H. influenzae</i>	Infections des voies respiratoires et méningites sévères des voies respiratoires.		
<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Ulcère de l'estomac.		
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>	Pneumonie		
<i>Mycobacterium</i>	Mycobactéries atypiques	Mycobactérioses		
<i>Mycoplasma</i>	<i>M. pneumoniae</i>	Pneumonie atypique.		
<i>Pasteurella</i>	<i>P. multocida</i>	Septicémies, infections respiratoires.		
<i>Plesiomonas</i>	<i>Pl. shigelloides</i>	Maladies diarrhéiques.		
<i>Proteus</i>	<i>P. mirabilis</i>	Infections urinaires.		
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Surrinfections, suppurations, infections urinaires.		
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. pseudomallei</i>	Mélioïdose.		
<i>Serratia</i>	<i>Serratia spp</i>	Infections opportunistes		
<i>Vibrio</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>			
<i>Vibrio</i>	<i>V. vulnificus</i>			
<i>Yersinia</i>	<i>Y enterocolitica</i>	Entérocolite, septicémie.		

Virus non retenus pour les DOM-TOM		Pathologie, symptômes	Critères de sélection primaires	Cas particulier : Virus finalement retenu
<i>Genre</i>	<i>Espèce</i>		DOM-TOM	
			Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM	
Astrovirus	Astrovirus humains	Gastro-entérite.		
Calicivirus	Virus de Norwalk	Gastro-entérite.		
Calicivirus	Sapporo-like virus	Gastro-entérite.		
Coronavirus	Coronavirus humains	Entérocolite.		
Coronavirus	Syndromes Respiratoires Aigus Sévères (SRAS)	Pneumopathie fébrile sévère.		
Enterovirus	Virus coxsackie A (<i>Coxsackievirus</i>)	Méningite, infection respiratoire, herpangine.		
Enterovirus	Virus coxsackie B (<i>Coxsackievirus</i>)	Myocardite, éruption cutanée, méningite, fièvre, diarrhée.		
Enterovirus	Virus Echo (<i>Echovirus</i>)	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.		
Enterovirus	Enterovirus 68 à 71 (<i>Enterovirus</i>)	Méningite, encéphalite, atteinte des voies respiratoires, conjonctivite hémorragique.		
Mastadéno virus	Adénovirus humains	Infection respiratoire, conjonctivite et gastro entérite.		
Parvovirus		Méningite, encéphalite, conjonctivite.		
Poxvirus	Poxvirus de l'ecthyma	Ecthyma contagieux		
Reovirus	Réovirus humains	Non établie.		

Parasites non retenus pour les DOM-TOM				Pathologie, symptômes	Critères primaires	Cas particuliers : parasites finalement retenus
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce		DOM-TOM	
					Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM	
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Entamoeba</i>	<i>E. coli</i>	Amibiase		
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Dientamoeba</i>	<i>D. fragilis</i>	Amibiase		
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Naegleria</i>	<i>N. fowleri</i>	Méningo-encéphalite primaire.		
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Acanthamoeba</i>	<i>Acanthamoeba</i> sp.	Méningo-encéphalite, lésions de l'œil et de la peau.		
Protozoaires	Ciliés	<i>Balantidium</i>	<i>B. coli</i>	Balantidiose.		
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. parvum</i>	Cryptosporidiose.		
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Cyclospora</i>	<i>C. cayetanensis</i>	Diarrhée.		
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Isospora</i>	<i>I. belli</i>	Coccidiose.		
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Sarcocystis</i>	<i>Sarcocystis</i> spp	Sarcosporidiose.		
Métazoaires	Nématodes	<i>Enterobius</i>	<i>E. vermicularis</i>	Oxyurose.		
Métazoaires	Nématodes	<i>Trichuris</i>	<i>T. trichiura</i>	Trichocéphalose.		
Métazoaires	Cestodes	<i>Diphyllobothrium</i>	<i>D. latum</i>	Bothriocéphalose.		
Métazoaires	Cestodes	<i>Echinococcus</i>	<i>E. granulosus</i>	Echinococcose.		
Métazoaires	Cestodes	<i>Echinococcus</i>	<i>E. multilocularis</i>			
Métazoaires	Cestodes	<i>Hymenolepis</i>	<i>H. nana</i>	Hyménolepiose.		
Métazoaires	Cestodes	<i>Hymenolepis</i>	<i>H. diminuta</i>			
Métazoaires	Trématodes	<i>Schistosoma</i>	<i>S. mansoni</i>	Bilharziose.		

Levures, champignons, ATNC non retenus pour les DOM-TOM		Pathologie, symptômes	Critères primaires	Cas particuliers : agents finalement retenus
Genre	Espèce		DOM-TOM	
			Pathogène d'intérêt sanitaire dans les DOM-TOM	
Levure	<i>Candida albicans</i>	Candidose (infections digestives, cutanéomuqueuses).		
Levure	<i>Trichosporon cutaneum</i>	Trichosporonose (affections pulmonaires, mycoses)		
Champignon	<i>Phialophora richardsii</i>	Phaeohyphomycoses (mycoses profondes)		
Champignon	<i>Geotrichum candidum</i>	Géotrichose (colites)		
Champignon	<i>Trichophyton rubrum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)		
Champignon	<i>Epidermophyton floccosum</i>	Dermatophytose (mycoses superficielles)		

**Annexe 8 : Hiérarchisation des micro-organismes d'intérêt sanitaire en France,
selon la plausibilité de contamination de l'homme par retour au sol des déchets
(Grille 2)**

Bactéries d'intérêt sanitaire		Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt ----- FE : France entière DT : DOM-TOM Guy : Guyane Gua : Guadeloupe Mar : Martinique May : Mayotte Réu : Réunion	Critères retenus pour hiérarchiser les bactéries						Niveau de plausibilité de la transmission via le retour au sol des déchets	Niveau d'incertitude global
				Critère 1 : Probabilité de présence dans les déchets épanchés		Critère 2 : Probabilité de survie dans l'environnement		Critère 3 : Compatibilité de la voie d'exposition			
Genre	Espèce			Probabilité 0 : quasi nulle 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort	Probabilité 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort	Probabilité 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort		
<i>Listeria</i>	<i>L. monocytogenes*</i>	Listeriose	FE Guy Gau Mar	2	+	3	+	3	+	18	+++
<i>Yersinia</i>	<i>Y. enterocolitica</i>	Entérocolite, septicémie.	FE	2	++	3	+	3	++	18	+++++
<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella spp. *</i>	Salmonellose	FE Guy Gua Mar May Réu	2	++	2	+	3	+	12	++++
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhimurium, S. enteritidis</i>	Toxi-infections alimentaires.	FE Guy Gua Mar May Réu	2	++	2	+	3	+	12	++++
<i>Campylobacter</i>	<i>C. coli, C. jejuni</i>	Campylobactéroses (diarrhées)..	FE	2	++	2	++	3	+	12	+++++
<i>Clostridium</i>	<i>C. botulinum</i>	Botulisme	FE Guy Gua Mar	1	++	3	+	3	+	9	++++
<i>Clostridium</i>	<i>C. tetani</i>	Tétanos	FE Guy Gua Mar	1 (FE) 2 (DT)	++	3	+	3	++	9 (FE) 18 (DT)	+++++
<i>Shigella</i>	<i>S. Flexneri, S. Sonnei</i>	Shigellose.	FE Guy Gua Mar May Réu	2 (FE) 1 (DT)	++	2	+++	3	++	12 (FE) 6 (DT)	+++++
<i>Shigella</i>	<i>S. boydii, S. Dysenteriae,</i>	Shigellose.	FE Guy Gua Mar May Réu	1 (FE) 2 (DT)	++	2	+++	3	++	6 (FE) 12 (DT)	+++++

* Micro-organismes pathogènes de la réglementation. Les scores attribués sont globaux et peuvent varier en fonction des espèces et de la région considérée.

Bactéries d'intérêt sanitaire		Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt	Critères retenus pour hiérarchiser les bactéries			Niveau de plausibilité de la transmission via le retour au sol des déchets	Niveau d'incertitude global			
				Critère 1 : Probabilité de présence dans les déchets éparpillés	Critère 2 : Probabilité de survie dans l'environnement	Critère 3 : Compatibilité de la voie d'exposition					
Genre	Espèce		FE : France entière DT : DOM-TOM Guy : Guyane Gua : Guadeloupe Mar : Martinique May : Mayotte Réu : Réunion	Probabilité 0 : quasi nulle 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort	Probabilité 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort	(égal au produit des probabilités)	(égal à la somme des niveaux d'incertitude)		
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhi</i> , <i>S. paratyphi</i>	Fèvres typhoïdes et paratyphoïdes	FE Guy Gua Mar	1 (FE) 2 (DT)	++	2	++	3	+	6 (FE) 12 (DT)	+++++
<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>	Leptospirose.	FE Guy Gua Mar May Réu	1 (FE) 2 (DT)	+++	2	+++	2	++	4 (FE) 8 (DT)	+++++++
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro hémorragique EHEC (ex : O157 : H7)	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	FE	1	+++	2	+++	3	+	6	+++++++
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> entéro pathogène EPEC	Gastro-entérites, septicémies, infections des voies urinaires, et de la vésicule biliaire.	FE	1	+++	2	+++	3	+	6	+++++++
<i>Mycobacterium</i>	Mycobactéries atypiques	Mycobactérioses	FE	3	+	2	++	1	+	6	++++
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i>	Choléra.	FE Guy Gua Mar May Réu	0 (FE) 1 (DT)	+	2	++	3	+	0 (FE) 6 (DT)	++++

Bactéries d'intérêt sanitaire		Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt ----- FE : France entière DT : DOM-TOM Guy : Guyane Gua : Guadeloupe Mar : Martinique May : Mayotte Réu : Réunion	Critères retenus pour hiérarchiser les bactéries			Niveau de plausibilité de la transmission via le retour au sol des déchets	Niveau d'incertitude global		
				Critère 1 : Probabilité de présence dans les déchets épanchés	Critère 2 : Probabilité de survie dans l'environnement	Critère 3 : Compatibilité de la voie d'exposition				
Genre	Espèce			Probabilité 0 : quasi nulle 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort	Probabilité 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort			
<i>Mycobacterium</i>	<i>M. bovis</i> , <i>M. tuberculosis</i>	Tuberculoses.	FE Guy Gua Mar	1 (FE) 2 (DT)	+++	2	++	1	2 (FE) 4 (DT)	+++++++
<i>Brucella</i>	<i>B. abortus</i> , <i>B. melitensis</i> , <i>B. suis</i> .	Brucellose.	FE Guy Gua Mar May Réu	1 (FE) 2 (DT)	+	2	++	1	2 (FE) 4 (DT)	++++
<i>Chlamydiae</i>	<i>C. psittaci</i>	Psittacose	FE Guy Gua Mar	1	+++	2	+++	1	2	+++++++
<i>Coxiella</i>	<i>C. burnetii</i>	Fièvre Q.	FE Guy Gua Mar	1	++	2	++	1	2	+++++++
<i>Haemophilus</i>	<i>H. influenzae</i>	Infections des voies respiratoires et méningites sévères des voies respiratoires.	FE	1	+++	2	+++	1	2	+++++++
<i>Bordetella</i>	<i>B. pertussis</i>	Coqueluche	FE Gua Mar	1 (FE) 2 (DT)	++	1	+	1	1 (FE) 2 (DT)	+++++
<i>Corynebacterium</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Diphthérie	FE Guy Gua Mar Réu	1	+	1	+++	1	1	+++++
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Legionellose.	FE Guy Gua Mar	1	+++	1	++	1	1	+++++++
<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Ulcère de l'estomac.	FE	0	+++	1	+++	1	0	+++++++

Virus d'intérêt sanitaire		Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt ----- FE : France entière DT : DOM-TOM Guy : Guyane Gua : Guadeloupe Mar : Martinique May : Mayotte Réu : Réunion	Critères retenus pour hiérarchiser les virus			Niveau de plausibilité de la transmission via le retour au sol des déchets	Niveau d'incertitude global (égal à la somme des niveaux d'incertitude)	
				Critère 1 : Probabilité de présence dans les déchets épanchés	Critère 2 : Probabilité de survie dans l'environnement	Critère 3 : Probabilité de contamination par la voie d'exposition du micro-organisme			
Genre	Espèce			Probabilité 0 : quasi nulle 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort	Probabilité 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	Niveau d'incertitude + : faible ++ : moyen +++ : fort		
Astrovirus	Astrovirus humains	Gastro-entérite.	FE	1	+++	2	+++	4	+++++
Galicivirus	Virus de Norwalk	Gastro-entérite.	FE	1	+++	2	+++	4	+++++
Galicivirus	Sapporo-like virus	Gastro-entérite.	FE	1	+++	2	+++	4	+++++
Rotavirus	Rotavirus humains	Gastro-entérite.	FE	1	+++	2	+++	4	+++++
Enterovirus *			FE	2	++	1	++	4	+++++
Enterovirus	Virus coxsackie A (Coxsackievirus)	Méningite, infection respiratoire, herpangine.	FE	2	++	1	++	4	+++++
Enterovirus	Virus coxsackie B (Coxsackievirus)	Myocardite, éruption cutanée, méningite, fièvre, diarrhée.	FE	2	++	1	++	4	+++++
Enterovirus	Virus Echo (Echovirus)	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.	FE	2	++	1	++	4	+++++
Mastadéonovirus	Adéonovirus humains	Infection respiratoire, conjonctivite et gastro-entérite.	FE	1	+++	2	+++	2	+++++
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite E	Hépatite infectieuse	FE	1 (FE) 2 (DT)	+++	3	+++	3 (FE) 6 (DT)	+++++
Hépatovirus	Virus de l'Hépatite A	Hépatite infectieuse	FE	1 (FE) 2 (DT)	+	2	++	2 (FE) 4 (DT)	+++++
Parvovirus		Méningite, encéphalite, conjonctivite.	FE	1	+++	2	+++	2	+++++
Coronavirus	Coronavirus humains	Entérocolite.	FE	1	+++	2	+++	2	+++++
Enterovirus	Virus poliomyélictiques (Poliovirus), souche pathogène	Paralyse, méningite, fièvre, poliomyélie.	FE	0 (FE) 1 (DT)	+	2	++	0 (FE) 4 (DT)	+++++

Parasites d'intérêt sanitaire				Pathologie, symptômes	Zone d'intérêt	Critères retenus pour hiérarchiser les parasites						Niveau de plausibilité de la transmission via le retour au sol des déchets	Niveau d'incertitude global
						Critère 1 : Probabilité de présence dans les déchets épanchés		Critère 2 : Probabilité de survie dans l'environnement		Critère 3 : Probabilité de contamination par la voie d'exposition du micro-organisme			
Sous-règne	Classe	Genre	Espèce			Probabilité	Niveau d'incertitude	Probabilité	Niveau d'incertitude	Probabilité	Niveau d'incertitude		
						0 : quasi nulle 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	+ : faible ++ : moyen +++ : fort	1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	+ : faible ++ : moyen +++ : fort	1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	+ : faible ++ : moyen +++ : fort	(égal au produit des probabilités)	(égal à la somme des niveaux d'incertitude)
Métabozoaires	Nématodes	<i>Ancylostoma</i>	<i>A. duodenale</i>	Ankylostomose.	Guy Gua Mar May Réu	1 (DT)	+++	3	++	3	+	9 (DT)	+++++
Métabozoaires	Nématodes	<i>Necator</i>	<i>N. americanus</i>	Ankylostomose.	Guy Gua Mar May Réu	1 (DT)	+++	3	++	3	+	9 (DT)	+++++
Protozoaires	Sporozoaires	<i>Toxoplasma</i>	<i>T. gondii</i>	Toxoplasmose	Guy	1 (FE) 2 (DT)	++	3	+	3	+	9 (FE) 18 (DT)	++++
Métabozoaires	Nématodes	<i>Trichuris</i>	<i>T. trichura</i>	Trichocephalose.	Réu	1 (FE) 2 (DT)	++	3	+	3	+	9 (FE) 18 (DT)	++++
Métabozoaires	Nématodes	<i>Toxocara</i>	<i>T. canis</i> , <i>T. cati</i>	Toxocarose.	Mar May Réu	1 (FE) 2 (DT)	++	3	+	3	+	9 (FE) 18 (DT)	++++
Métabozoaires	Nématodes	<i>Trichinella</i>	<i>T. spiralis</i>	Trichinellose	Réu	1 (DT)	++	2	+++	3	++	6 (DT)	+++++
Métabozoaires	Cestodes	<i>Echinococcus</i>	<i>E. granulosus</i> , <i>E. multilocularis</i>	Echinococcose.	FE	1	+	3	+	2	++	6	++++
Métabozoaires	Nématodes	<i>Enterobius</i>	<i>E. vermicularis</i>	Oxyurose.	FE	1	+++	2	++	3	+	6	+++++
Protozoaires	Rhizopodes	<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	Ambliase : diarrhée, abcès intestinaux.	Guy Gua Mar May Réu	1 (DT)	+++	1	++	3	++	3 (DT)	+++++

		Critères retenus pour hiérarchiser les parasites									
		Critère 1 : Probabilité de présence dans les déchets épanchés		Critère 2 : Probabilité de survie dans l'environnement		Critère 3 : Probabilité de contamination par la voie d'exposition du micro- organisme		Niveau de plausibilité de la transmission via le retour au sol des déchets		Niveau d'incertitude global	
Type	Espèce	Zone d'intérêt		Probabilité	Niveau d'incertitude	Probabilité	Niveau d'incertitude	Probabilité	Niveau d'incertitude		
Levures, champignons, ATNC d'intérêt sanitaire	Pathologie, syndromes	Zone d'intérêt ----- -- FE : France entière DT : DOM-TOM Guy : Guyane Gua : Guadeloupe Mar : Martinique May : Mayotte Réu : Réunion		0 : quasi nulle 1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	+ : faible ++ : moyen +++ : fort	1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	+ : faible ++ : moyen +++ : fort	1 : faible 2 : moyenne 3 : forte	+ : faible ++ : moyen +++ : fort	(égal au produit des probabilités)	(égal à la somme des niveaux d'incertitude)
Levure	<i>Candida albicans</i>		FE	2	++	3	+++	1	++	6	+++++++
Levure	<i>Cryptococcus neoformans</i>		FE	2	++	2	+++	1	++	4	+++++++
Champignon	<i>Histoplasma capsulatum</i>			1 (DT)	++	2	+++	2	++	4 (DT)	+++++++
ATNC	Prion		FE	1	+++	1	+++	1	+++	1	+++++++

Annexe 9 : Le tableau d'orientation

Les lignes grisées correspondent aux micro-organismes visés par la réglementation relative au retour au sol des déchets organiques d'origine urbaine.

Liste des modalités utilisées :

B : Bactérie,
V : Virus,
P : Parasite,
L : Levure,
C : Chamignon.

O : Oui,
N : Non,
V : Variable selon les espèces (pour les agents décrits par genre),

X : Critère ne s'appliquant pas au micro-organisme (les méthodes de viabilité ont été étudiées pour les parasites uniquement),

+ : Niveau faible,
++ : Niveau moyen,
+++ : Niveau fort,

Case vide : Aucune donnée recensée.

Type de		pathogène				
Genre	Espèce	Micro-organisme		Pathologie		
P	<i>Ancylostoma</i>	A. dioeciale	Arkylostomose			
P	<i>Ascaris</i>	A. lumbricoides	Ascariase			
C	<i>Aspergillus</i>	A. fumigatus	Aspergillose			
B	<i>Campylobacter</i>	C. coli, C. jejuni	Campylobacterioses			
B	<i>Clostridium</i>	C. botulinum	Botulisme			
B	<i>Clostridium</i>	C. perfringens	Affection intestinale			
B	<i>Clostridium</i>	C. tetani	Tétanos			
B	Coliformes					
P	<i>Cryptosporidium</i>	C. parvum	Cryptosporidiose			
B	Entérocoques					
B	<i>Escherichia</i>	E. coli EHEC				
V	<i>Enterovirus</i>					
P	<i>Giardia</i>	G. lamblia ou intestinalis	Giardiase			
P	Helminthes		Helminthiases			
B	<i>Leptospira</i>	L. interrogans	Leptospirose			
N° Fiche						
Pathogène visé par la réglementation						
		France	Intérêt en France	Zone d'intérêt		
		DOM-TOM	Intérêt particulier dans les DOM-TOM	sanitaire		
		Ingestion	Voies d'exposition	Description		
		Contact				
		Inhalation				
		Homme	Réservoir			
		Animal				
		Environnement				
		Faible	Gravité de la maladie	Danger		
		Moyenne				
		Forte				
		Existence	Pop. sensibles			
		Connaissance	Relation dose-effet			
		Existence	Traitement	Traitement, vaccin		
		Existence	Vaccin			
		Faible	Fréquence, incidence, prévalence	Incidence de la maladie		
		Moyenne				
		Forte				
		Existence	Variations / régions			
		Existence	Variations / saisons			
		Existence	Méthodes de recherche	Mesures dans les déchets		
		Existence	Méthode de dénombrement			
X		Existence	Méthodes viabilité (œufs ou kystes)			
		Niveau de développement	Niveau de développement des méthodes			
		Fréquence	Fréquence des mesures			
		Boues	Niveau de contamination			
		Déchets verts				
		Ordures ménagères	du déchet			
		Existence	Existence de données	Résistance aux traitements		
		Eau	Capacité de survie	Survie dans environnement		
		Sol				
		France entière	Plausibilité de contamination de l'homme (report des résultats de la grille 2)	Contamination de l'homme		
		Particularité des DOM-TOM				
		Possibilité	Transmissions secondaires	Transmission		

Annexe 10 : Les méthodes d'analyses microbiologiques utilisées pour la recherche et le dénombrement de germes pathogènes dans des prélèvements environnementaux

Cette partie concernant les analyses dans les milieux environnementaux (eaux, sols, boues...) a essentiellement été tirée de l'ouvrage publié par L'INERIS en 2001 concernant la méthode d'évaluation des risques biologiques [17].

- **Les analyses dans les milieux environnementaux**

Pour l'eau, il peut être nécessaire de prélever de grands volumes et par conséquent de reconcentrer les germes sur un filtre ou de les adsorber sur un support puis de les extraire. Pour les milieux solides, les microorganismes sont, soit prélevés directement par contact ou bien extraits.

Les éléments à prendre en compte concernant la technique d'échantillonnage sont la représentativité de l'échantillon constitué, le type d'analyse pouvant être réalisée sur l'échantillon obtenu et les performances de l'échantillonneur en terme de récupération de germes.

Quant aux techniques d'analyse, elles sont relativement nombreuses. A côté des méthodes traditionnelles de culture ou des méthodes basées sur l'observation microscopique, de nouvelles techniques s'appuyant sur la génétique moléculaire et l'immunologie sont apparues. Chacune de ces méthodes possède des avantages et des inconvénients.

Une brève description des principaux types de méthodes est présentée ci-dessous.

- **Les méthodes de culture**

Traditionnellement, l'isolement d'un microorganisme se fait par méthode de culture et le taux de récupération des agents peut être faible et variable.

La culture cellulaire reste la technique la plus courante pour l'analyse des bactéries. L'ensemencement peut se faire sur milieux liquides ou solides. Sur milieu solide, l'ensemencement se fait par mise en culture d'une membrane ayant servi à filtrer et concentrer un échantillon liquide, par étalement en surface ou par incorporation en gélose. Différents milieux de culture existent pour sélectionner les bactéries pathogènes. L'identification des espèces peut se faire par différents tests biochimiques. Le dénombrement se fait de manière directe par comptage des colonies formées sur milieu solide (il s'exprime alors en unités formant colonies : UFC) ou par définition du nombre le plus probable (NPP) en milieu liquide. Pour l'application de cette technique, plusieurs dilutions sont réalisées pour chaque échantillon à analyser et pour chaque dilution, plusieurs tubes sont ensemencés (généralement de 3 à 5). La réplification des microorganismes est constatée par la production d'une turbidité, d'un acide ou d'un gaz dans le tube. Le nombre de tubes positifs est alors compté pour chaque dilution et des tables permettent d'estimer le nombre de microorganismes dans l'échantillon original.

Pour les virus, la méthode de culture se fait sur des cellules d'origine humaine ou de cellules provenant de primate. La sélection d'une lignée de cellules doit être spécifique du type de virus étudié. La présence de virus conduit à la destruction des cellules et à l'apparition de plaques ou de zones claires. Le nombre de virus est supposé correspondre au nombre de plaques (le dénombrement est exprimé en UFP : unité formant plaques). Cette technique est la seule capable de prouver le caractère infectieux des virus.

Concernant les parasites, une méthode de culture a été développée pour *Cryptosporidium* sur des cellules d'adénocarcinomes. Le processus infectieux est détecté par observation des différentes phases du cycle par immunofluorescence. Un dénombrement par l'approche du nombre le plus probable est utilisé. Cette approche est une alternative au test d'infectiosité sur animaux.

L'analyse des pathogènes dans l'environnement peut nécessiter de nombreuses étapes (prélèvement, concentration, purification, réplification, identification et quantification). La technique de culture est donc une méthode lente.

Par ailleurs, les inconvénients des méthodes de culture sont liés au fait que les microorganismes ne se développent pas forcément sur les milieux de culture. Une certaine proportion de microorganismes peuvent être viables et pourtant être incapables de se multiplier sur un milieu de culture, du fait notamment du stress subi dans l'environnement. Par conséquent ces microorganismes non cultivables conduisent à une sous-estimation des concentrations de cellules viables et potentiellement pathogènes.

Dans le cas des virus, la culture sur lignées de cellules peut prendre de quelques jours à plusieurs semaines avant qu'il y ait apparition d'effets cytopathogéniques. Certains virus peuvent aussi se reproduire

sans avoir d'effet cytopathogénique. De plus, les substances présentes dans les échantillons peuvent avoir un effet toxique sur les cellules.

- **Les méthodes microscopiques**

L'observation microscopique directe ou en utilisant des colorants fluorescents pour améliorer la visibilité (épifluorescence) est possible.

Pour les parasites, il s'agit de la méthode la plus employée.

L'observation microscopique s'est enrichie de nouvelles techniques. Ainsi, l'utilisation d'anticorps marqués par des agents fluorescents, l'utilisation de sondes génétiques et de la cytométrie permettent le comptage et l'identification rapide des microorganismes. Ces techniques apportent de la spécificité à l'analyse microscopique, en permettant de dépasser le dénombrement des cellules totales, et des bactéries gram- et gram+ après coloration.

Toutefois, la spécificité des anticorps n'est pas toujours parfaite. Dans le cas de la détection des parasites, les anticorps disponibles ne se lient pas qu'aux espèces spécifiques de l'homme. De plus, la viabilité des kystes ne peut pas être évaluée par cette technique et il n'existe pas d'anticorps disponible pour tous les germes pathogènes pour l'homme.

Pour les virus, le recours au microscope électronique est nécessaire. Seules des quantités importantes de virions peuvent être observées. Cette approche permet de mettre en évidence des virus non cultivables sur des cultures cellulaires, d'identifier certains virus après une étape de culture cellulaire, mais elle ne permet pas d'affirmer le caractère infectieux de ces virus.

La principale limite de l'analyse microscopique classique est liée au fait que l'ensemble des entités est dénombré, sans que l'on puisse distinguer les cellules mortes des cellules viables, voire d'un certain nombre de débris présents dans l'échantillon. Il y a donc surestimation des concentrations d'exposition et une variabilité relativement importante des résultats.

- **Les méthodes moléculaires**

Ces techniques sont basées sur la détection du matériel moléculaire de la cellule des microorganismes.

L'hybridation fluorescente in situ (FISH en anglais) est une technique qui utilise des sondes oligonucléaires qui sont complémentaires et s'hybrident à des séquences d'acide ribonucléique ribosomal (ARNr). L'ARNr est composé de séquences constantes et de séquences variables qui permettent l'identification de taxons à différents niveaux: groupes, genres, espèces. L'hybridation est réalisée sur des cellules intactes et le marquage par des colorants fluorescents permet la détection par microscopie épifluorescente. Récemment, l'analyse quantitative de bioaérosols par cette technique et l'usage de la cytométrie a été réalisée. La limite d'application de cette technique aux bioaérosols semble être liée au nombre d'ARNr dans les cellules. En effet, la concentration des ARNr dans ces cellules est beaucoup plus faible que pour des cellules cultivées se présentant en phase de croissance logarithmique (IRAS, 2001).

La PCR (ou polymérase chain reaction) est une technique consistant à amplifier la présence d'acide désoxyribonucléique (ADN) dans un échantillon pour en faciliter la détection. Cette amplification est faite en introduisant des séquences primaires complémentaires et spécifiques de la chaîne d'ADN que l'on souhaite amplifier. En quelques heures, l'ADN cible peut être multiplié de 10^6 à 10^{10} et la présence d'un microorganisme précis détecté. En effet, il est possible d'introduire des séquences primaires, spécifiques à l'espèce ou au sérotype recherché, pour permettre la multiplication de l'ADN du seul microorganisme auquel on s'intéresse. Cette méthode est qualitative mais des approches pour en faire une méthode quantitative semblent possibles. Le principal intérêt de cette méthode est la rapidité et la précision de l'identification. Quelques heures suffisent à identifier la présence d'un sérotype pathogène particulier. Toutefois, des substances présentes dans l'échantillon de départ peuvent inhiber les réactions et un prétraitement des échantillons peut s'avérer nécessaire.

De plus, pour ces deux méthodes, il n'est pas possible de déterminer la viabilité des microorganismes.

- **Les méthodes immunologiques**

Elles reposent sur une association spécifique d'un antigène avec un anticorps.

Plusieurs techniques existent :

La technique ELISA consiste à détecter un antigène en le liant à un anticorps spécifique, lui-même fixé sur un support. Un deuxième anticorps lié à une enzyme est utilisé pour la détection. L'ensemble anticorps-enzyme vient se fixer sur l'antigène. Puis, mise en présence de son substrat, l'enzyme fixée, catalyse une réaction, dont le suivi permet de connaître la quantité d'antigène retenu et présent dans l'échantillon initial.

La technique RIA est basée sur le même principe. Mais l'enzyme est remplacée par un marquage radiologique.

Les limites de ces techniques sont liées à la plus ou moins grande spécificité des anticorps utilisés par rapport à l'agent recherché, aux liaisons non spécifiques qui peuvent avoir lieu entre les anticorps et des débris de l'échantillon.

- **Difficultés**

L'occurrence et la concentration des microorganismes sont variables dans le temps (variations journalières et saisonnières) et dans l'espace, limitant la signification de mesures ponctuelles réalisées dans les milieux environnementaux. La source de contamination peut elle-même être variable. Ainsi, la charge en microorganismes pathogènes pour l'homme des eaux usées rejetées dans une station d'épuration peut dépendre de l'état sanitaire de la population au moment de la campagne de mesure.

La forte hétérogénéité dans la répartition spatiale des germes pose des problèmes en terme d'interprétation des résultats de mesure. En effet, les microorganismes (en particulier les particules comme les virus) ont tendance à s'agglomérer. Dans le cas d'une eau à échantillonner, on peut soit réaliser un échantillon global d'un litre, soit prélever 100 échantillons de 10 ml. Dans le premier cas, on obtiendra, par exemple, une concentration de 10 virus par litre d'eau, dans le second cas, il est vraisemblable que beaucoup d'échantillons ne contiendront pas de germes et que ceux qui en contiendront, en auront plus d'un. On comprend alors que la prise d'un seul échantillon global conduit à :

- une sous-évaluation du risque pour les germes peu infectieux. Avec une consommation d'un volume réduit, quelques personnes arriveront malgré tout à atteindre la dose minimale infectante,
- et une sur-évaluation du risque pour les germes très infectieux. Moins de personnes consommeront en fait la dose minimale infectante lors d'une seule prise.

Par ailleurs, la recherche de germes pathogènes est souvent longue, coûteuse et peu adaptée. En effet, les germes pathogènes sont souvent présents en concentration très faible par rapport à l'ensemble de la flore présente. Bien que viables et pouvant être infectieux, ils peuvent être difficilement cultivables. Leur mise en évidence et leur dénombrement peut alors être difficile, peu significatif et peu reproductible. Dans le domaine sanitaire, ces difficultés ont souvent conduit à rechercher des germes indicateurs, dont la mesure est mieux maîtrisée et plus adaptée à l'analyse en routine.

Annexe 11 : Fiches descriptives des agents pathogènes

SOURCE PRINCIPALE : ADEME,
*Les agents biologiques d'intérêt
sanitaire des boues d'épuration
urbaines*, 1999.

Dénomination

- GROUPE : Bacilles à gram négatif, à caractère aérobique et/ou microaérophile, mobiles avec une morphologie de type hélice ou vibron.
- FAMILLE : *Spirillaceae*
- GENRE : *Campylobacter*
- ESPÈCE TYPE :
 - Nom français : *Campylobacter jejuni*
 - Nom anglais : *Campylobacter jejuni*
- PATHOLOGIE
 - Français : Campylobactériose
 - Anglais : *Campylobacter enteritis*

Caractéristiques

Les *Campylobacter* sont des bacilles à gram négatif caractérisés par :

- leur morphologie : Bacilles fins de 0,5 à 5 µm de long, incurvés en forme de virgule, en forme de S, de "vol de mouette" ou de forme hélicoïdale pour les formes longues.
- leur mobilité : Elle est très vive due à une ciliature polaire monotriche (c'est-à-dire à un seul flagelle) pouvant mesurer deux à trois fois la longueur de la cellule. Elle est classiquement décrite comme "en queue de cochon".
- leur métabolisme microaérophile : c'est-à-dire que ces microorganismes ont besoin pour leur croissance d'une atmosphère ayant une teneur réduite en oxygène mais ils ne se développent pas en anaérobiose stricte (c'est-à-dire en absence totale d'oxygène).

Le genre *Campylobacter* comporte 5 espèces dont *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli* responsables de diarrhées chez l'homme.

Réglementation française

Répartition géographique

La campylobactériose est une pathologie cosmopolite, d'importance sanitaire en France.

Gamme d'hôtes

L'homme, les animaux et les oiseaux.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Campylobacter jejuni est responsable d'entérites chez l'homme. Après une incubation de 3 à 5 jours survient une diarrhée fébrile avec parfois du sang dans les selles. Les douleurs abdominales et les vomissements sont habituels. La guérison survient spontanément en une semaine environ.

Le taux de mortalité est estimé à 0.1%.

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Les principaux réservoirs de *Campylobacter* sont les animaux (porcs, bétail, moutons, chats, chiens, autres animaux domestiques et rongeurs; oiseaux; y compris la volaille).

La campylobactériose est une zoonose.

Chez les animaux le portage est variable (Tableau n° 1).

Tableau n° 1 : Fréquence d'isolements de *Campylobacter jejuni* chez les animaux

Animaux	% d'échantillons positifs	Pays
Oiseaux		
• Grues	81 % (74*)	USA
• Canards	0 % (50*)	USA
	35 % (445*)	USA
	73 % (113*)	USA
• Oies sauvages	5 %	
Petits rongeurs	1 % (551*)	USA

* Nombre d'animaux analysés.

La haute fréquence d'isolement chez les oiseaux migrateurs pourrait indiquer que ces populations d'oiseaux auraient un rôle significatif dans la dissémination de cette bactérie.

Voies d'exposition

L'étude des modalités de transmission fait apparaître une contamination humaine après ingestion d'eaux mal ou non désinfectées et/ou d'aliments souillés (Fig. n° 1).

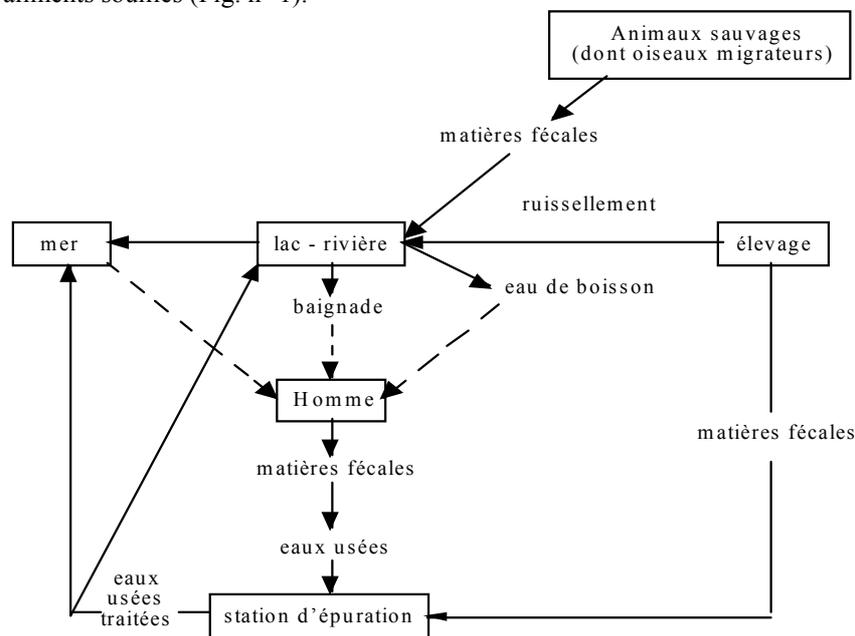


Figure n° 1 : Transmission hydrique de *Campylobacter jejuni*

La contamination de l'eau par les oiseaux a été démontrée en Angleterre avec apparition d'entérites chez 50 % de la population humaine, suite à l'ingestion d'eau prélevée dans des réservoirs contaminés par des déjections d'oiseaux. Par ailleurs la présence en hiver de gibiers d'eaux et d'oiseaux migrateurs venus du Nord de l'Europe coïncide avec des taux plus élevés de *Campylobacter* dans les échantillons d'eaux prélevés dans le Yorkshire. Le développement de *Campylobacter jejuni* plus important chez les oiseaux semblerait être lié à la température corporelle de ceux-ci qui correspond à la température optimale de croissance de cette bactérie.

L'homme malade excrète 10^6 à 10^9 *Campylobacter jejuni* par grammes de fèces. L'excrétion fécale est d'une durée moyenne de 2 semaines avec un maximum de 7 semaines.

Fréquence, incidence de la maladie

Importante cause d'affections diarrhéiques dans le monde entier chez tous les groupes d'âge (de 5 à 14 % des affections diarrhéiques dans le monde).

En 1989, en Angleterre, 36 000 cas d'entérites à *Campylobacter* ont été rapportés. La prévalence dans les pays industrialisés serait basse, de 1,7 % maximum.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

Concernant la relation dose effet, il existe une loi bêta-poisson pour *Campylobacter jejuni* ($N_{50}=896$; $\alpha=0,145$).

La DMI dépend de la souche et de l'hôte. Elle serait de l'ordre de 10^2 pour une contamination via le lait, et supérieure à 10^2 voire atteindre 10^3 à 10^4 pour une contamination via l'eau.

Traitement

Antibiothérapie.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

La méthode de détection et la caractérisation des souches comporte les étapes suivantes : enrichissement, isolement sur milieu gélosés, incubation, détection et caractérisation (des systèmes complémentaires tels que les techniques Elisa ou PCR sont parfois utilisés).

Des laboratoires d'analyse utilisent des méthodes rapides d'analyse de *Campylobacter*. Un protocole de dénombrement existe dans le domaine alimentaire, sous la norme NF EN ISO 10272 (1996) - Microbiologie des aliments, méthode horizontale pour la recherche des *Campylobacter* thermotolérants.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

- Eaux de surface

La contamination des eaux de surface est très variable (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Contamination des eaux de surface par *Campylobacter jejuni*

Type de prélèvement	Pays	Nombre d'échantillons testés	% d'échantillons positifs	Concentrations extrêmes / 100 mL
Eaux douces	G.B.	44	15,7 %	10-36
Eaux marines	G.B.	49	22,4 %	10-22
Étang	USA	77	38,5 % dont automne 55 % printemps 25 % été 30 % hiver 39 %	4-240
Eaux douces (étang et canaux drainage)	Yorkshire (G.B.)	386	45 % dont octobre 90 % avril 11 %	
Eaux de rivière	Lancashire (G.B.)	312	43 % dont novembre 79 % septembre 19 %	10-230
Eaux de rivière	Allemagne de l'Est		82 %	1,5-240
Eaux de rivière	Danube		90 % si t° eau 15°C < 10 % si t° eau 20°C	

La lecture des résultats met en évidence le rôle de différents paramètres : saison, température, ensoleillement. La présence d'un pic hivernal serait liée à une meilleure survie de *Campylobacter jejuni* quand la température de l'eau est plus basse.

- Eaux usées et boues

La contamination des eaux usées et des boues est très variable (Tableau n° 3).

Tableau n° 3 : Contamination des eaux usées et des boues par *Campylobacter jejuni*

Type de prélèvement	Pays	Concentration en <i>Campylobacter</i> / 100 mL		% prélèvements positifs
		moyenne	extrêmes	
Eaux brutes*	ex. Allemagne ouest	$1,3 \cdot 10^3$	$0,8 \cdot 10^2 - 1,1 \cdot 10^5$	
Eaux épurées		$2 \cdot 10^1$		
Boues brutes		$1,1 \cdot 10^2$	$3,10^1 - 9,3 \cdot 10^5$	
Boues activées		$9,3 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^1 - 9,3 \cdot 10^3$	
Boues digérées		aucun	aucun	

Eaux brutes	ex. Allemagne	1.10 ³		93,2 % (13)**
Eaux épurées	est	1,3.10 ²		100 % (11)
Eaux brutes	G.B.	1,8.10 ⁴		97 % (225)
Eaux épurées		1,7.10 ¹		96 %
Eaux brutes	France			31,2 % (16)

* Eaux usées avec effluent d'abattoir

** Nombre de prélèvements analysés

Quant à l'impact des traitements d'eaux usées, environ 50 à 60 % des *Campylobacter* seraient éliminés après sédimentation primaire et 99,8 % après traitement secondaire avec lit bactérien.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

• Température

La température agit sur la survie de ce microorganisme (Tableau n° 4).

Tableau n° 4 : Survie de *Campylobacter jejuni* en fonction de la température

Température	Milieu	Survie
4° C	eau douce	1-4 semaines
25 °C	eau douce	4 jours
4° C	fèces naturellement infectées	9-22 jours*
25° C	fèces naturellement infectées	3-8 jours*
4° C	urine	35 jours
37° C	urine	2 jours
4° C	eau de mer autoclavée	5-33 jours*
25° C	eau de mer autoclavée	2-4 jours*

* réduction de 7 à 9 log

La température létale serait 63.5°C pendant quelques secondes.

• pH

La croissance et la survie de *Campylobacter jejuni* sont fonction du pH. Des pH inférieurs à 4 ou supérieurs à 9 ont un impact défavorable sur la croissance de ce microorganisme. Des études en contamination artificielle montrent qu'un abattement de 7 log survient en 20 minutes à pH 2,4.

• Sensibilité aux désinfectants

Agent sensible à de nombreux désinfectants - hypochlorite de sodium à 1 %, éthanol à 70 % ou alcool isopropyl, glutaraldéhyde à 2 %, iode, composés phénoliques, formaldéhyde; les désinfectants couramment utilisés pour l'eau potable (0,1 mg/l de chlore libre, et 1 mg/l de monochloramine) suffisent à tuer *C. jejuni*.

- Pathogène très sensible à l'irradiation gamma et rayons ultraviolets .

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Campylobacter peut survivre dans des milieux humides, surtout à de basses températures, mais il ne peut tolérer la dessiccation. Une étude (M. Olson, université de Calgary, 2001) indique des temps de survie de 12 jours dans une eau à 5 ° C, et de 14 jours dans des sols à 5 °C.

Transmissions secondaires

Se transmet durant toute la durée de l'infection; les sujets ne recevant pas d'antibiotiques excrètent l'organisme pendant une période pouvant durer jusqu'à 2 à 7 semaines; les porteurs sains sont rares.

Variations saisonnières

Dans les climats tempérés, le plus grand nombre en cas bénins survient au cours des mois les plus chauds.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

- ARIMI S.M, FRICKER C.R and PARK R.W.A. (1988)
Occurrence of "thermophilic" *Campylobacters* in sewage and their removal by treatment processes *Epidem. Inf.* , 101, 279 - 286
- BOLTON F.J. and ROBERTSON L. (1982)
A selective medium for isolating *Campylobacter jejuni / coli*
J. Clin. Pathol., 35, 462-467 .
- BOLTON F.J., COATES D., HUTCHINSON D.N. and GODFREE A.F. (1987)
A study of thermophilic *Campylobacters* in river system.
J. Appl. Bacteriol., 62, 167-176.
- GRIFFITHS P.L. and PARK R.W.A. (1990)
Campylobacter associated with human diarrheal disease
A review
J. Appl. Bacteriol. , 69, 281-301.
- HOLLER C. (1988)
Long term study of occurrence, distribution and reduction of *Campylobacter spp.* in the sewage system and wastewater treatment plant of a bigtown
Wat. Sci. Tech. ,20 , 529-531.
- MARCEAU M. (1990)
Campylobacter spp., et eaux usées.
Thèse Faculté de Pharmacie, Nancy, 90 p.
- MAWER S.L. (1988)
Campylobacters in man and the environment in Hull and East Yorkshire
Epidem. Inf. , 101, 287-294 .
- MAWER S.L. (1988)
The pathogenicity of environmental *Campylobacters* - a human volunteer experiment.
Epidem. Inf. , 101, 295-300 .
- PACHA R.E., CLARK G.W., WILLIAMS E.A. and CARTER A.M.(1988)
Migratory birds of central Washington as reservoirs of *Campylobacter jejuni* .
Can. J. Microbiol., 34, 80-82 .
- PALMER S.R., GULLY R., WHITE J.M., PEARSON A.D., SUCKLING W.G., JONES D.M., RAWE J.C.L. and PENNER J.L. (1983)
Water outbreak of *Campylobacter gastroenteritis*.
Lancet 1, 287-290.
- SACKS J.J., LIEB S., BALDY L.M., BERTA S., PATTON C.M., WHITE M.C., BIGLER W. J. and WITTE J.J. (1986)
Epidemic *Campylobacteriosis* associated with a community water supply .
Am. J. Public. Health. , 76 , 424-428 .
- STELZER W., MOCHMANN H., RICHTER U. and DOBBERKAU H.J. (1988)
Characterization of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* isolated from waste water
Zbl. Bakt. Hyg. , A 269, 188-189 .
- STELZER W., MOCHMANN H., RICHTER U. and DOBBERKAU H.J. (1989)
A study of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in a river system
Zbl. Bakt. Hyg. , 189, 20-28 .
- TAYLOR D.N., Mc DREMOTT K.J., LITTLE J.R., WELLS J.G. and BLASER M.J.(1983)
Campylobacter enteritis from untreated water in the Rocky Mountains
Ann. Intern. Med. , 99, 38-40 .
- VOGT R.L., SOURS H.E., BARRETT T., FELDMAN R.A., DICKINSON R.J. and WITHERELL L. (1982)
Campylobacter enteritis associated with contaminated water
Ann. Intern. Med. , 96, 292-296 .

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/msds-ftss/msds29f.html>, janvier 2001.

Bonnard R., INERIS, *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, 2001.

Dénomination

- GROUPE : Bactéries à gram positif formant des endospores.
- GENRE : *Clostridium*
- ESPÈCES TYPE :
Noms français : *Clostridium perfringens*, *Clostridium tetani*, *Clostridium botulinum*
- PATHOLOGIES (PAR ORDDRE RESPECTIF) :
Noms français : Intoxication alimentaire, tétanos, botulisme.

Caractéristiques

Le genre *Clostridium* regroupe une trentaine d'espèces. Ce sont des bacilles à gram positif, anaérobies stricts. Ces bactéries, quand les conditions environnementales deviennent défavorables, produisent des spores, caractérisées par une grande résistance à divers facteurs physico-chimiques (température, pression, ...).

C. perfringens : Bâtonnet épais et court gram positif, non motile, anaérobie, spores rarement visibles, le type A2 produit une entérotoxine.

C. tetani : Bâtonnet sporulé gram positif; endospore simple, sphérique et terminale; aspect en clou; anaérobie stricte.

C. botulinum : Bâtonnet à gram positif, sporulé, anaérobie, produit une neurotoxine dans des conditions d'anaérobie, particulièrement dans les aliments à faible acidité.

Réglementation française

Les *Clostridium perfringens* (spores et formes végétatives) sont visés par la réglementation.

- Ils font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Ils doivent être absents dans un gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales, les cultures florales, les légumes et les fraises. La méthode d'analyse utilisée doit être celle préconisée par la norme NF V08-056 (1994).
- La norme française homologuée NF U 44-551, concernant les supports de culture donne des valeurs limites en *Clostridium perfringens* de 10^3 /g de matière brute (méthode d'analyse NF V08-056).
- La norme française homologuée NF U 44-095, concernant les amendement organiques contenant des matières issues du traitement des eaux d'intérêt agronomique et les produits élaborés par compostage, donne des valeurs limites en *Clostridium perfringens* de 10^3 /g de matière brute pour toutes les cultures sauf les cultures maraîchères et de 10^2 /g de matière brute pour les cultures maraîchères (méthode d'analyse NF V08-056).

Répartition géographique

C. perfringens : Très répandu et relativement fréquent dans les pays où les méthodes de cuisson favorisent la multiplication des clostridies, ce micro-organismes présente un intérêt sanitaires en France

C. tetani : Répandu dans le monde entier, le tétanos se manifeste de façon sporadique et est relativement rare en Amérique du Nord et dans les pays industrialisés. Il est plus fréquent dans les régions en voie de développement et les régions agricoles où le contact avec les déjections des animaux est plus probable et où l'immunisation est insuffisante (Maine-et-Loire, Yonne, Côte d'Or, Côtes d'Armor, Dordogne et Tarn).. Il représente une cause importante de décès dans les régions tropicales (Guadeloupe, Guyane, Martinique).

C. botulinum : Cas sporadiques ou cas à incidence familiale survenant dans le monde entier. En France, même si aucun foyer de botulisme n'a été déclaré dans les DOM de 1991 à 2000, cette pathologie reste d'intérêt sanitaire en métropole et en Guyane, Guadeloupe et Martinique. Les taux d'incidence départementale les plus élevés ont été retrouvés dans l'Allier, l'Indre, la Haute Corse, la Loire la Saône et Loire et le Lot, formant une ceinture de départements au centre de la France.

Gamme d'hôtes

C. perfringens : L'homme et les animaux.

C. tetani : L'homme et les animaux.

C. botulinum : L'homme, les animaux, y compris les poissons.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

C. perfringens : Intoxication alimentaire (type A); affection intestinale caractérisée par une colique soudaine suivie de diarrhée; les nausées, les vomissements et la fièvre sont généralement absents; affection bénigne et de courte durée qui est rarement fatale; les souches de type C causent une entérite nécrosante; les souches du type A causent aussi la contamination de plaies; myonécrose traumatique ou non traumatique (gangrène gazeuse); cellulite à *Clostridium*, septicémie intra-abdominale, cholecystite gangreneuse.

C. tetani : Affection aiguë provoquée par une neurotoxine; contractions musculaires douloureuses touchant d'abord les muscles du cou et ensuite les muscles du tronc; rigidité abdominale, spasmes généralisés; taux de létalité de 30 à 90 %.

C. botulinum : Il existe trois formes de botulisme, qui sont toutes causées par la neurotoxine qui se lie irréversiblement aux plaques motrices des motoneurones : (1) botulisme d'origine alimentaire : forme rare, pouvant provoquer la mort, causée par l'ingestion d'une toxine botulinique préformée présente dans des aliments contaminés; caractérisée par la présence d'une paralysie flasque aiguë des muscles du visage, de la tête et du pharynx jusqu'au thorax et aux extrémités; la mort peut survenir en raison d'une insuffisance respiratoire; (2) botulisme par blessure souillée : survient à la suite de la croissance de l'organisme dans une blessure contaminée; la toxine est alors libérée dans la circulation sanguine; mêmes symptômes que pour la forme précédente; (3) botulisme d'origine infantile : survient en raison de l'ingestion de spores et de la croissance subséquente ainsi que de la production de toxine dans le tractus intestinal; touche presque exclusivement les nourrissons âgés de moins de un an; gravité clinique à spectre large.

En France, la létalité rapportée n'a jamais dépassé 6% depuis les années 50 et depuis le début des années 90, les décès par botulisme sont rares.

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

C. perfringens : Ce sont des bactéries très ubiquitaires largement répandues dans l'environnement : matières fécales (10^3 à 10^6 / g), eau, air, sol, boues. *Clostridium perfringens* est le plus ubiquitaire dans ce groupe. C'est un hôte naturel du tube digestif de l'homme et de nombreux animaux. Ce microorganisme peut être isolé de façon transitoire de la flore vaginale, buccale et cutanée. C'est donc un contaminant des plus fréquents de certains aliments comme les viandes, le lait, les fruits, les légumes.

C. tetani : Intestin de l'humain et des animaux; sol contaminé par les déjections des animaux et plus rarement par les matières fécales humaines. Le tétanos est une zoonose.

C. botulinum : Sol, eau, tube digestif des animaux, aliments contaminés ou produits agricoles, y compris le miel.

Voies d'exposition

C. perfringens : Ingestion d'aliments contaminés par le sol ou les matières fécales et gardés dans des conditions qui permettent la multiplication du microorganisme (viandes réchauffées ou mal chauffées). Le mode de transmission n'est jamais hydrique.

C. tetani : Les spores tétaniques pénètrent dans l'organisme par une plaie contaminée par le sol, la poussière des rues, les matières fécales ou les drogues «de la rue» administrées par infection. Le pathogène se transmet également par les lacérations, les brûlures et les plaies banales.

C. botulinum : Ingestion d'aliments contaminés par la toxine.

Fréquence, incidence de la maladie

C. perfringens : 673 cas de TIAC à *Clostridium perfringens* déclarés en France en 1998 (représentant 15,3 % des TIAC déclarées aux DDASS ou DSV).

C. tetani : Malgré la vaccination, la maladie n'a pas encore tout à fait disparu en France.

En 2001 en France, l'incidence était de 0,44 par million d'habitants. On a noté une incidence décroissante de 1993 à 1999, puis une phase de plateau au cours de ces dernières années.

Sur 26 cas déclarés en France en 2001, un a été déclaré à la Guadeloupe et un autre à la Réunion.

C. botulinum : Cas sporadiques ou cas à incidence familiale survenant dans le monde entier; affection liée à un produit préparé ou mis en conserve de manière à permettre la production de la toxine. Avec les progrès réalisés en hygiène alimentaire, le botulisme est devenu une maladie rare. Sur les dix dernières années, une trentaine de cas ont été déclarés chaque année en France. Le taux d'incidence est de 0,5 par million et par an depuis le début des années 90.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

C. perfringens : DMI = 10 organismes par gramme d'aliment.

C. tetani : La toxine est extrêmement active.

C. botulinum : DMI inconnue dans le cas du botulisme du nourrisson. Les cellules ou les spores sont habituellement non toxiques pour les adultes; la toxine est extrêmement active.

Traitement, vaccin

C. perfringens : Pas de traitement.

C. tetani : Administrer l'immunoglobuline antitétanique (TIG) le plus tôt possible après la blessure; si on ne dispose pas de TIG, administrer l'antitoxine tétanique (d'origine équine) après avoir effectué des tests d'hypersensibilité; la plaie doit être déridée et excisée; la ventilation artificielle peut être nécessaire.

Immunisation active avec l'anatoxine tétanique absorbée; généralement administrée en combinaison avec l'anatoxine diphtérique; administrée tous les 10 ans.

C. botulinum : Traitement par administration intramusculaire ou intraveineuse d'antitoxine botulinique trivalente (types A, B et E); immunisation par anatoxine botulinique.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

C. perfringens : Le principe de recherche des spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs passe par la sélection des bactéries dans l'échantillon par chauffage pendant une période de temps suffisante pour que les bactéries végétatives soient détruites, puis par la recherche et l'énumération des spores par inoculation de l'échantillon dans les milieux liquides d'enrichissement suivie de l'incubation à 37°C pendant 44 h +/- 4 h dans des conditions anaérobies.

Les 4 étapes sont : sélection des spores, phase d'ensemencement, phase d'incubation.

Dans le domaine des eaux, le protocole de dénombrement des *Clostridium perfringens* et des spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices utilisé par les laboratoires d'analyses est encadré par la norme AFNOR NFT 90-415 (méthode d'incorporation en gélose).

Dans le domaine alimentaire, le dénombrement est préconisé selon les normes suivantes :

Norme NF EN ISO 13401 (2003) - Microbiologie des aliments, méthode horizontale pour le dénombrement de *Clostridium perfringens*, méthode par comptage des colonies.

Norme NF V08-056 (1994) - Microbiologie des aliments, dénombrement de *Clostridium perfringens* par comptage des colonies à 37 degré Celsius, méthode de routine.

Ce sont ces protocoles normalisés qui sont utilisés par les laboratoires d'analyses pour des échantillons des boues, déchets, sols, amendements organiques et composts.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

C. perfringens : Le tableau n°1 regroupe des données concernant :

- soit les concentrations en *Clostridium spp.*

- soit les abattements après traitement dans des prélèvements d'eaux et/ou de boues et sédiments.

Tableau n° 1 : Concentration en *Clostridium spp* dans des eaux usées et des boues

Type de prélèvement	Type de traitement	Pays	Concentration	Abattement	Commentaires
Eau usée	Bassins de stabilisation (anaérobie, facultatif, maturation)	Portugal	10 ⁶ -10 ¹⁰ *	1-3 log*	Temps de rétention 25 à > 100 j.
	Bassin de stabilisation	Brésil	Entrée 10 ⁴ Sortie 10 ²	2 log**	5 bassins en série
	Bassin de stabilisation	Afrique Sud		2,4 log*	Temps de rétention 20 j.
Eau usée brute	Traitement biologique	France	1.10 ⁵ - 1.10 ⁷	0,5 à 1 log	
Eau usée épurée		France	2.10 ⁴ - 1,7.10 ⁶		
Sédiment	Lagunage	France		< 1 log**	
Boues	Stabilisation mésophile	France		pas d'abattement**	
	Digestion anaérobie	France		1 log** au maximum	
	Chaulage	France		2 log** en moyenne 5 log max	Chaux vive ou chaux éteinte à différentes concentrations
	Stockage	France		pas d'abattement**	jusqu'à 4 mois

* Concentration en formes végétatives et ou sporulées de *Clostridium perfringens* exprimées en UFC/g ou en log/g

** Abattement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices exprimé en Ulog.

Les résultats très variés sont très difficiles à comparer en raison :

- de types de traitements différents
- de types de prélèvements variés (eaux, boues, composts)
- de lieux de prélèvements avec des conditions climatiques, socio-économiques variées.
- de déterminations :

* soit de bactéries sulfito-réductrices (englobant *Clostridium spp* mais également d'autres bactéries)

* soit de formes végétatives et sporulées de *Clostridium perfringens*.

Les spores de *Clostridium perfringens* ont été mesurés à une concentration d'environ 10^{5,7} UFC/g dans des boues d'épuration brutes et 10^{1,5} UFC/g dans des déchets verts.

Clostridium a également été isolé dans la fraction fermentescible des ordures ménagères (Source ADEME, résultats du programme QUALORG non publiés au moment de la rédaction du mémoire)

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

C. perfringens : Les organismes sporulés sont relativement résistants aux désinfectants. Les spores de *Clostridium perfringens* en suspension aqueuse résistent 10 minutes à 80°C. En chaleur sèche, les spores sont détruites après 5 minutes à 140°C. Les formes sporulées résistent bien aux pH élevés (cf chaulage).

C. tetani : Les spores résistent à de nombreux désinfectants : sensibilité moyenne à l'hypochlorite de sodium; sensibilité aux désinfectants puissants comme le glutaraldéhyde si la durée d'exposition est prolongée.

Les spores résistent à la chaleur, mais sont inactivées à la suite d'un contact de 15 minutes avec la chaleur humide (121 °C).

C. botulinum :

Résistance au traitement des déchets

C. perfringens : De façon plus générale, en France, une étude portant sur l'évaluation des procédés actuels de traitement des boues, en terme de stabilisation et d'hygiénisation a donné les résultats suivants (tableau n°2).

Tableau n° 2 : Abattements observés pour les spores sulfito-réductrices, pour différents procédés.

Procédés	Abattement en spores sulfito-réductrices (CFU/gMS, exprimé en log)
Aération prolongée	0 à 0,6
Lagunage	0 à 0,9
Stabilisation psychrophile	0 à 0,5
Digestion aérobie thermophile	0 à 1,4
Digestion anaérobie	0 à 0,8
Compostage	0,2 à 4,1
Conditionnement physico-chimique	0 à 1,8
Chaux éteinte	0,1 à 2,3
Chaux vive	0,2 à 3,4
Séchage thermique	0 à 5
Conditionnement thermique	0 à 3,1

Malgré la persistance possible des bactéries dans le compost, des études montrent une disparition de *Clostridium perfringens* lors du compostage des déchets.

Capacité de survie dans l'environnement

C. perfringens : Les spores survivent pendant de longues périodes dans le sol (plusieurs semaines à plusieurs années).

C. tetani : Les spores survivent pendant de longues périodes dans les sols.

C. botulinum : Survit facilement dans le sol, l'eau et dans les produits agricoles.

Transmissions secondaires

C. perfringens : Ne se transmet pas d'une personne à une autre.

C. tetani : Ne se transmet pas directement d'une personne à une autre.

C. botulinum : Ne se transmet pas d'une personne à une autre.

Variations saisonnières

C. perfringens :

C. tetani : La distribution des cas de tétanos en fonction du mois d'hospitalisation fait apparaître chaque année un pic estival, avec 45 % des cas survenant pendant les mois d'été.

C. botulinum :

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

BARON D., CARRE J., IWEMA A., CHEVRIER S., REGNIER V., GUIGUEN C. (1989)
Effets d'un stockage sur les caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et parasitologiques de boues biologiques.
Environ. Technol. Letters, 10, 731-742.

BIGOT V., BOURMEAU E., LEGEAS M. (1997)
Le compostage et son effet hygiénisant.
ADEME, Journées techniques, juin 1997, 44-56.

BISSON J.W., CABELLI V.J. (1980)
Clostridium perfringens as a water pollution indicator.
J. Wat. Pollut. Control. Fed., 52, 241-248.

BOUTIN P., BOUDOT J., ETIENNE M. (1979)
Charge microbienne des effluents urbains bruts et traités par voie biologique.
T.S.M. L'Eau, 2, 63-78.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds38f.html>, janvier 2000.

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds37f.html>, juillet 2003.

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds35f.html>, janvier 2001.

Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire n° 15/2001.

Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire n° 14/2002.

Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire n° 40/2002.

Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.

Cadiergues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*, thèse doctorale, juin 2000.

Bigot V., Bourmeau E., Legeas M., *Le compostage et son effet hygiénisant*, ADEME Journées techniques des 5 et 6 juin 1997.

Colin F., NANCIE, *Micropolluants organiques et germes pathogènes dans les boues d'eaux résiduaires*, rapport final, juin 2000.

GRABOW W.O.K., BATEMAN B.W., BURGER J.S. (1978)

Microbiological quality indicators for routine monitoring of wastewater reclamation systems.
Prog. Wat. Technol., 10, 317-327.

MENDES B.S., DONASCIMENTO M.J., PEREIRA M.I., BAILEY G., LAPA N., MORAIS J., OLIVEIRA S. (1995)
Efficiency of removal in stabilization ponds.
Wat. Sci. Technol., 31, 219-235.

Dénomination

- GROUPE : Bacilles à gram négatif
- FAMILLE : *Enterobacteriaceae*
- GENRE : *Escherichia, Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter, Yersinia...*
- ESPÈCE TYPE : *Escherichia coli*
 - Nom français : Coliformes totaux
Coliformes fécaux
 - Nom anglais : Total coliform
Fecal coliform

Caractéristiques

Les coliformes sont des bacilles Gram négatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à une température de 35-37°C. Le terme de « coliformes thermotolérants » ou « coliformes fécaux » se rapporte aux coliformes ayant les mêmes propriétés à 44°C.

Escherichia coli se présente sous la forme de bacilles isolés de 1 à 3 µm de long et 0,5 µm de large, mobiles, Gram négatif. Ce sont des bactéries aérobies-anaérobies facultatives cultivant facilement sur tous les milieux usuels.

Le tableau n°1 indique les principaux genres qui peuvent être regroupés sous l'appellation coliformes.

Il s'agit d'un ensemble de bactéries d'habitat et de propriétés les plus diverses : les unes sont les hôtes du tube digestif de l'homme et / ou de l'animal, d'autres paraissent parfaitement adaptées aux environnements hydriques, enfin certaines sont soit des pathogènes reconnus, soit des pathogènes opportunistes.

Tableau 1 : Principaux genres constituant le groupe des coliformes

Genre	Origine
<i>Buttiauxella</i>	environnement
<i>Citrobacter</i>	fécale et clinique
<i>Enterobacter</i>	fécale, environnement et clinique
<i>Escherichia</i>	fécale et clinique
<i>Hafnia</i>	environnement
<i>Klebsiella</i>	fécale, clinique, environnement
<i>Rhanella</i>	environnement
<i>Salmonella</i>	clinique et fécale
<i>Serratia</i>	clinique et environnement
<i>Yersinia</i>	clinique et environnement

Le tableau n°1 indique bien cette dualité dans les populations de coliformes à savoir une population d'origine fécale (thermotolérante) et une population d'origine non fécale environnementale (non thermotolérante).

Réglementation française

Les *Escherichia coli* sont visés par la réglementation.

- Ils font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Ils doivent être < 1000 par gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les

fraîches, le teneur doit être < 100 par gramme. La méthode d'analyse utilisée doit être celle préconisée par la norme NF V08-053 (1993).

- Le document des travail de la Commission Européenne (Avril 2000) concernant le traitement biologique des biodéchets requiert, lors des traitement d'hygiénisation, la réduction de 6 log de la concentration en *Escherichia coli* qui devra être au final inférieure à 5.10^2 CFU/g. Pour les autres procédés de traitement des déchets, une réduction de 2 log sera requise.
- La norme française homologuée NF U 44-551, concernant les supports de culture donne des valeurs limites en *Escherichia coli* de 10^4 /g de matière brute (méthode d'analyse NF V08-053).
- La norme française homologuée NF U 44-095, concernant les amendement organiques contenant des matières issues du traitement des eaux d'intérêt agronomique et les produits élaborés par compostage, donne des valeurs limites en *Escherichia coli* de 10^4 /g de matière brute pour toutes les cultures sauf les cultures maraîchères et de 10^3 /g de matière brute pour les cultures maraîchères (méthode d'analyse NF V08-053).

Répartition géographique

Gamme d'hôtes

Homme, animaux à sang chaud.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Nous ne nous intéressons pas à l'éventuel caractère pathogène des coliformes puisqu'ils ils sont utilisés, dans le domaine des déchets, non pas comme agents pathogènes mais comme indicateurs de traitement.

Symptômes et gravité de la maladie

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Les bactéries du groupe coliformes peuvent avoir un habitat très varié. Les *Escherichia coli* sont des hôtes normaux du tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. Dans l'intestin, *Escherichia coli* est l'espèce aérobie quantitativement la plus importante (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Concentration en *Escherichia coli* dans les matières fécales d'origine humaine et animale

Origine	<i>Escherichia coli</i> / g fèces		
	Minimum	Maximum	Moyenne
Homme	10^5	10^9	10^7-10^9
Bovins, ovins, porcins, volaille	10^5	10^8	
Chevaux - Lapins	10^3	10^6	

Voies d'exposition

Fréquence, incidence de la maladie

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

Concernant la relation dose effet, il existe une loi bêta-poisson pour les espèces non entérohémorragiques de *E. coli* ($N_{50}=8,6.10^7$; $\alpha=0,1778$).

Traitement

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Le principe de recherche des coliformes est l'ensemencement d'une prise d'essai de l'échantillon dilué dans une série de puits d'une microplaque contenant le milieu liquide de culture déshydraté. L'examen est effectué sous rayonnement ultra violet à 366 nm à l'obscurité des microplaques après 36 heures minimum d'incubation à 44°C.

Les quatre étapes de la méthode sont donc : préparation des dilutions, phase d'ensemencement, phase d'incubation, observation et lecture des microplaques.

Dans le domaine des eaux, le dénombrement des coliformes et des coliformes thermotolérants est proposé par des laboratoires d'analyses. Les protocoles de dénombrement sont encadrés par des normes AFNOR. La méthode de dénombrement de *Escherichia coli* est préconisée par le comité européen de normalisation, sous la norme NF T 90433 (1997, méthode NPP, 96 puits) et NF V08-053 (1993). Pour les coliformes, les normes NF T 90-413 et NF T 90-414 (méthode de filtration sur membrane) sont utilisées.

Dans le domaine alimentaire, ce sont les normes suivantes qui sont préconisées :

Norme NF ISO 4831 (1991) - Microbiologie, directives générales pour le dénombrement des coliformes, technique du nombre le plus probable.

Norme NF ISO 4832 (1991) - Microbiologie, directives générales pour le dénombrement des coliformes, méthode par comptage des colonies.

Norme NF ISO 7251 (1994) - Microbiologie, directives générales pour le dénombrement d' *Escherichia coli* présumées, technique du nombre le plus probable.

Norme NF V08-017 (1980) - Microbiologie alimentaire, directives générales pour le dénombrement des coliformes fécaux et d' *Escherichia coli* (annexe à NF V 08-015 et NF V 08-016).

Norme NF V08-050 (1999) - Microbiologie alimentaire, dénombrement des coliformes par comptage des colonies obtenues à 30 degrés Celsius, méthode de routine.

Norme NF V08-060 (1996) - Microbiologie alimentaire, dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies à 44 degrés Celsius, méthode de routine.

La norme NF V 08-017 (méthode d'incorporation en gélose + identification) est celle qui est utilisée par les laboratoires pour dénombrer les coliformes fécaux et *E. coli* dans les boues, déchets, sols, amendements organiques et composts. Dans ces matrices, les coliformes totaux sont dénombrés selon la norme NF ISO 4832 (méthode d'incorporation en gélose + identification).

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Les concentrations en coliformes totaux dans les eaux usées brutes s'échelonnent de 10^4 à 10^9 / 100 mL et pour les coliformes fécaux de 10^5 à 10^8 / 100 mL.

Pour les boues les concentrations sont toujours élevées avec respectivement de 10^5 à 10^8 / g MS pour les coliformes totaux et de 10^3 - 10^7 / g MS pour les coliformes fécaux.

Le tableau n° 3 regroupe des concentrations en coliformes totaux et fécaux retrouvées dans les boues et les eaux usées de différentes filières de traitement.

**Tableau n° 3 : Concentration en coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)
dans les eaux usées et les boues**

Type de prélèvement	Concentration
Eau usée brute	$10^6 - 10^8$ CT / 100 mL $10^5 - 10^7$ CF / 100 mL
Boues	
Digestion anaérobie	$10^4 - 10^6$ CF / 100 g boue humide
Digestion aérobie	$10^3 - 10^4$ CF / 100 g boue humide
Digestion anaérobie	$10^5 - 10^6$ CT / g MS $10^4 - 10^6$ CF / g MS
Stabilisation aérobie	$10^3 - 10^5$ CT / g MS $10^2 - 10^4$ CF / g MS
Lagunage	$10^3 - 10^4$ CT / g MS $10^1 - 10^2$ CF / g MS

Les coliformes fécaux ont été mesurés à une concentration d'environ $10^{4.1}$ UFC/g dans des boues d'épuration et $10^{1.7}$ UFC/g dans des déchets verts. *Escherichia coli* a également été mesurée, à des concentrations variant entre 10^1 et 10^8 UFC/g dans des boues d'épuration (source : aghm, 2002) et $10^{1.1}$ UFC/g dans des déchets verts.

Dans les ordures ménagères, les coliformes thermotolérants ont été mesurés à des concentrations de l'ordre de 10^6 par g de M.S.. Pour *E. coli*, les concentrations sont de l'ordre de 10^7 par g de M.S.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Résistance au traitement des déchets

Les taux d'élimination en fonction du type des différents traitements de potabilisation sont regroupés dans le tableau n° 4.

Tableau n° 4 : Taux d'élimination des coliformes en fonction du type de traitement

Traitement	Pourcentage de réduction des coliformes
Dessablage-Dégrillage	10 - 20 %
Lit bactérien, forte charge	70 - 90 %
Lit bactérien, faible charge	90 - 95 %
Aération prolongée, faible charge	90 - 98 %
Aération prolongée, forte charge	70 - 90 %
Précipitation chimique	40 - 80 %
Effluent chloration	98 -99 %
Effluent traitement 3aire lagunage	80 - 90 %
Effluent : floculation et filtration	90 -98 %

Pour les coliformes fécaux, la réduction théorique aux différentes étapes du traitement dans une station d'épuration peut être schématisée (Figure n°1).

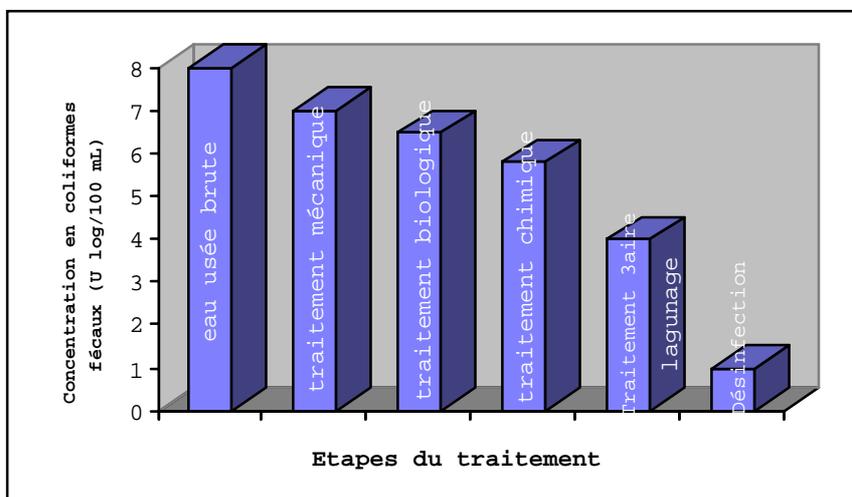


Figure n°1 : Schéma de la réduction théorique des coliformes fécaux dans une station d'épuration.

En France, une étude portant sur l'évaluation des procédés actuels de traitement des boues, en terme de stabilisation et d'hygiénisation a donné les résultats suivants (tableau n°5).

Tableau n° 5 : Abattements observés pour les coliformes, pour différents procédés.

Procédés	Abattement en coliformes (NPP/gMS, exprimé en log)
Aération prolongée	0,1 à 3,7
Lagunage	1,8 à 3,3
Stabilisation psychrophile	0 à 1
Digestion aérobie thermophile	1,9 à 4,2
Digestion anaérobie	0 à 3
Compostage	0,2 à 5,1
Conditionnement physico-chimique	0 à 1,8
Chaux éteinte	4,1 à 5,5
Chaux vive	2,2 à 5,6
Séchage thermique	0 à 4,9
Conditionnement thermique	0 à 1,6

Dans le compost, des études montrent une disparition de *E. coli*.

Capacité de survie dans l'environnement

Les survies des coliformes ont été étudiées dans divers environnements : fèces, eaux douces, eaux marines, eaux usées, sol, végétaux. On peut dire que globalement la résistance des coliformes dans le milieu extérieur est faible.

• **Survie dans les matières fécales**

Elle varie en fonction de la température de 1 à 3 semaines jusqu'à plus de 23 semaines. Pour des températures comprises entre 10°C et 37°C, il est toujours observé d'abord une augmentation plus ou moins importante du nombre de bactéries traduisant un phénomène de recroissance suivie d'une décroissance plus ou moins rapide (Tableau n° 6).

Tableau n° 6 : Survie des coliformes dans les fèces

Température	Temps de survie
10°C	présence après 23 semaines
20°C	absence après 6 - 12 semaines
37°C	absence après 1 - 3 semaines

• **Survie dans les eaux douces**

Les données regroupées dans le tableau n° 6 montrent que la survie est très variable. En effet elle est dépendante de divers facteurs : température, présence de microorganismes responsables de phénomènes de prédation ou de compétition, effet des radiations solaires.

Tableau n° 7 : Survie des coliformes en eaux douces

Type d'eaux	Survie	Conditions expérimentales
Eaux de surface	T ₉₀ 10 - 115 H	<i>E. coli</i>
Eaux de surface	entre 30 et 60 jours	T° 20-30°C Coliformes thermotolérants
Eaux de rivière	T _{99,9} 14 jours T ₆₀ 60 jours 55 jours	T° eau : 5 - 7°C (hiver) T° eau : 4°C (hiver) Eau autoclavée

• **Survie des coliformes en eaux de mer**

La survie des coliformes en eaux de mer est toujours plus brève qu'en eaux douces.

Le T₉₀ pour les coliformes varie de 0,6 à 8 heures avec une moyenne géométrique d'environ 2 heures en cycle diurne et peut atteindre jusqu'à 40 heures à l'obscurité. Les raisons de cette rapide disparition sont multiples : salinité, température, concentration en oxygène dissous, présence de protozoaires prédateurs. Pour le paramètre température il faut préciser que les T₉₀ sont considérablement allongés à basse température (4-8°C) avec des valeurs comprises entre 40 et 110 heures en cycle diurne.

• **Survie des coliformes dans les eaux usées**

Dans des climats chauds, avec des températures de 25 à 30°C, le T₉₉ est estimé à 10-15 jours.

En zone tempérée la survie est d'autant plus longue que la température est basse, et/ou que la concentration en oxygène dissous est faible et/ou que la microflore a été réduite par chloration ou tout autre procédé équivalent. Elle est évaluée entre 20 et 50 jours.

• **Survie des coliformes dans les sols**

La survie des coliformes est influencée par l'humidité, la température, l'exposition ombre ou soleil, la composition, le pH et l'activité biologique du sol (Tableau n° 8).

Tableau n° 8 : Survie des coliformes dans les sols

Microorganisme	Survie	Conditions expérimentales
<i>Escherichia coli</i>	T ₉₀ = 3 jours T ₉₀ = 14 jours	Été Automne Hiver
Coliformes fécaux	T ₉₀ = 2 jours puis réduction 33 % / j Survie 2 semaines	15°C Été, Printemps
<i>Escherichia coli</i>	Réduction 99 à 99,99 % en 3 à 6 semaines	
<i>Escherichia coli</i>	T ₉₉ = 1 jour T ₉₀ = 3 semaines	Sol sec Sol humide
<i>Escherichia coli</i>	T ₉₀ = 18 jours T ₉₀ = 2,5 jours	20°C - 30 % humidité sol 20°C - 10 % humidité sol
Coliformes fécaux	Survie en général < 20 jours	

	Survie maximale 70 jours	
--	--------------------------	--

D'une manière générale, il semblerait que les coliformes survivent moins de 10 semaines avec une réduction de 90 % en moins de 10 jours. En conditions favorables d'humidité et de température, une fraction résiduelle de coliformes peut survivre plusieurs mois.

• **Survie des coliformes sur les récoltes**

Si sur les sols la survie peut être relativement longue du fait d'une humidité, d'une exposition limitée au soleil, d'une disponibilité en nutriments, sur les récoltes qui présentent souvent des surfaces exposées à la dessiccation et au soleil la survie sera plus courte (tableau n° 9).

Tableau n° 9 : Survie des coliformes sur les végétaux

Microorganisme	Végétal	Survie	Conditions expérimentales
Coliformes	Récoltes	T ₉₉ = 7 jours Disparition totale en 28 jours	Climat tempéré
Coliformes fécaux	Luzerne	T ₉₉ = 1 jour T ₉₉ = 4 jours	T° 12-23°C Humidité relative 20-65% Humidité relative 48-95%
Coliformes	Herbe	T ₉₉ = 5 jours	Temps ensoleillé
Coliformes	Herbe	T ₉₀ = 1 heure T ₉₀ = 10-25 jours	Pluie artificielle 25 mm en 1 heure Absence de pluie
Coliformes	Tomates Fourrage Végétaux à feuilles	> 1 mois 6-34 jours 35 jours	
<i>Escherichia coli</i>	Légumes Herbe	< 3 semaines < 8 jours	

Le paramètre « anatomie » de la plante est important avec par exemple une survie plus courte quand une grande surface foliaire est exposée au soleil, à la dessiccation. Il faut préciser aussi que les modes de culture (serre, tunnel plastique...) et d'irrigation en intervenant sur le taux d'humidité sont des facteurs susceptibles de modifier la survie.

Transmissions secondaires

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

BOUTIN P., BOUDOT J., ETIENNE M. (1979)
Charge microbienne des effluents urbains bruts et traités par voie biologique.
TSM L'Eau, 2, 63-78.

FEACHEM R.G., BRADLEY D.J., GARELICK H., MARA D.D. (1983).
Sanitation and disease health aspects of excreta and wastewater management.
Ed. Wiley et Sons, 501 p.

KABRICK R.M., JEWELL W.J. (1982)
Fate of pathogens in thermophilic aerobic sludge digestion.
Wat. Research, 16, 1051-1060.

LESSEL T.
Health aspects related to effluent and sludges used in agriculture.
Personal communication.

LIRAN A., JUANICO M., SHELEF G. (1994)
Coliform removal in a stabilization reservoir for wastewater irrigation in Israel.
Wat. Res., 28, 6, 1305-1314.

MARTIN J.H., BOSTIAN H.E., STERN G. (1990)
Reductions of enteric microorganisms during aerobic sludge digestion.
Wat. Research, 24, 11, 1377-1385.

- MEZRIOUI N., BALEUX B. (1992)
Effets de la température, du pH et du rayonnement solaire sur la survie de différentes bactéries d'intérêt sanitaire dans une eau usée épurée par lagunage.
Rev. Sc. de l'Eau, 5, 573-591.
- PEARSON H.W., ORAGUI J.L., ARRIDGE H., MARA D.D., SILVA S.A.
Vibrio cholerae O1 and Salmonellae removal compared with the die-off of faecal indicator organisms in waste stabilization ponds in northeast Brazil.
Arch. Inst. Pasteur Tunis, 69, 3-4, 273-282.
- SCHWARTZBROD J., COLLOMB J. (1983)
Germes témoins de contamination fécale : variations journalières et saisonnières en entrée et sortie d'une station d'épuration.
Rev. Sc. de l'Eau, 2, 111-125
- SCHWARTZBROD J., GASPARD P., THIRIAT L. (1998)
Pathogenic microorganisms in sludge and effects of various treatment processes for their removal.
European Wat. Poll. Control, à paraître.
- STANDRIDGE J., BARMAN M., SONZOGNI W.C. (1995)
Characterization of *E. coli* and total coliform organisms isolated from Wisconsin waters and reassessment of their public health significance.
in Proceedings AWWA, WQTC, New Orleans, 773-788.
- TRAD RAIS M. (1992)
Efficacité bactériologique des principaux procédés de traitement des eaux usées urbaines.
Arch. Inst. Pasteur Tunis, 69, 3-4, 273-282.
- TYRRELL S.A., RIPPEY S.R., WATKINS W.D. ((1995)
Inactivation of bacterial and viral indicators in secondary sewage effluents, using chlorine and ozone.
Wat. Research, 29, 11, 2483-2490.

Autres éléments bibliographiques

- Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.
- Cadiergues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*, thèse doctorale, juin 2000.
- Bigot V., Bourmeau E., Legeas M., *Le compostage et son effet hygiénisant*, ADEME Journées techniques des 5 et 6 juin 1997.
- Colin F., NANCIE, *Micropolluants organiques et germes pathogènes dans les boues d'eaux résiduaires*, rapport final, juin 2000.
- Ducray F., Huyard A., Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux, *Impact du futur projet européen sur la valorisation des boues en agriculture, campagne d'analyses sur 60 boues de STEP*, mars 2002.
- Bonnard R., INERIS, *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, 2001.

Dénomination

- GENRE : *Escherichia*.
- ESPÈCES TYPE : *E. coli* entéro-hémorragique (EHEC) dont le principal sérotype est *E. coli* O157:H7.

Caractéristiques

Bâtonnets à Gram négatif, mobiles, aérobies.

Réglementation française

Répartition géographique

Pathogène d'importance sanitaire en France.

Gamme d'hôtes

L'homme, les animaux (O157:H7 - porcelets, veaux et bovins).

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Colite hémorragique, affection intestinale accompagnée de crampes et de douleurs abdominales; diarrhée liquide d'abord et sanguinolente ensuite; faible fièvre; dure environ 8 jours; de 5 à 10 % des sujets atteints de colite hémorragique peuvent développer un syndrome hémolytique et urémique (SHU); touche des sujets de tous les âges; la mortalité est plus élevée chez les personnes âgées et chez les jeunes (taux de mortalité de 0,2 % dans la population générale et de 10 % chez les jeunes enfants et les personnes âgées).

Populations sensibles

Jeunes enfants (moins de 3 ans) et personnes âgées (plus de 65 ans).

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Sujets infectés, animaux (moutons, chèvres, porcs, volaille, veaux, bovins). La maladie est une zoonose.

Voies d'exposition

Ingestion d'aliments contaminés (viande hachée insuffisamment cuite, lait non pasteurisé); transmission par la voie fécale-orale; transmission d'une personne à l'autre (extrêmement élevée), contact avec les bovins.

Fréquence, incidence de la maladie

Cas sporadiques et épidémies de diarrhée sanguinolente. En France, une centaine de cas de SHU sont déclarés chaque année chez les moins de 15 ans, majoritairement liés à des *E. coli* EHEC (ce qui correspond à une incidence inférieure à 1/100 000 cas par an en France chez les moins de 15 ans). Le taux d'incidence est de 2,8/100 000 cas par an pour les enfants de moins de 2 ans. Les chiffres pour les adultes sont inconnus.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

Sur la base des données disponibles, il est difficile de mettre en avant un modèle dose-réponse particulier. La dose infectieuse semble faible, peut être semblable à celle de *Shigella* spp. : 10 à 100 organismes par ingestion.

Traitement

Antibiothérapie dans les cas très graves.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure environnementales

Il n'existe aucun protocole normalisé de dénombrement de *Escherichia coli* O157 : H7. Les méthodes de détection utilisent une immunoconcentration et un isolement sur gélose spécifique pour le sérotype O157 : H7. Les EHEC sont recherchées par PCR.

Concernant la recherche de ces bactéries dans le domaine alimentaire, il existe la norme NF EN ISO 16654 (2001) - Microbiologie des aliments, méthode horizontale pour la recherche des *Escherichia coli* O157.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Il n'existe que très peu de données disponibles. Une étude indique cependant que sur 169 échantillons de boues d'épuration testés, 9 % ont permis d'isoler une souche EHEC, de sérotype différent de O157: H7 (Source : C. Vernozy, M-P. Montet, 2001).

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Les *E. coli* O157 : H7 ne montrent pas de résistance particulière aux désinfectants et apparaissent avoir une sensibilité proche, voire plus forte que d'autres *E. coli* et que *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Campylobacter jejuni*.

Résistance au traitement des déchets

Effet du compostage sur le devenir des *E. coli* O157 dans le fumier (Lung *et al*, 2001) : quand une température de 45 °C est atteinte, les bactéries ne sont plus isolées dans le compost au bout de 3 à 4 jours. Cependant, au Royaume uni, des souches ont été retrouvées dans des prélèvements de composts préparés depuis 3 mois (Chapman *et al*, 2000).

Capacité de survie dans l'environnement

Survit facilement dans les matières fécales et le sol contaminés. Les *E.coli* EHEC semblent pouvoir survivre plusieurs semaines dans l'environnement d'une ferme (sédiments d'abreuvoirs, fèces ou fumier sur le sol,...). Des essais de survie (AFSSA, 2003) ont été réalisés et indiquent que *E. coli* O157 : H7 peut survivre :

- Plusieurs semaines dans les fèces,
- Quelques mois dans les fumiers et lisiers,
- Quelques semaines à quelques mois sur les sols,
- Quelques jours à quelques semaines dans les eaux,

Transmissions secondaires

Transmissible pendant la période où l'organisme est excrété dans les matières fécales (7-9 jours et jusqu'à 3 semaines chez le tiers des enfants).

Variations saisonnières

En France, on observe surtout des cas sporadiques de SHU avec une recrudescence saisonnière pendant la période estivale. (juin à Septembre).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiches techniques santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds63f.html>, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds65f.html>, septembre 2001.

Deglin S. *Epannage des boues de stations d'épuration d'abattoirs de ruminants : quel risque microbiologique?* Mémoire d'ingénieurs du génie sanitaire, 2002.

Vernozy-Rozand C., Montet M-P., *Evaluation du danger lié à la présence des Escherichia coli vérotoxiques dans des prélèvements environnementaux : effluents d'élevage et boues de STEP*, Novembre 2001.

AFSSA, *Bilan des connaissances relatives aux Escherichia coli producteurs de Shiga-toxines (STEC)*, avril 2003.

SOURCE PRINCIPALE : ADEME,
*Les agents biologiques d'intérêt
sanitaire des boues d'épuration
urbaines*, 1999.

BACTÉRIOLOGIE - FICHE N° 5

Enterococcus

Streptococcus

Dénomination

- GROUPE : Coques à gram positif
- FAMILLE : *Streptococcaceae*
- GENRES : *Enterococcus* et *Streptococcus*
- ESPÈCE :
 - Nom français : Streptocoques fécaux, Entérocoques fécaux
 - Nom anglais : Fecal streptococci, Fecal enterococci.

Caractéristiques

La famille des *Streptococcaceae* renferme plusieurs genres dont le genre *Streptococcus* et le genre *Enterococcus*. Sous le nom de streptocoques fécaux sont regroupées des bactéries d'origine intestinale isolées chez l'Homme et/ou chez l'animal (Tableau n° 1).

Tableau n° 1 : Les principales espèces de Streptocoques

Dénomination	Origine	Groupe
<i>Enterococcus</i>		
<i>Enterococcus faecalis</i>	fécale	D
<i>Enterococcus faecalis</i> var. <i>liquefaciens</i>	ubiquiste	D
<i>Enterococcus faecalis</i> var. <i>zymogenes</i>	fécale	D
<i>Enterococcus faecium</i>	fécale	D
<i>Enterococcus durans</i>	fécale	D
<i>Enterococcus avium</i>	fécale	Q
<i>Streptococcus</i>		
<i>Streptococcus bovis</i>	fécale, bétail	D
<i>Streptococcus equinus</i>	fécale, cheval	D

Les streptocoques fécaux sont des cocci Gram positif sphériques ou ovoïdes, de taille variant de 0,6 à 2 µm de diamètre, disposés par paires ou en chaînettes plus ou moins longues. Ce sont des bactéries cultivant en aérobie et facultativement en anaérobie.

Réglementation française

Les entérocoques sont visés par la réglementation.

- Ils font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Ils doivent être < 10 000 par gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les fraises, le teneur doit être < 100 par gramme. La méthode d'analyse utilisée doit être celle préconisée par la norme NF T90-432 (1997).
- La norme française homologuée NF U 44-551, concernant les supports de culture donne des valeurs limites en entérocoques de 10⁵/g de matière brute (méthode d'analyse NF T 90-432).
- La norme française homologuée NF U 44-095, concernant les amendement organiques contenant des matières issues du traitement des eaux d'intérêt agronomique et les produits élaborés par compostage, donne des valeurs limites en Entérocoques de 10⁵/g de matière brute pour toutes les cultures (méthode d'analyse NF T 90-432).

Répartition géographique

Cosmopolites, ces pathogènes présentent un intérêt sanitaire en France.

Gamme d'hôtes

L'homme.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Bactéries commensales du tractus intestinal (10^5 - 10^8 CFU par gramme de matières fécales) et des voies génitales féminines; occasionnellement liées à l'infection des voies urinaires, à une bactériémie et à l'endocardite bactérienne.

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Ce sont des bactéries très ubiquitaires vivant à l'état commensal chez l'Homme et l'animal et pouvant être rencontrées dans l'eau, le sol...

Le tableau n° 2 indique les concentrations en streptocoques fécaux chez l'Homme et l'animal.

Tableau n° 2 : Concentration en streptocoques fécaux dans les matières fécales d'origine humaine et animale

Origine	Streptocoques fécaux*/g fèces	
	Minimum	Maximum
Homme**	3.10^2	2.10^7
Animaux**	$< 10^5$	
Homme***	9.10^4	$1,6.10^8$
Bovins***	7.10^3	$1,1.10^5$
Porcs***	2.10^6	8.10^7
Chevaux***	$1,2.10^4$	$1,3.10^7$
Ovins***	$1,9.10^3$	$3,4.10^4$
Volailles***	7.10^5	2.10^8

* Streptocoques fécaux = *Enterococcus* + *Streptococcus bovis* chez les animaux.

** (d'après Feachem et al.)

*** (d'après Pourchet et al.)

Les valeurs les plus faibles sont observées chez les herbivores (10^3 - 10^7) et les plus élevées chez les volailles (10^5 - 10^8). En terme d'espèce, rencontré dans les matières fécales de l'homme, moins fréquemment chez les oiseaux et est absent chez les bovins et ovins.

Streptococcus bovis est retrouvé à un taux élevé chez les bovins, à un taux moyen chez les ovins, à un taux faible chez l'Homme et les oiseaux.

Voies d'exposition

Enterococcus faecalis est souvent une bactérie commensale du tube digestif - les organismes pénètrent dans la circulation sanguine à la suite d'un traumatisme; l'organisme est présent dans bon nombre de produits alimentaires, mais son rôle dans les intoxications alimentaires est discutable

Fréquence, incidence de la maladie

Enterococcus faecalis est répandu dans le monde entier, nouvellement reconnu comme un pathogène à transmission nosocomiale (augmentation du nombre de cas en raison de l'utilisation plus fréquente d'instruments médicaux susceptibles de transmettre l'agent - matériel intraveineux).

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

DMI inconnue.

Traitement

Antibiothérapie.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Le principe de recherche des entérocoques est l'ensemencement d'une prise d'essai de l'échantillon dilué dans une série de puits d'une microplaque contenant le milieu liquide de culture déshydraté. L'examen est effectué sous rayonnement ultra violet à 366 nm à l'obscurité des microplaques après 36 heures minimum d'incubation à 44°C.

Les quatre étapes de la méthode sont donc : préparation des dilutions, phase d'ensemencement, phase d'incubation, observation et lecture des microplaques.

Dans le domaine des eaux, des boues, des déchets et des sols, les laboratoires d'analyse utilisent la méthode préconisée par le comité européen de normalisation, sous la norme NF T 90432 (technique des microplaques, NPP, 96 puits) et LV 02-9703 (1997). Les entérocoques intestinaux sont recherchés et dénombrés dans les eaux de surface et résiduaires selon les protocoles de la norme NF EN ISO 7899 (1999) - méthode miniaturisée (Nombre Plus Probable NPP) par ensemencement en milieu liquide et méthode par filtration sur membrane.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Le tableau n° 3 regroupe les concentrations en streptocoques fécaux retrouvées dans les eaux usées brutes et épurées de différents pays.

Tableau n° 3: Concentration en streptocoques fécaux dans les eaux usées

Pays	Traitement	Concentration	Abattement
France	Boues activées (300000 éq. habitants)	E.U.B.* 4.10^6 /L E.U.E.** 1.10^5 /L	
France	Lit bactérien aération prolongée (boues activées moyenne et forte charge) (1000 éq. H - 200000 éq. H.)	E.U.B. $4,5.10^5$ - 1.10^7 /L E.U.E. 8.10^4 - $1,7.10^6$ /L	0,5 à 1,5 log
GB		E.U.B. 10^5 - 10^8 /L	
USA	Biologique (7 stations)	E.U.B. 5.10^6 - 2.10^7 /L E.U.B. 10^6 - 10^9 /L (estimation)	
Tunisie	Boues activées faible et moyenne charge Chenal oxydation Lagunage aéré Lagunage non aéré	E.U.B. 6 - 6,8 U log/100 mL E.U.E. 2,2- 5,2 Ulog/100 mL	1,2 à 2,3 log
Portugal	Lagunage (anaérobie, facultatif, maturation)	E.U.B. $5,9.10^8$ - 4.10^{11} /L E.U.E. $4,8.10^7$ /L	
Brésil	Lagunage (anaérobie, facultatif, maturation)	E.U.B. $3,1.10^6$ - 4.10^7 /L E.U.E. 3.10^2 - 3.10^3 /L	

E.U.B.* : Eau Usée Brute

E.U.E.** : Eau usée épurée

Pour les boues, les concentrations en streptocoques fécaux sont dans les boues fraîches toujours élevées, de l'ordre de 10^4 à 10^8 par gramme de matière sèche.

Dans les ordures ménagères, les streptocoques fécaux ont été mesurés à des concentrations de l'ordre de 10^6 à 10^9 par g de M.S.. Les entérocoques ont également été isolés dans la fraction fermentescible des ordures ménagères (Source ADEME, résultats du programme QUALORG non publiés au moment de la rédaction du mémoire)

Concernant les déchets verts, les streptocoques fécaux ont déjà été mesurés à environ 10^4 UFC/g.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Sensibilité aux désinfectants : *S. faecalis* sensible à de nombreux désinfectants - hypochlorite de sodium à 1 %, éthanol à 70 %, glutaraldéhyde à 2 %, formaldéhyde, iode.

Température et pH : ces bactéries résistent à 60°C durant 30 minutes et à 62,5°C quelques secondes. Elles peuvent se développer dans une gamme de pH de 4 à 9.

Résistance au traitement des déchets

En fonction des types de traitements, les abattements varient fortement (Tableau n° 4).

Tableau n° 4 : Impact des traitements d'épuration sur les streptocoques fécaux

Traitement	Abattement	% élimination
Aération prolongée	0,5 log	
Stabilisation mésophile	0,5 log	
Digestion anaérobie mésophile 35°C, 15-20 j	1 log	80 - 97 %
Digestion anaérobie thermophile 50°C, 20 j		99,8 - 99,99 %
Digestion aérobie mésophile 6°C, 15 j 20 - 30 °C, 20 j	0,05 log 0,5 - 1,8 log	
Digestion aérobie thermophile 40 - 50°C, 5 j	3 log	
Chaulage 25% - 50 %	3 -6 log	
Pasteurisation 80°C		100 %
Traitement tertiaire : - Désinfection Cl ₂ (2-6 mg) - Infiltration-Percolation		0 - 99,99 % 92 -99,9 %

En France, une étude portant sur l'évaluation des procédés actuels de traitement des boues, en terme de stabilisation et d'hygiénisation a donné les résultats suivants (tableau n°5).

Tableau n° 5 : Abattements observés pour les entérocoques, pour différents procédés.

Procédés	Abattement en entérocoques (NPP/gMS, exprimé en log)
Aération prolongée	0 à 1,7
Lagunage	0,4 à 3,7
Stabilisation psychrophile	0,2 à 2,1
Digestion aérobie thermophile	1,3 à 3
Digestion anaérobie	0 à 3,9
Compostage	0 à 3,2
Conditionnement physico-chimique	0 à 1,5
Chaux éteinte	4 à 5,4
Chaux vive	2 à 6,3
Séchage thermique	0 à 5,8
Conditionnement thermique	0 à 1,8

D'une manière générale, il faut souligner les performances toujours supérieures des procédés thermophiles par rapport aux procédés mésophiles.

Par ailleurs pour le stockage, les résultats sont délicats à interpréter en fonction du type de boues (deshydratées, chaulées à différentes concentrations...) de la durée du stockage de 60 jours à plusieurs mois, de la possibilité de recroissance et / ou de recontamination. De même, les performances des lagunages sont difficiles à comparer du fait de la diversité de leurs caractéristiques, des conditions climatiques...

Capacité de survie dans l'environnement

Les streptocoques ont une résistance relativement faible dans le milieu extérieur.

• Survie dans les eaux

Les données bibliographiques varient fortement en fonction des conditions expérimentales, du mode d'expression des résultats...

Les temps de survie exprimés en jours ou en T₉₀ pour les streptocoques fécaux sont regroupés dans le tableau n° 6.

Tableau n° 6 : Survie des streptocoques fécaux dans différents types d'eaux

Milieu	Survie	Conditions expérimentales
Eaux de Surface et eaux usées	20 j* 50 j* maximum	20-30°C
Eaux de surface	T ₉₀ = 19- 360 H T ₉₀ = 20 H	17-19°C 9-12°C
Eau usée brute	10-21 j plus longue	25-30°C température < 25°C

* Survies supérieures si *S. bovis* ou *S. equinus* sont prédominants

• Survie dans les sols et les boues

Extrêmement robuste, les entérocoques et streptocoques fécaux peuvent survivre pendant des semaines.

La survie dépend de nombreux paramètres tels que l'humidité, la température, l'exposition (ombre, soleil), la teneur en matière organique, l'activité biologique du sol.

Tableau n° 7 : Survie des streptocoques fécaux dans les sols et les boues

Milieu	Survie	Conditions expérimentales
Sol	Plusieurs mois	<i>Enterococcus</i>
Sol	T ₉₀ ≤ 20 j. T ₉₀ < 7 j	<i>Enterococcus faecalis</i> , site ombragé, saison froide saison chaude
Sol humide	T ₉₅ = 94 j T ₉₅ = 33 j	<i>Enterococcus faecalis</i> 4°C 25°C
Sol sec	T ₉₅ = 23 j T ₉₅ = 9 j	4°C 25°C
Boues	Plusieurs mois	Température fraîche

Transmissions secondaires

Ne se transmet pas d'une personne à l'autre.
Aucun vecteur de transmission.

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

BARON D., CARRE J., IWEMA A., CHEVRIER S., REGNIER V., GUIGUEN C. (1989)

Effets d'un stockage sur les caractéristiques physico-chimiques microbiologiques et parasitologiques des boues biologiques.

Environ. Technol. Letters, 10, 731-742.

BOUTIN P., BOUDOT J., ETIENNE M. (1979)

Charge microbienne des effluents urbains bruts et traités par voie biologique.

TSM L'Eau, 2, 63-78.

FEACHEM R.G., BRADLEY D.J., GARELICK H., MARA D.D. (1983).

Sanitation and disease health aspects of excreta and wastewater management.

Ed. Wiley et Sons, 501 p.

FLAHAUT S., BOUTIBONNES P., AUFRAY Y. (1997)
Les entérocoques dans l'environnement proche de l'homme.

Can. J. Microbiol., 43, 699-708.

HERNANDEZ J.F., POURCHER A.M., DE LATTRE J.M., OGER C., LOEUILLARD J.L. (1993)

MPN miniaturized procedure for the enumeration of fecal enterococci in fresh and marine waters : the MUST procedure.

Wat. Research, 4, 597-606.

KABRICK R.M., JEWELL W.J. (1982)

Fate of pathogens in thermophilic aerobic sludge digestion.

Wat. Research, 16, 1051-1060.

MARTIN J.H., BOSTIAN H.E., STERN G. (1990)
Reductions of enteric microorganisms during aerobic
sludge digestion.
Wat. Research, 24, 11, 1377-1385.

MENDES B., NASCIMENTO J., PEREIRA M.T.,
BAILEY G., LAPA N., MARAIS J., OLIVEIRA J.S.
(1995)
Efficiency of removal in stabilization ponds : 1 Influence
of climate (Portugal).
Wat. Sc. Technol., 31, 12, 219-235.

POURCHER A.M., DEVRIESE L.A., HERNANDEZ J.F.,
DELATTRE J.M. (1991)
Enumeration by a miniaturized method of *E. coli*, *S. bovis*
and *Enterococci* as indicator of the origin of faecal
pollution of waters.
J. Appl. Bacteriol., 70, 525-530.

ROSAZ.C. (1991)
Risques sanitaires liés à l'épandage des boues de stations
d'épuration. Application à la revégétalisation des pistes de
skis.
Thèse Vétérinaire, Lyon, 123 p.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, fiche technique santé-sécurité-
matières infectieuses, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/msds-ftss/msds146f.html>, mai 2001.

Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols
générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.

Cadiergues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*,
thèse doctorale, juin 2000.

Bigot V., Bourmeau E., Legeas M., *Le compostage et son effet hygiénisant*, ADEME Journées techniques des 5 et 6 juin
1997.

Colin F., NANCIE, *Micropolluants organiques et germes pathogènes dans les boues d'eaux résiduaires*, rapport final, juin
2000.

SCHLEIFER K.H., KILPPER-BALZ R. (1984)
Transfer of *S. faecalis* and *faecium* to the genus
Enterococcus nom rev as *E. faecalis* and *E. faecium* comb.
nov.
Int. J. Syst. Bacteriol., 34, 31-34.

SOLER A., TORRELLA F., SAEZ J., MARTINEZ I.,
NICOLAS J., LLORENS M., TORRES J. (1993).
Performance of two municipal sewage stabilization pond
systems with high and low loading in southeastern Spain.
Wat. Sc. Technol., 31, 81-90.

TRAD RAIS M. (1992)
Efficacité bactériologique des principaux procédés de
traitement des eaux usées urbaines.
Arch. Inst. Pasteur Tunis, 69, 3-4, 273-282.

Dénomination

- GENRE : *Leptospira*.
- ESPÈCES TYPE : *L. interrogans*.
- PATHOLOGIE : Leptospirose.

Caractéristiques

Zoonose bactérienne avec manifestations variables; spirochète, au moins 218 sérovars identifiés répartis en 23 sérogroupe, entre autres *hordjo*, *icterohemorragiae*, *canicola*, *autumnalis*, *hebdomadis*, *australis*, *pomona*.

Réglementation française

Répartition géographique

Répandu dans le monde entier; présent dans les régions rurales et urbaines, développées et primitives, mais non dans les régions polaires.

- Régions d'endémie élevée : Tahiti, Réunion, Nouvelle Calédonie.

- Région de basse endémie : Antilles, Guyane, métropole (surtout régions Pays de Loire, Poitou-Charentes, Franche-Comté et Basse-Normandie).

Gamme d'hôtes

Homme, animaux sauvages et domestiques.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Fièvre, céphalée, frissons, malaise grave, vomissements, myalgie et épanchement conjonctival; méningite, éruption et uvéite occasionnelles; parfois ictère, insuffisance rénale, anémie et hémorragie cutanée.

La phase clinique dure de 3 jours à quelques semaines, souvent de nature biphasique. L'infection peut être asymptomatique. Le taux de létalité est faible, mais augmente avec l'âge du sujet. Le taux de mortalité estimé est de 2 à 5 %.

Populations sensibles

Personnes âgées.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Animaux de compagnie et animaux de ferme, y compris le bétail, les chiens, les chevaux et les porcs; les rats et autres rongeurs agissent comme porteurs sains; les animaux sauvages, y compris le cerf, l'écureuil, le renard, la mouffette et même les reptiles et les amphibiens peuvent être infectés; en Europe, les mulots, campagnols, musaraignes et hérissons sont des réservoirs courants; chez les animaux porteurs, l'infection est asymptomatique.

La leptospirose est une zoonose.

Voies d'exposition

Contact de la peau ou des muqueuses avec l'eau, le sol ou la végétation contaminés; contact direct avec l'urine ou les tissus d'animaux infectés; occasionnellement, par ingestion d'aliments contaminés ou inhalation de gouttelettes de liquides contaminés.

Fréquence, incidence de la maladie

Risque professionnel pour les travailleurs de rizières et des champs de canne à sucre, les fermiers, les vétérinaires, les mineurs, les éleveurs et le personnel de laboratoire qui manipule des rongeurs ou des chiens infectés. Les épidémies sont courantes chez les sujets exposés aux eaux des lacs et des rivières contaminées par l'urine des animaux.

En France, en 2002, le taux d'incidence moyen correspondait à 0,61/100000. Outre-mer, le taux d'incidence maximum, bien moindre que dans les années 1990, est observé en Nouvelle-Calédonie (30), puis aux Antilles-Guyane (17,8), à Tahiti (12,5) et enfin à La Réunion (7,2). Les disparités peuvent être révélatrices des problèmes d'accès au diagnostic.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

DMI inconnue.

Traitement, vaccin

Les vaccins humains ne sont pas disponibles dans le commerce; toutefois, l'humain a été vacciné contre des sérovars particuliers en prévention d'une exposition professionnelle au Japon, en Chine, en Espagne, en Israël et en Italie. Au niveau prophylactique, l'administration de doxycycline par voie orale au cours des périodes de forte exposition peut contribuer à prévenir la maladie.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

En biologie médicale, le diagnostic de la leptospirose peut être bactériologique et/ou sérologique. La recherche d'ADN par réaction d'amplification génique permet un diagnostic précoce et rapide de la maladie. L'isolement, suivi de l'identification de la souche, permet la détermination du sérovar responsable de la maladie.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Sensibilité aux désinfectants : sensible à l'hypochlorite de sodium à 1 %, à l'éthanol à 70 %, au glutaraldéhyde et au formaldéhyde.

Inactivation par des moyens physiques : sensible à la chaleur humide (121° C pendant au moins 15 minutes).

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Peut survivre de nombreuses semaines dans le sol contaminé par l'urine infectée et jusqu'à 19 jours dans de l'eau traversant le sol infecté. Pour des eaux de surface des lacs, la bactérie peut survivre jusqu'à 10 jours, selon la salinité. Dans les boues, le temps de survie est de 5 jours.

Transmissions secondaires

La transmission directe d'une personne à l'autre est rare; les leptospires sont habituellement excrétés dans l'urine pendant un mois, mais l'excrétion a été observée jusqu'à 11 mois après la maladie aiguë.

Variations saisonnières

En métropole, le pic saisonnier est centré sur septembre-octobre mais s'étale sur les cinq derniers mois de l'année.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds95f.html>, rubrique leptospira interrogans, avril 2001.

Institut Pasteur, <http://www.pasteur.fr/actu/presse/documentation/>, rubrique leptospirose, juin 2003.

Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire n° 35/2002.

Bonnard R., INERIS, *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, 2001.

SOURCE PRINCIPALE : ADEME,
*Les agents biologiques d'intérêt
sanitaire des boues d'épuration
urbaines*, 1999.

Dénomination

- GROUPE : Bacilles à gram positif non sporulés.
- GENRE : *Listeria*.
- ESPÈCE TYPE :
 - Nom français : *Listeria monocytogenes*.
 - Nom anglais : *Listeria monocytogenes*.
- PATHOLOGIE :
 - Français : Listériose.
 - Anglais : Listeriosis.

Caractéristiques

Le genre *Listeria* regroupe des petits bacilles à gram positif de formes régulières, courts à bouts arrondis parfois incurvés (0,4 - 0,5 x 0,5 - 2 µm) isolés ou en courtes chaînes, présentant un arrangement en palissade ou en lettres. Ils ne sont ni sporulés, ni capsulés. Ils présentent une mobilité à 20-25°C grâce à des flagelles.

Le genre *Listeria* comporte 7 espèces. Les espèces les plus répandues sont : *Listeria monocytogenes* (seule espèce jouant un rôle important en pathologie humaine), *Listeria innocua*, *Listeria seeligeri*, *Listeria ivanovii*.

Réglementation française

Les *Listeria* sont visés par la réglementation.

- Ils font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Ils doivent être absents dans 25 grammes pour les prairies, les cultures florales, les légumes et les fraises. La méthode d'analyse utilisée doit être celle préconisée par la norme NF V08-055 (1997).
- La norme française homologuée NF U 44-551, concernant les supports de culture requiert l'absence de *Listeria monocytogenes* dans 1 g de matière brute (méthode d'analyse NF V 08-055).
- La norme française homologuée NF U 44-095, concernant les amendement organiques contenant des matières issues du traitement des eaux d'intérêt agronomique et les produits élaborés par compostage, requiert l'absence de *Listeria monocytogenes* dans 1 g de matière brute pour toutes les cultures sauf les cultures maraîchères et l'absence dans 25 g de matière brute pour les cultures maraîchères (méthode d'analyse NF V 08-055).

Répartition géographique

Pathogène cosmopolite, d'importance sanitaire en France métropolitaine et dans certains DOM TOM (Guyane, Guadeloupe et Martinique notamment). En France, l'incidence varie légèrement selon les régions (incidences faibles en Alsace et en Lorraine).

Gamme d'hôtes

Mammifères, oiseaux, poissons, crustacés et insectes.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Chez l'homme, *Listeria monocytogenes* peut engendrer des tableaux cliniques variés et entraîne le décès des patients dans 17 à 33 % des cas. On distingue :

- Les formes de l'adulte : ce sont des méningites et méningoencéphalites sévères soit des septicémies soit plus rarement des formes localisées (ORL, cutanées, urinaires...). Enfin il existe des formes latentes et inapparentes.
- Les formes périnatales : elles ont pris ces dernières années une importance particulière.
 - Chez la femme enceinte, en fin de gestation, elles réalisent une infection fébrile peu spécifique susceptible de contaminer le fœtus par voie transplacentaire avec avortement ou accouchement prématuré d'un nouveau né malade.

- Chez le nouveau né qui peut encore être contaminé au moment de l'accouchement la listériose réalise soit un tableau d'infection diffuse, soit une méningoencéphalite, les deux de pronostic très sombre (le taux de létalité chez les nouveau-nés est de 50 %).

Populations sensibles

Vieillards, nouveaux-nés, femmes enceintes et sujets immuno-déprimés.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Listeria spp, germe ubiquitaire a été isolé chez l'Homme et de nombreuses espèces animales (mammifères, oiseaux, poissons, crustacés et insectes) ainsi que dans le milieu extérieur : sol, eaux usées, boues, ensilages, produits laitiers. Le milieu extérieur est enrichi constamment par les fèces des animaux et de l'homme qui seraient fréquemment porteurs sains (Tableau n°1). La listériose est une zoonose.

Voies d'exposition

Le mode de contamination le plus fréquent est la contamination indirecte. L'homme et l'animal se contaminent à partir du milieu extérieur (sol, poussière, fumiers) enrichi en microorganismes par les excréments (la transmission s'effectue également par les productions animales et les aliments contaminés (végétaux, produits laitiers, viande...). La contamination de l'animal peut se faire également par l'alimentation avec en particulier la nourriture par ensilage sans oublier l'appoint éventuel de rongeurs vecteurs et multiplicateurs occasionnels. Chez le nouveau-né, la transmission materno-foetale se fait *in utero* ou au cours du passage dans le vagin infecté.

Ainsi, l'ingestion d'aliments contaminés par *L. monocytogenes* est le mode de contamination le plus fréquent chez l'homme. Sa température optimale de croissance se situe entre 20 et 37°C, elle est sensible à la chaleur, mais elle peut se développer aux températures de réfrigération. Sa dissémination est donc favorisée par le développement de la chaîne du froid (entrepôts frigorifiques industriels, réfrigérateurs ménagers). En France et d'après le plan de surveillance de la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes réalisé au stade de la distribution, les aliments les plus fréquemment contaminés par *Listeria monocytogenes* sont les charcuteries cuites (langues, têtes, rillettes...), la saucisserie fumée, les graines germées réfrigérées, et certains produits laitiers (fromages à pâte molle et au lait crû).

Fréquence, incidence de la maladie

Tableau n°1 : Prévalence de la listériose chez l'homme et l'animal

Hôte	Pays	Prévalence	Commentaires
Homme	Monde	0,6 - 44 %	
	France	5 - 20 %	Portage occasionnel
		7,5 %	Employés d'abattoir
	Danemark	1,4 %	Employés d'abattoir
	Hollande	10 - 29 %	Employés d'abattoir
	Italie	1,9 %	Profession santé et employés d'abattoir
	Hongrie	3,8 %	Hiver,
7,4 %		Début printemps	
0 - 1,9 %		Été, automne	
0,75 %		Enfants < 10 ans	
	3,57 %	Adultes > 60 ans	

En France, le nombre annuel de cas déclarés varie autour de 250 et des épisodes de cas groupés sont parfois observés. En 1996, 220 cas sont déclarés en France métropolitaine, 3 à la Réunion, 2 en Guadeloupe, et un en Nouvelle Calédonie. En France en 2000, l'incidence était faible avec moins de 4 cas par million d'habitants (soit 220 cas).

Entre 1996 et 2000, le nombre de cas de listériose a été compris entre 216 et 230 cas. Les résultats de l'année 2000 confirment donc la baisse importante du nombre de cas observé depuis 1996 (301 cas en 1995). Cette baisse est à mettre en relation avec la prise en compte du risque *Listeria* par les professionnels de l'agroalimentaire (de la production à la distribution) un meilleur respect des recommandations par les populations à risque.

Mais la maladie est caractérisée par une mortalité élevée : 20 à 30% des cas en général et environ 50 % pour les nouveaux-nés. Plus récemment, des gastro-entérites à *Listeria monocytogenes* ont été décrites, mais en France, cette forme de listériose non invasive n'a pas été identifiée.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

Inconnue.

Traitement

Antibiothérapie.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Face à la difficulté de détecter *L. monocytogenes*, de nombreuses stratégies ont été développées. Elles reposent essentiellement sur l'utilisation de méthodes culturales (les plus fréquentes pour les échantillons environnementaux), immunologiques ou de la technique de PCR.

Des protocoles normalisés de recherche et de dénombrement des *Listeria* existent dans le domaine alimentaire :

Norme NF EN ISO 11290 (1997) - Microbiologie des aliments, méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement de *Listeria monocytogenes*.

Norme NF V08-055 (1997) - Microbiologie alimentaire, recherche de *Listeria monocytogenes*, méthode de routine.

Norme NF V08-062 (2000) - Microbiologie alimentaire, dénombrement de *Listeria monocytogenes*, méthode de routine.

Ce sont ces méthodes de routine qui sont utilisées par les laboratoires pour rechercher et dénombrer les *Listeria* dans des composts ou amendements organiques.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Les résultats sont regroupés dans le tableau n° 2 confirment le caractère ubiquitaire de la bactérie.

Tableau n° 2 : Présence de *Listeria spp.* dans les eaux usées et les boues

Pays	Type de Prélèvement	% d'échantillons positifs en <i>Listeria sp.</i>	Concentrations
France	Eau usées	60 - 100 %	7.10^2 à $1,8.10^4$ / L
	Boues primaires	36 - 87 %	8.10^2 à $1,8.10^4$ / L
	Boues activées	53 - 100 %	7 à $2,4.10^3$ / L
	Boues épaissies	29 %	1NPP / g de MS
	Boues digérées	18 - 87 %	< 3 à 28 germes / g
	Boues semi-hydratées	21 %	-
Hollande	Boues déshydratées	8 - 87 %	< 3 à 15 germes / g
	Eau usée brute	83 %	
	Eau usée épurée	60 % - 67 %	
	Eau de surface	12 % - 37 %	
Allemagne	Eau de mer	0 %	
	Eau usée brute	100 %	
USA	Eau usée épurée	100 %	
	Eau usée brute	100 %	
	Eau usée brute d'abattoirs	100 %	
	Boues primaires	100 %	
	Sol après épandage	75 %	

Sensibilité aux agents physiques et chimiques

Moyennement sensible aux désinfectants - hypochlorite de sodium à 1 %, éthanol à 70 %, glutaraldéhyde.

• Sensibilité à la température

Concernant ce paramètre, les données bibliographiques sont très fragmentaires (Tableau n° 3).

Tableau n° 3 : Impact de la température sur *Listeria spp*

Température	Commentaires
0° C	Survie 24 jours
+ 3° à + 45 °C	Multiplication possible
57° C - 30 min.	Destruction partielle

• Sensibilité au pH

Listeria monocytogenes est capable de se multiplier pour des pH compris entre 6 et 9 mais est capable de survivre à des pH < à 5,6. Ainsi dans les ensilages de mauvaise qualité où les fermentations se font mal, le pH reste élevé ce qui est favorable à *Listeria* alors qu'un pH acide lui est défavorable.

• Sensibilité aux rayonnements UV et gamma à onde courte

Résistance au traitement des déchets

Certains auteurs ont mis en évidence un abattement significatif du nombre des *Listeria* après digestion et déshydratation des boues.

Capacité de survie dans l'environnement

Listeria monocytogenes a de bonnes capacités de survie dans le milieu extérieur. Elle résiste bien à la dessiccation survivant de nombreux mois, voire des années, dans le sable, la terre, sur des matières en décomposition, des feuilles de maïs, des morceaux de bois... Le microorganisme survit pendant de longues périodes dans les eaux usées brutes et peut être retrouvé dans les eaux usées traitées et dans les boues déshydratées. Pour certains auteurs, cette bactérie aurait en épandage de boues une survie plus longue que *Salmonella*.

D'ailleurs dès 1980, un rapport de l'OMS notait un accroissement de la concentration des *Listeria* dans l'environnement en suggérant un rôle possible de l'épandage des boues résiduaires à des fins agricoles.

Transmissions secondaires

Les mères des nouveau-nés infectés peuvent éliminer l'organisme pendant les 7-10 jours qui suivent la naissance; les sujets infectés peuvent excréter l'organisme dans leurs selles pendant plusieurs mois.

Aucun vecteur de transmission.

Variations saisonnières

Une augmentation des cas au troisième semestre de l'année est observée. L'emploi saisonnier de l'ensilage comme fourrage est fréquemment suivi d'une incidence accrue de listériose chez les animaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

DELOMEZ X. (1993)

Le risque listérien : une approche pragmatique.
La lettre de la Soc. Franç. de Santé Publique, n°1.

ESPAZE E.P., ROCOURT J., COURTIEU A.L. (1990)

La listériose en France en 1988 : étude à partir des souches adressées au centre national de référence.
BEH, 1, 1-2.

ESPAZE E.P., ROCOURT J., COURTIEU A.L. (1991)

La listériose en France en 1989.
BEH,3, 9-10.

MARCUZZI C. (1994)

Contribution à l'étude de la listériose. Rôle de l'alimentation.
Thèse Pharmacie, Nancy, 163 p.

O.M.S. (1981)

Les listérioses d'origine alimentaire
Bull. O.M.S. 67, 19-26.

PAPADOPOULOS-RENY O. (1993)

Etude de *Listeria* isolées de boues résiduaires.
Thèse Pharmacie, Nancy, 152 p.

PETIT M.P. (1994)

Etude microbiologique des boues résiduaires de 6 stations d'épuration de la région bordelaise.
Thèse Médecine Bordeaux, 119 p.

ROCOURT J. (1989)

Listériose humaine : Aspects cliniques et épidémiologiques : rôle de l'alimentation.
Biologiste (Le), 23, 29-40.

ROCOURT J. (1990)

Listeria et listériose humaine.
Ann. I.P. Actualités, 25-30.

ROSAZ R. (1993)

Revegetalisation des pistes de ski : risques sanitaires liés à l'épandage des boues de station d'épuration.
Environ. et Technique, 129, 62-63.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/mtss-ftss/mtss96f.html>, rubrique listeria monocytogenes, mai 2001.

Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire n° 34/2001.

Institut Pasteur, <http://www.pasteur.fr/actu/presse/documentation/Listeriose.html>, avril 2002.

Institut Pasteur, *Le grand retour des maladies infectieuses*, dossier de presse, Avril 2002.

Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.

Cadiergues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*, thèse doctorale, juin 2000.

Garrec N., *Détection et étude de la survie de Listeria monocytogenes dans les boues d'épuration destinées à l'épandage*, thèse de doctorat, juin 2003.

Dénomination

- GROUPE : Bacilles à gram négatif
- FAMILLE : *Enterobacteriaceae*
- GENRE : *Salmonella*
- ESPÈCE TYPE
 - Nom français : *Salmonella enterica*
 - Nom anglais : *Salmonella enterica*
- PATHOLOGIE
 - Français : Salmonellose
 - Anglais : Salmonellosis, enteric fever

Caractéristiques

Le genre *Salmonella* regroupe des bacilles à gram négatif presque toujours mobiles. Sur la base d'études génomiques récentes le genre *Salmonella* ne comporte qu'une seule espèce *Salmonella enterica* qui comprend 7 sous espèces dont la principale est *Salmonella enterica sub species enterica* qui représente 99 % des *Salmonella* impliquées en pratique médicale avec plus de 2000 sérotypes. Les noms des anciennes espèces ne sont plus considérés comme des noms latins. Ainsi *Salmonella typhi* devient *Salmonella ser. Typhi*.

Parmi les sérotypes de la sous-espèce *enterica* on distingue :

- des sérotypes strictement humains : par ex. Typhi, Paratyphi A.
- des sérotypes strictement animaux : par ex. Abortus-ovis (chez les ovins) ; Gallinarum-Pullorum (volaille).
- des sérotypes ubiquistes : la plupart des sérotypes sont ubiquistes. L'exemple type est Typhimurium ou Enteritidis. Ces groupes sont actuellement les plus importants.

Réglementation française

Les *Salmonella* sont visées par la réglementation.

- L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) définit pour les boues hygiénisées une teneur maximale en *Salmonella* de 8 NPP / 10g MS.
- Elles font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Elles doivent être absentes dans un gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les fraises, elles doivent être absentes dans 25 grammes. La méthode d'analyse utilisée doit être celle préconisée par la norme NF ISO 6579 (1990) ou NF V08-052 (1993).
- Le document des travaux de la Commission Européenne (Avril 2000) concernant le traitement biologique des biodéchets requiert l'absence de *Salmonella spp* dans 50 g de produit hygiénisé et le traitement d'hygiénisation devra permettre une réduction de 6 log de la concentration en *Salmonella Senftenberg W 775*.
- La norme française homologuée NF U 44-551, concernant les supports de culture requiert l'absence de *Salmonella* dans 1 g de matière brute (méthode d'analyse NF ISO 6579 ou NF V 08-052).
- La norme française homologuée NF U 44-095, concernant les amendements organiques contenant des matières issues du traitement des eaux d'intérêt agronomique et les produits élaborés par compostage, requiert l'absence de *Salmonella* dans 1 g de matière brute pour toutes les cultures sauf les cultures maraîchères et l'absence dans 25 g de matière brute pour les cultures maraîchères (méthode d'analyse NF ISO 6579 ou NF V 08-052).

Répartition géographique

Réparti dans le monde entier, mais de façon plus importante en Amérique du Nord et en Europe.

Les salmonelloses, et les fièvres typhoïdes principalement, sont des pathologies importantes en Guyane, Guadeloupe, Martinique, Mayotte, Réunion.

En France, pour les TIAC à salmonelles, des différences d'incidence existent entre les départements (phénomène expliqué en partie par le fait qu'il existe une sous-déclaration, par le système de la DO, plus importante dans certains départements).

Gamme d'hôtes

L'homme, les animaux sauvages et domestiques et les oiseaux.

Symptômes et gravité de la maladie

Les *Salmonella* sont responsables des salmonelloses. Ces maladies qui peuvent revêtir différents aspects cliniques peuvent être regroupées sous deux rubriques :

- les formes septicémiques : fièvre typhoïde. Après une incubation variable de 7 à 14 jours l'infection apparaît progressivement se caractérisant par une fièvre constante (39-40°C) et un syndrome digestif (diarrhée, douleurs abdominales...). Les souches responsables sont des souches strictement humaines comme *Salmonella* ser Typhi. Dans les formes bénignes, l'état reste stationnaire pendant une quinzaine de jours puis la convalescence dure plusieurs semaines. Dans les formes plus graves où des complications peuvent survenir au niveau de l'intestin, du cœur ou de la vésicule, la fièvre typhoïde peut être fatale en l'absence de traitement. Le taux de mortalité est de 10% comparé à moins de 1% pour les autres formes de salmonellose. Les symptômes de la fièvre paratyphoïde sont similaires, mais le plus souvent moins sévères, le taux de mortalité de cette salmonellose étant par ailleurs bien plus bas que celui pour la fièvre typhoïde.

- les formes digestives : toxi-infections alimentaires. Les signes cliniques de la gastro-entérite aiguë surviennent entre 8 et 48 heures après l'ingestion de l'aliment contaminé. Il s'agit la plupart du temps de vomissements, douleurs abdominales, diarrhées et souvent de fièvre. Les souches responsables sont des sérotypes comme *Salmonella* ser. Typhimurium ou ser. Enteritidis. Le nombre de cas est en pleine expansion. Dans les 2 formes cliniques, certains individus peuvent rester porteurs sains pendant plusieurs mois. La déshydratation peut être grave chez les nourrissons et les personnes âgées. Les décès sont rares, sauf chez les très jeunes sujets et chez les personnes très âgées ou affaiblies ou immunodéprimées. Le taux de mortalité est de 0,1 % dans la population générale.

Populations sensibles

Incidence plus élevée chez les nourrissons et les jeunes enfants.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Pour les sérotypes Typhi et Paratyphi, l'homme est le seul réservoir de germes.

Pour les autres salmonelles, ce sont des microorganismes retrouvés dans le tube digestif de l'homme et de nombreux animaux (animaux domestiques et sauvages - volaille - bétail - rongeurs ; certaines souches sont associées à un réservoir animal particulier). La salmonellose est une zoonose.

Les *Salmonella* sont éliminés par les matières fécales :

- des sujets infectés jusqu'à 10^{10} *Salmonella*/g de matières fécales (valeurs moyennes 10^6 à 10^8 / g de selles),
- des porteurs sains de 10^4 à 10^7 *Salmonella*/g de matières fécales.

Voies d'exposition

La plupart des *Salmonella* sont des parasites intestinaux des animaux vertébrés et des oiseaux transmis à l'homme par le biais d'aliments contaminés.

⇒ Pour la fièvre typhoïde, la transmission se fait d'homme à homme par l'intermédiaire d'eau ou d'aliments (coquillages) souillés par des selles de malades, de convalescents ou de porteurs sains. En France, il n'y a plus d'épidémies importantes : avec un nombre de cas déclarés en 1995 de 142, en 1996 de 156 et de 102 pour les 40 premières semaines de 1997.

⇒ Pour les salmonelloses responsables de toxi-infections, les *Salmonella* éliminés par les selles vont se retrouver dans le milieu extérieur, eaux usées en particulier. La contamination de l'homme se fait par voie buccale. Certains sérotypes sont cosmopolites comme *Salmonella* ser Typhimurium ou comme *Salmonella* ser. Enteritidis.

Fréquence, incidence de la maladie

- Pour les salmonelloses responsables de toxi-infections :

Petites épidémies dans la population générale; grandes épidémies dans les hôpitaux, les établissements, les foyers d'accueil, les restaurants.

En France, une des plus importantes épidémies, dont la source n'a pu être identifiée, survenue fin 1985, aurait touché 25 000 personnes d'après l'estimation la plus faible. En France toujours, en 1998, plus de 70% des toxi-infections alimentaires s'étant produites dans des collectivités ont été provoquées par des *Salmonella* et ont touchées plus de 2 500 personnes (environ 1500 pour *S. enteritidis* et 300 pour *S. typhimurium*). En 1999, près de 60% des 779 foyers français de cas groupés signalés au Centre National de Référence (CNR) étaient causés par *Salmonella* sérotype Enteritidis suivi par le sérotype Typhimurium (25% des foyers). En 2000, 12 709 cas de gastro-entérites à salmonelles ont été déclarés au CNR. Il est difficile d'avoir une idée du nombre réel de cas annuels de salmonelloses, mais on estime que les cas déclarés peuvent être multipliés par 20 à 100.

- Pour les fièvres typhoïdes :

Le nombre d'infections de type fièvre typhoïde dues à ces *Salmonella* diminue dans les pays à haut niveau d'hygiène et une prévention peut être réalisée par vaccination. En France métropolitaine, 75 cas ont été déclarés en

1996, 71% d'entre eux étant dus à une contamination à l'étranger. En 1997, une épidémie qui a nécessité l'hospitalisation de 26 personnes est survenue à Utelle, dans les Alpes-Maritimes, probablement due à la consommation de charcuterie lors d'un banquet préparé par un porteur du bacille. Une autre épidémie est intervenue en 1998 à Villeneuve St Georges où, après consommation d'un repas commun, 20 personnes ont présenté une typhoïde et 95 une gastro-entérite précoce. Les cas annuels en France sont inférieurs à 0,3 pour 100 000 habitants (176 cas estimés en 2001). En 2000, 152 cas de fièvres typhoïdes ont été déclarés au CNR. En 2001, l'incidence annuelle était 2,5 fois plus élevée dans les DOM (0 cas en Réunion et Guadeloupe mais 4 cas en Martinique et deux en Guyane, bien que l'incidence y soit en baisse).

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

La Dose Minimale Infectante (DMI) varie selon de nombreux facteurs.

Selon certains, elle est toujours élevée et estimée, selon les espèces en cause et selon le niveau sanitaire de la population concernée, à 10^2 - 10^6 *Salmonella*.

D'autres l'estiment à 100-1000 organismes, par ingestion.

Concernant la relation dose effet, il existe une loi bêta-poisson pour les espèces pathogènes non typhoïdes de salmonelles ($N_{50}=23600$; $\alpha=0,3126$). Pour *Salmonella typhi*, il existe aussi une loi bêta-poisson ($N_{50}=3,6$; 10^6 ; $\alpha=0,1086$).

Traitement, vaccin

Antibiothérapie.

Vaccin pour les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

La détection est complexe et passe par plusieurs phases : enrichissement, incubation, isolement en milieu gélosé, incubation et confirmation par test biochimique. Le résultat est en général soit qualitatif (présence/absence, soit semi-quantitatif).

Dans le domaine alimentaire, la recherche des salmonelles est encadrée par les normes AFNOR suivantes :

Norme NF ISO 7402 (1993) - Microbiologie, directives générales pour le dénombrement sans revivification des entérobactéries, technique du nombre le plus probable.

Norme NF ISO 8523 (1992) - Microbiologie, directives générales pour la recherche des entérobactéries avec pré-enrichissement.

Norme NF V08-054 (1999) - Microbiologie alimentaire, dénombrement des entérobactéries par comptage des colonies à 30 °C, méthode de routine.

Norme NF EN ISO 6579 (2002) - Microbiologie des aliments, méthode horizontale pour la recherche des *Salmonella* spp.

Norme NF V08-052 (1997) - Microbiologie alimentaire, recherche des *Salmonella*, méthode de routine.

Les laboratoires d'analyses utilisent cette dernière norme pour la recherche des salmonelles dans des prélèvements environnementaux (boues, sols, composts, amendements organiques). Mais il n'existe aucun protocole normalisé de dénombrement des salmonelles. Plusieurs méthodes existent, leurs performances sont variables.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Il est très difficile à apprécier du fait :

- de l'utilisation de méthodes aux performances très variables.
- de types d'échantillons très divers (eaux, boues, composts, sédiments)
- de prises d'essais non standardisées (de quelques grammes à > 10 L)
- de modes d'expression des résultats totalement hétérogènes (pourcentage d'échantillons positifs ; nombre / g ou par L ou par 100 mL).

Le tableau n° 1 regroupe à titre d'exemples les concentrations en Salmonelles dans des eaux usées et des boues. Il apparaît que les salmonelles sont fréquemment isolées, dans les boues fraîches comme dans les boues stabilisées.

Tableau n° 1 : Concentration en Salmonelles dans les eaux usées et les boues.

Type de prélèvement	Concentration en Salmonelles	% échantillons positifs
Eaux usées		
Eaux usées brutes	$5 \cdot 10^1 - 2 \cdot 10^2 / 100 \text{ mL}$	50 - 100 %
Eaux usées brutes	$3 - 7 \cdot 10^2 / 100 \text{ mL}$	
Eaux usées brutes	$4 \cdot 10^2 - 8 \cdot 10^3 / \text{L}$	40 - 70 %
Eaux usées épurées	ND*	
Eaux usées épurées	maximum $10^2 / \text{L}$	
Boues		
Boues primaires	$10^2 - 10^3 / \text{g}$ boues sèches	30 - 67 %
Boues brutes	$8 - 10^3 / 100 \text{ mL}$	
Boues brutes	30 NPP/L	
Boues mixtes	max $10^3 / \text{L}$	
Boues digérées	ND - $10^2 / \text{g MS}$	
Boues chaulées (chaux vive et chaux éteinte)	ND/4 g MS	

*ND : Non détecté

Alors que les salmonelles n'ont pas été isolées dans des boues brutes ou compostées, d'autres densités rapportées dans la littérature atteignent même 10^4 à 10^6 salmonelles par 10 g (M.S.) dans des boues fraîches, digérées ou compostées. D'autres analyses réalisées sur des boues d'épuration (traitées ou non) ont montré que les salmonelles n'étaient pas toujours présentes dans les boues (source : aghm, 2002). Leur concentration pouvait tout de même atteindre 4 à 5 log UFC / g de MS.

Dans la fraction fermentescible des ordures ménagères, des salmonelles ont déjà été isolées à raison d'un échantillon positif sur soixante (Source ADEME, résultats du programme QUALORG non publiés au moment de la rédaction du mémoire)

Résistance au traitement des déchets

Les résultats sont exprimés tantôt en pourcentage de réduction soit abattement (unités logarithmiques). Dans le tableau n° 2 sont rassemblées des valeurs (parfois fort divergentes) correspondant aux niveaux de réduction et/ou d'abattement obtenus après divers traitements.

Tableau n° 2 : Pourcentage de réduction des Salmonelles après divers traitements de potabilisation

Type de traitement	% de réduction	Abattement (log 10)
Prétraitement (dégrillage, dessablage)	0-10%	0-1
Sédimentation primaire	8-10%	
Lits bactériens forte charge	30-60 %	
Lits bactériens faible charge	50-78%	
Bassin d'aération forte charge	40-80%	
Bassin d'aération faible charge	55-98%	
Digestion anaérobie mésophile (T° 26-34°C)	16-98%	0-2
Digestion anaérobie thermophile (T° 50°C ≥ 14 j)	90-100%	
Digestion aérobie thermophile (T° 56°C ≥ 4 j)	99-100%	
Pasteurisation T° 70°C, 30 min.	100 %	

Pour le compostage des boues, les résultats varient considérablement en fonction du process. La même remarque s'applique au chaulage où les procédés utilisent soit chaux vive, soit chaux éteinte à des concentrations pouvant aller jusqu'à 50 % avec des pH plus ou moins élevés et plus ou moins stables.

Une étude portant sur l'évaluation des procédés actuels de traitement des boues, en terme de stabilisation et d'hygiénisation a donné les résultats suivants (tableau n°3) (source : NANCIE, 2000).

Tableau n° 3 : Abattements observés pour *Salmonella*, pour différents procédés.

Procédés	Abattement en <i>Salmonella</i> (CFU/gMS, exprimé en log)
Aération prolongée	0 à 3
Lagunage	0
Stabilisation psychrophile	0 à 5
Digestion aérobie thermophile	2 à 4
Digestion anaérobie	0 à 5
Compostage	0 à 4
Conditionnement physico-chimique	0 à 4,4
Chaux éteinte	2 à 5
Chaux vive	1 à 5
Séchage thermique	0 à 4
Conditionnement thermique	0 à 3

Les salmonelles sont assez peu résistantes au chaulage et au stockage des boues, mais elles sont capables de se multiplier, notamment dans des boues compostées. Malgré la persistance possible des bactéries dans le compost, des études montrent une disparition des *Salmonella*.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

• Sensibilité à la température

Les salmonelles sont sensibles à la chaleur, elles sont tuées par chauffage d'une heure à des températures de 56 à 60°C. La figure n°1 représente les combinaisons létales théoriques à savoir 1 heure à 60°-65°C, 1 jour à 50°C et une semaine à 45°C.

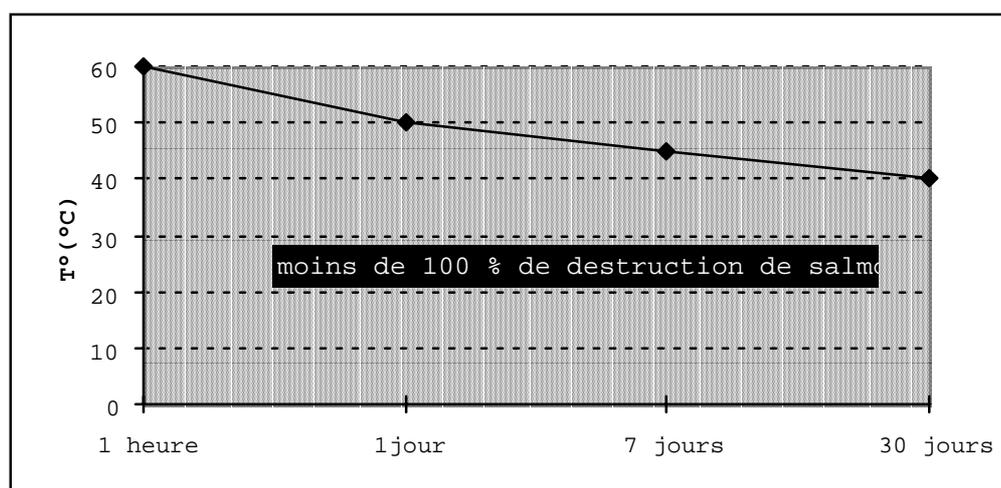


Fig. n°1 : Impact du couple temps-température sur la survie des Salmonelles

• Sensibilité à la dessiccation

Les salmonelles résistent bien à la dessiccation plus de 3 mois dans des fèces desséchées. Dans cet exemple il faut préciser que la « matière organique » favoriserait la survie des salmonelles.

• Sensibilité au pH

Les salmonelles peuvent se développer dans une gamme de pH de 4 à 9.

Capacité de survie dans l'environnement

La résistance des salmonelles dans le milieu extérieur est variable (de quelques heures à quelques années). Une étude (M. Olson, université de Calgary, 2001) indique des temps de survie de quelques mois dans une eau à 5 °C et dans des sols à 5 °C.

• Survie dans les eaux :

Les temps de survie donnés dans la bibliographie varient de 1 à 100 jours avec des T_{90} de 1 à 10 jours. Ces différences sont à relier à divers paramètres.

➤ Le type d'eau

La survie serait plus longue dans une eau chargée en matière organique :

- Eaux de source 9 - 13°C T_{90} = 2 -4 jours

Tableau n° 6= Survie maximale des Salmonelles dans différents environnements

fèces bétail	jusqu'à 1 000 jours
fèces oiseau	entre 800 et 900 jours
lisier	entre 300 et 400 jours
fouillage	entre 300 et 400 jours
herbe	entre 100 et 200 jours

Transmissions secondaires

Il existe de plus un portage chronique des *Salmonella* Typhi : après guérison d'une fièvre typhoïde, 2 à 5% des individus continuent à excréter ces bactéries dans les selles.

Pour les toxi-infections, l'agent reste transmissible pendant toute la durée de l'infection(durée variable - de plusieurs jours à plusieurs semaines). Les porteurs temporaires peuvent transmettre l'agent pendant plusieurs mois. L'antibiothérapie peut prolonger la période de transmissibilité. L'organisme est excrété pendant plus d'un an chez 1 % des adultes infectés et chez 5 % des enfants infectés.

Il n'existe aucun vecteur de transmission.

Variations saisonnières

En métropole, on observe une recrudescence estivale des salmonelloses.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

- Anonyme (1996)
Cas déclarés pour certaines maladies transmissibles.
BEH, 52, 230.
- Anonyme (1997)
Cas déclarés pour certaines maladies transmissibles.
BEH, 42, 191.
- BERTIN P. (1983)
Les salmonelles dans les eaux usées.
Thèse, Faculté de Pharmacie Nancy, 132 p.
- DAVIES C., EVISON L. (1991)
Sunlight and the survival of enteric bacteria in natural water.
J. Appl. Bacter., 70, 265-274.
- DROFFNER M.L., BRINTON W.F. (1995)
Survival of *E. coli* and *Salmonella* populations in aerobic thermophilic composts as measured with DNA gene probes.
Zent. Bl. Hyg. Umweltmed., 197, 387-397.
- EMPARANZA-KNORR A., TORRELLA F. (1995)
Microbiological performance and *Salmonella* dynamics in a wastewater deputation pond system of southeastern Spain.
Wat. Sci. Tech., 31, 239-248.
- FRENEY J., RENAUD F., HANSEN W., BOLLET C. (1994)
Manuel de bactériologie clinique.
Ed. Elsevier, volume 2, 677-1128.
- GALES P., BALEUX B. (1992)
Influence of the drainage basin input on a pathogenic bacteria (*Salmonella*) contamination of a mediterranean lagoon and the survival of this bacteria in brackish water.
Wat. Sci. Tech., 25, 105-114.
- GIBBS R.A., HU C.J., HO G.E., UNKOVICH I. (1997)
Regrowth of faecal coliforms and *Salmonella* in stored biosolids and soil amended with biosolids.
Wat. Sci. Tech., 35, 269-275.
- JOHNSON D.C., ENRIQUEZ C.E., PEPPER I.L., DAVIS T.L., GERBA C.P., ROSE J.B. (1997)
Survival of *Giardia*, *Cryptosporidium*, poliovirus and *Salmonella* in marine waters.
Wat. Sci. Tech., 35, 261-268.
- KOWAL N.E. (1982)
Health effects of land treatment : microbiological.
EPA-600 / 1-82-007
- MARA D., CAIRNCROSS S. (1991)
Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excreta en agriculture et aquaculture.
OMS, 205 pages.
- Mc CAMBRIDGE J., Mc MEEKIN T.A. (1981)
Effect of solar radiations and predacious microorganisms on survival of fecal and other bacteria.
Appl. Environ. Microbiol., 41, 1083-1087.

- PETIT M.P. (1994)
Etude microbiologique des boues résiduelles de six stations d'épuration de la région bordelaise.
Thèse Médecine, Bordeaux II, 129 p.
- ROSAZ C. (1991)
Risques sanitaires liés à l'épandage des boues de stations d'épuration. Application à la revégétalisation des pistes de ski.
Thèse Ecole Nationale Vétérinaire, Lyon, 124 p.
- RUDOLFS W., FALK L.L., RAGOTSKIE R.A. (1951)
Literature review on the occurrence and survival of enteric pathogenic and relative organisms in soil, water sewage, sludge and vegetation : Bacterial contamination.
Sewage and Industrial Wastes, 23, 3, 253-268.
- SHABAN A.M., EL-TAWEEL G.E., ALI G.H. (1997)
UV ability to inactivate microorganisms combined with factors affecting radiation.
Wat. Sci. Tech., 35, 105-112.
- YANKO W.A. (1988)
Occurrence of pathogens in distribution and marketing municipal sludge.
EPA/600/S1 87/014.
- SOARES H.M., CARDENAS B., WEIR D., SWITZENBAUM M.S. (1995)
Evaluating pathogen regrowth in biosolid compost.
Biocycle, 36, 70-76.
- STRAUCH D. (1992)
Hygienic aspects related to treatment and use of organic sludge and sanitary aspects of spreading of slurries and manures.
In « Treatment and use of sewage sludge and liquid agricultural wastes ». Ed Hall, L'Hermitte, Newman, 230 p.
- STRAUSS M., CROSS P. (1985)
Health aspects of night soil and sludge use in agriculture and aquaculture Part II Pathogen survival.
IRCWD Report n°04/85, 87 p.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds135f.html>, rubriques salmonella spp., salmonella typhi et salmonella paratyphi, mai 2001.

Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire n° 14/2003.

Institut Pasteur, <http://www.pasteur.fr/externe2.html>, rubrique salmonelloses, mars 2002.

Institut Pasteur, *Le grand retour des maladies infectieuses*, dossier de presse, Avril 2002.

Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.

Cadiergues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*, thèse doctorale, juin 2000.

Bigot V., Bourmeau E., Legeas M., *Le compostage et son effet hygiénisant*, ADEME Journées techniques des 5 et 6 juin 1997.

Colin F., NANCIE, *Micropolluants organiques et germes pathogènes dans les boues d'eaux résiduelles*, rapport final, juin 2000.

Ducray F., A. Huyard, Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux, *Impact du futur projet européen sur la valorisation des boues en agriculture, campagne d'analyses sur 60 boues de STEP*, mars 2002.

Bonnard R., INERIS, *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, 2001.

Dénomination

- GROUPE : Bacilles à gram négatif anaérobies facultatifs
- FAMILLE : *Enterobacteriaceae*
- ESPÈCE TYPE :
 - Nom français : *Shigella dysenteriae*
 - Nom anglais : *Shigella dysenteriae*
- PATHOLOGIE :
 - Français : shigellose
 - Anglais : shigellosis

Caractéristiques

Le genre *Shigella* regroupe des bacilles à Gram négatif, toujours immobiles. Sur la base de caractères antigéniques et de propriétés biochimiques, ce genre comporte 4 espèces :

- *Shigella dysenteriae* responsable de la dysenterie bacillaire.
 - *Shigella flexneri*
 - *Shigella boydii*
 - *Shigella sonnei*
- responsables d'entérites infectieuses

Réglementation française

Répartition géographique

Répandues dans le monde entier, les épidémies se produisent dans les endroits surpeuplés où les conditions sanitaires sont médiocres. La shigellose, ou dysenterie bacillaire sévit surtout dans les régions tropicales, où elle est endémique toute l'année, avec des poussées épidémiques à certaines saisons ou lors de désastres humanitaires (guerres, camps de réfugiés). Dans les pays développés, ce sont majoritairement les espèces *Shigella sonnei* et *flexneri* qui sont en cause. Dans les pays en voie de développement *Shigella dysenteriae* et *Shigella boydii* sont le plus souvent isolés. Ce pathogène présente un intérêt sanitaire en métropole et en Guyane, Martinique, Guadeloupe, Mayotte, Réunion.

Gamme d'hôtes

Homme, primates (des épidémies sont survenues dans des colonies).

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Pathogénicité et gravité de la maladie

Les *Shigella* sont des bactéries strictement humaines douées de pouvoir invasif et destructif pour la muqueuse intestinale. La forme la plus grave est la dysenterie bacillaire due à *Shigella dysenteriae*. Elle débute brusquement après une incubation de 2 à 3 jours par des coliques abdominales diffuses avec fièvre à 39-40°C et des vomissements. Après quelques heures de diarrhée liquide se constitue en 24 heures le syndrome dysentérique c'est-à-dire l'émission de selles très nombreuses glaireuses, purulentes et sanglantes accompagnées de douleurs abdominales vives, d'épreintes et de ténésme. Il en résulte une déshydratation. L'évolution peut être mortelle chez les malades en état de moindre défense (sous-alimentés) mais habituellement elle se fait vers la régression en quelques jours.

La gravité de la maladie varie selon la nature de l'hôte, la dose et le sérotype. Le taux de létalité des infections à *S. dysenteriae* peut atteindre 20 % chez les malades hospitalisés alors que celui des infections à *S. sonnei* est négligeable. *S. flexneri* provoque une polyarthrite réactionnelle (syndrome de Reiter) chez certains patients.

Des diarrhées plus ou moins sévères sont dues aux autres shigelles et peuvent présenter une certaine gravité chez l'enfant et le sujet âgé. Les deux tiers des cas et la plupart des décès surviennent chez les enfants de moins de 10 ans.

En France, le taux de mortalité est de 0,2 % dans la population générale.

Populations sensibles

Enfants, personnes âgées.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

L'homme est à la fois réservoir et hôte naturel du genre *Shigella*. Les *Shigella* sont éliminées par les matières fécales des sujets infectés à raison de 10⁶/g de fèces. Les porteurs sains (convalescents portage 3 à 10 semaines, entourage du malade) sont assez fréquents ; chez ceux-ci l'élimination est discontinue.

Des épidémies sont survenues dans des colonies de primates.

Voies d'exposition

Transmission directe ou indirecte par voie fécale-orale à partir d'un malade ou d'un porteur; les mauvaises pratiques d'hygiène contribuent à propager l'infection de façon directe, par contact physique, ou de façon indirecte, par contamination des aliments; la transmission par l'eau, le lait, les blattes et les mouches peut survenir par suite de la contamination fécale directe; transmission sexuelle chez les hommes homosexuels.

Fréquence, incidence de la maladie

La shigellose n'est pas la plus fréquente des maladies diarrhéiques mais, dans sa forme typique dysentérique, est sans aucun doute la plus sévère : chaque année, elle tue en effet entre 600 000 et 1 million de personnes dans le monde, pour l'essentiel des enfants de moins de 5 ans.

Les principales épidémies liées dans le monde sont regroupées dans le tableau n°1.

Tableau n°1 : Principales épidémies à *Shigella spp*

Année	Pays	Nombre de cas	Type de contamination
1961-1980	USA	5593 414	<i>Shigella sonnei</i> origine hydrique <i>Shigella flexneri</i> origine hydrique
1966	Ecosse	2000	<i>Shigella sonnei</i> origine hydrique insuffisance de chloration
1970	Amérique centrale	112000 (13000 décès)	origine hydrique contamination eaux souterraines par eaux usées
1985	Israël	9000	origine hydrique
1988	France	826	
1989	Canada	1305	
1990	France (Normandie)	800 1 décès	<i>Shigella sonnei</i> origine hydrique pollution captage après fortes pluies
1994	France (Ain)	60	<i>Shigella sonnei</i> origine hydrique baignade dans lac
1996	France (Ile de France)	153 dont 77% enfants < 15 ans	<i>Shigella sonnei</i> origine sans doute alimentaire

Dans nos régions, de petites épidémies à *S. sonnei* peuvent survenir dans des collectivités de jeunes enfants ou à l'occasion de contaminations accidentelles d'un système d'adduction d'eau par un égout.

En 2000, en France, 925 cas ont été recensés, majoritairement autochtones (quelques cas importés).

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

La Dose Minimale Infectante (DMI) est estimée entre 10¹ et 10² *Shigella*, par ingestion. Elle serait plus élevée pour les espèces autres que *Shigella dysenteriae* (par exemple DMI de 10³.10⁴ pour *Shigella flexneri*).

Le taux d'attaque secondaire est de 10-40 % dans les familles.

Concernant la relation dose effet, il existe une loi bêta-poisson pour *Shigella dysenteriae et flexnerii* (N₅₀=1120 ; alpha=0,21)

Traitement

A la différence des autres maladies diarrhéiques, la shigellose ne peut être traitée par la seule réhydratation. En effet, la bactérie envahit la muqueuse du colon et provoque une réaction inflammatoire qui conduit à la destruction des tissus infectés voire à des complications à distance. Les antibiotiques permettent généralement une guérison rapide et sans séquelles. Cependant, ce traitement est compliqué par l'émergence de souches multirésistantes, particulièrement de *S. flexneri* et *S. dysenteriae* 1. Comme pour toutes les maladies diarrhéiques, le traitement prophylactique repose sur l'amélioration des conditions d'hygiène. Ces améliorations sont malheureusement illusoires dans de nombreuses régions du monde, avec l'augmentation rapide des populations, en particulier urbaines. D'où l'importance et l'urgence du développement d'un vaccin.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Dans les eaux, l'identification des *Shigella* est pratiquée par des laboratoires d'analyses, les méthodes utilisées n'étant cependant pas normées.

Il existe des protocoles normalisés de dénombrement des entérobactéries :

Norme NF ISO 7402 (1993) - Microbiologie, directives générales pour le dénombrement sans revivification des entérobactéries, technique du nombre le plus probable.

Norme NF ISO 8523 (1992) - Microbiologie, directives générales pour la recherche des entérobactéries avec pré-enrichissement.

Norme NF V08-054 (1999) - Microbiologie alimentaire, dénombrement des entérobactéries par comptage des colonies à 30 °C, méthode de routine.

Ce sont ces protocoles (incorporation en gélose + confirmation) qui sont utilisés pour la recherche et le dénombrement des entérobactéries dans des boues, sols, composts et amendements organiques.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

• Sensibilité à la température

Les *Shigella* sont tuées par chauffage 1 heure à 60°C. L'influence du couple temps température est représentée sur la figure n°1.

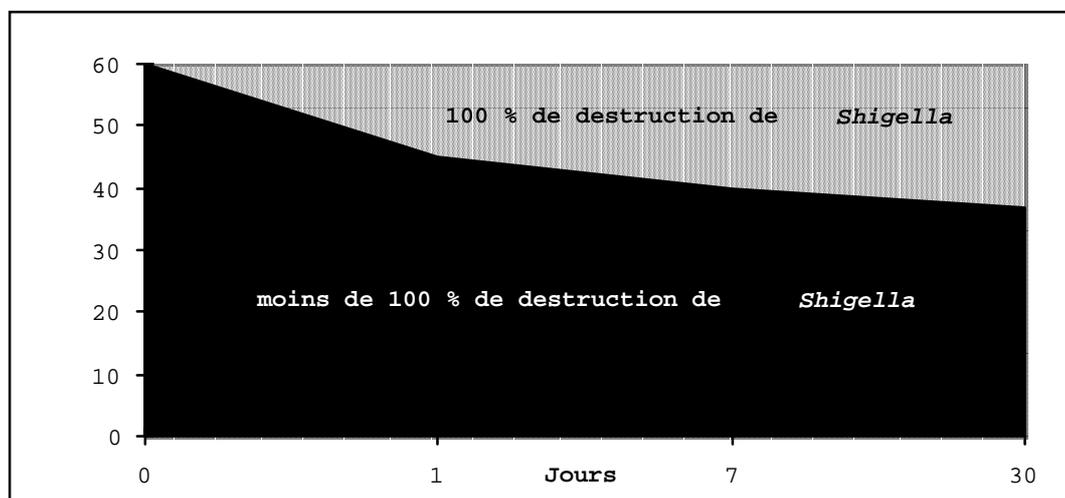


Figure n°1 : Influence du couple temps température sur la survie de *Shigella spp*

- **Sensibilité à des désinfectants** : sensible à de nombreux désinfectants - hypochlorite de sodium à 1 %, éthanol à 70 %, glutaraldéhyde à 2 %, iode, composés phénolés, formaldéhyde

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

La résistance des *Shigella* dans le milieu extérieur est variable, mais souvent relativement faible.

- **Survie dans les eaux**

Elle dépend de divers facteurs tels que la présence de nutriments et/ou de divers microorganismes, la teneur en oxygène... (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Survie de *Shigella spp* dans les eaux

Type d'eaux	Température	Survie	Commentaires
Eaux non polluées	> 20°C	< 14 j	
Eaux non polluées	< 10°C	quelques semaines	
Eau de rivière	19-24°C	jusqu'à 21 j	contamination artificielle avec <i>Shigella flexneri</i>
Eau de rivière autoclavée	19-24°C	jusqu'à 50 j	
Eau de source	19-24°C	9 j	
Eau de source polluée	19-24°C	6 j	
Eau du robinet autoclavée	19-24°C	14 j	
Eau stérilisée	11-28°C	jusqu'à 90 j	contamination artificielle avec <i>Shigella dysenteriae</i>
Eau de mer	15°C	de 15 à 70 j	
Eau de mer synthétique	4°C	< 6 j	contamination artificielle avec <i>Shigella dysenteriae</i>

• **Survie dans les eaux usées, boues et leurs sous produits**

Peu de données sont disponibles mais généralement la survie est augmentée à basse température, pour des pH élevés, et lorsque le dopage est réalisé à partir d'eaux usées ou de boues préalablement stérilisées (Tableau n° 3).

Tableau n° 3 : Survie de *Shigella spp* dans les eaux usées, les fèces, les boues et leurs sous produits

Type de prélèvement	Température	Survie
Matières fécales	20-30°C	moyenne 10 j maximum 30 j
Boues		destruction très rapide
Effluent fosse septique		< 6 jours
Effluent traitement conventionnel sans traitement 3aire		élimination 90 à 99 %
Effluent bassin stabilisation		élimination > 99 %
Compost	50°C	5 jours

• **Survie dans les sols, sur les récoltes**

Les informations très fragmentaires et souvent anciennes sont regroupées dans le tableau n° 4.

Tableau n° 4 : Survie de *Shigella spp* dans les sols et sur les récoltes

Type de prélèvement	Survie
Sol	maximum 30 jours
Végétaux comestibles	
• t° 25°C (atmosphère sèche)	< 2 à 3 jours
• t° 15°C (atmosphère humide)	< 10 jours

Une température élevée, l'action de la lumière solaire, une atmosphère sèche sont des facteurs défavorables à la survie des *Shigella spp*.

Transmissions secondaires

Pathologie transmissible au cours de la phase aiguë de l'infection et tant que l'organisme n'est pas disparu des fèces, c'est-à-dire 4 semaines environ après la maladie. Les porteurs asymptomatiques peuvent transmettre l'infection. L'état de porteur peut subsister pendant des mois ou plus longtemps (rarement).

Le rôle possible des mouches comme vecteur a été parfois signalé.

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME. Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

- | | |
|---|---|
| Anonyme (1996)
Epidémie de shigellose en région parisienne.
B.E.H., 35, 153. | LECLERC H., MOSSEL D.A.A. (1989)
Microbiologie, le tube digestif, l'eau et les aliments.
Ed. Doin, 529 p. |
| CRAUN G.F. (1990)
Waterborne disease outbreaks.
EPA/600/1-90/005b, 95 p. | MARTIN G. (1985)
Point sur l'épuration et le traitement des effluents : 2.1.
Bactériologie des milieux aquatiques.
Ed. Lavoisier Tec Doc, 322 p. |
| DUBOIS M.C., TRACO L. R. (1996)
Une épidémie de shigellose liée à la baignade dans un lac.
B.E.H., 19, 85-86. | TULCHINSKY T.H., BURLA E., HALPERIN R., BONN J.,
OSTROY P. (1993)
Water quality, waterborne disease and enteric disease in
Israel, 1976-1992.
Isr. J. Med. Sci., 29, 783-790. |
| DUCHEMIN J. (1993)
Epidémie hydrique : une shigelle dans l'eau potable.
B.E.H., 45, 205-206. | |

Autres éléments bibliographiques

- Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds139f.html>, rubrique shigella spp., avril 2001.
- Institut Pasteur, <http://www.pasteur.fr/actu/presse/documentation/>, rubrique shigelloses, Mars 2002.
- Institut Pasteur, *Le grand retour des maladies infectieuses*, dossier de presse, Avril 2002.
- Bonnard R., INERIS, *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, 2001.

Dénomination

- GROUPE : Coques à gram positif
- FAMILLE : *Micrococcaceae*
- ESPÈCE TYPE
 - Nom français : Staphylocoque doré
 - Nom anglais : *Staphylococcus aureus*
- PATHOLOGIE
 - Nom français : Staphylococcie
 - Nom anglais : Staphylococcia

Caractéristiques

Les staphylocoques sont des cocci à gram positif, de forme sphérique et d'un diamètre variant de 0,5 à 1,5 µm, immobiles. Ils se présentent en petits amas disposés « en grappe de raisin ». Ce genre comporte 32 espèces, les unes pathogènes, les autres non pathogènes, dont *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus*.

Réglementation française

Les *Staphylococcus aureus* sont visés par la réglementation.

- Ils font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Ils doivent être < 10 par gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales, les cultures florales, les légumes et les fraises. La méthode d'analyse utilisée doit être celle préconisée par la norme NF V08-057-1/2 (1994).

Répartition géographique

Cosmopolite, cette pathologie présente un intérêt sanitaire en France.

Gamme d'hôtes

L'homme et, dans une moindre mesure, les animaux à sang chaud.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Les infections provoquées par les staphylocoques pathogènes sont essentiellement caractérisées par des lésions suppuratives et nécrotiques. Les staphylocoques peuvent être responsables :

- d'infections cutanées et muqueuses : furoncle, panaris, abcès, impétigo...
- d'infections de la sphère ORL, sinusites, otites ...
- d'intoxications alimentaires,
- d'autres infections à localisation variée (ostéoarticulaires, cardiaques, vasculaires...).

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Le réservoir essentiel est l'homme lui-même. De 30 à 50 % de sujets sains hébergent le staphylocoque au niveau des fosses nasales mais aussi de la gorge, de la peau (mains, périnée). Le portage intestinal est fréquent chez 20 à 30 % d'adultes et 80 % des nouveaux-nés. Au niveau des fèces, environ 10³ à 10⁵ *Staphylococcus spp* sont excrétés par gramme. Ce sont exceptionnellement des espèces pathogènes.

En dehors de l'homme, ce microorganisme est retrouvé dans l'environnement (eau, terre) et dans des aliments contaminés. La staphylococcie est une zoonose (contact direct ou indirect avec les animaux infectés).

Voies d'exposition

La transmission peut être directe à partir des réservoirs et de toutes les lésions staphylococciques ouvertes notamment cutanées et muqueuses (contact avec les porteurs qui hébergent l'organisme dans les fosses nasales (30-40 % de la population) ; contact avec les écoulements de lésions ou les sécrétions purulentes ; transmission de personne à personne ; transmission de la mère à l'enfant pendant l'accouchement).

La transmission indirecte est fréquente en raison de la résistance du staphylocoque dans le milieu extérieur via l'air et les poussières, les objets usuels, beaucoup plus exceptionnellement l'eau (piscines notamment avec comme conséquence sinusites, otites...) et les aliments contenant l'entérotoxine staphylococcique (les aliments peuvent être contaminés par les mains des personnes qui les manipulent).

Fréquence, incidence de la maladie

Répandu dans le monde entier, il survient particulièrement dans les endroits où l'hygiène personnelle laisse à désirer. Il existe dans les hôpitaux où se développent des souches résistantes aux antibiotiques.

687 cas de TIAC à staphylocoques ont été déclarés en France en 1998.

Seules quelques informations sporadiques concernant des pathologies cutanées ou ORL liées à la fréquentation de lieux de baignades (piscines) ou de bains bouillonnants (jacuzzi, spas...) sont disponibles.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

La Dose Minimale Infectante (DMI) pour provoquer sur peau saine, une infection chez l'homme est élevée (environ 10^6 bactéries) ; en revanche sur une peau comportant des lésions préexistantes 10^2 bactéries suffisent. De plus, la virulence des souches varie énormément.

Traitement

Aucun.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

L'analyse des staphylocoques passe par plusieurs étapes : détection (enrichissement si nécessaire, isolement sur milieux de culture sélectifs), dénombrement (isolement sur milieu solide et incubation), identification (test de la coagulase, PCR).

Dans le domaine des eaux, le protocole de dénombrement des staphylocoques utilisé par les laboratoires d'analyse est préconisé par la norme NFT 90-421.

Dans le domaine alimentaire, ce sont les normes suivantes qui sont concernées :

Norme NF EN ISO 6888 (1999) - Microbiologie des aliments, méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces).

Norme NF V08-057-1 et 2 (1994) - Microbiologie des aliments, méthode de routine pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive par comptage des colonies à 37 degrés Celsius, technique avec confirmation des colonies et technique sans confirmation des colonies.

Ce sont ces protocoles normalisés qui sont utilisés par les laboratoires d'analyse pour le dénombrement des *Staphylococcus aureus* dans les échantillons de boues, sols, amendements organiques et composts.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Concernant les boues d'épuration, les staphylocoques pathogènes ont déjà été mesurés à environ $10^{2,57}$ UFC/g. Dans les déchets verts, ils ont déjà été mesurés à environ $10^{1,55}$ UFC/g.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

• Température

La résistance à la chaleur est variable : 1 heure à 62°C ou 2 heures à 55°C tuent habituellement une suspension de staphylocoques.

• Résistance aux désinfectants

Le formol à 3 %, l'eau oxygénée à 1 % détruisent les staphylocoques en quelques minutes.

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Les données concernant le devenir des staphylocoques dans le milieu hydrique (eaux usées, boues, eaux de surface, sol) sont quasiment inexistantes.

La résistance des staphylocoques dans le milieu extérieur est très faible. Ils n'y survivent pas.

Transmissions secondaires

Tant qu'il y a écoulement de pus des lésions ou tant que persiste l'état de porteur, la pathologie est transmissible. L'auto-infection peut se poursuivre pendant la phase de colonisation nasale ou pendant toute la période où les lésions sont actives. Aucun vecteur de transmission.

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

KOWA L. N.E. (1982)
Health effects of land treatment microbiological.
EPA-600 / 1 - 82-007

FERRON A. (1994)
Bactériologie médicale.
Ed. C et R., 472 p.

SCHLEIFER K.H. (1986)
Family 1, Micrococcaceae.
In Bergey's Manual of Systematic Bacteriology.
Ed Williams, Wilkins, p. 1003-1005.

ROTILY M., POTELON J.L. (1991)
Les pathologies liées aux bains dans les spas collectifs.
B.E.H., 46, 199-200.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspssp/msds-ftss/msds143f.html>, rubrique staphylococcies, mars 2002.

Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire n° 15/2001.

Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.

Cadiergues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*, thèse doctorale, juin 2000.

Bigot V., Bourmeau E., Legeas M., *Le compostage et son effet hygiénisant*, ADEME Journées techniques des 5 et 6 juin 1997.

SOURCE PRINCIPALE : ADEME,
*Les agents biologiques d'intérêt
sanitaire des boues d'épuration
urbaines, 1999.*

Dénomination

- GROUPE : Bacilles à gram négatif, anaérobies facultatifs
- FAMILLE : *Enterobacteriaceae*
- GENRE : *Yersinia*
- ESPÈCE TYPE :
 - Nom français *Yersinia enterocolitica*
 - Nom anglais *Yersinia enterocolitica*
- PATHOLOGIE :
 - Français Yersiniose
 - Anglais Yersiniosis

Caractéristiques

Yersinia enterocolitica est un petit bacille gram négatif de 0,9 - 3,5 µm de long et de 0,5 - 1,2 µm de diamètre, non capsulé, non sporulé. La caractéristique dominante et originale réside dans son métabolisme thermodépendant. Germe psychrophile, *Yersinia enterocolitica* peut se multiplier à des températures comprises entre 4° et 42°C. Ce microorganisme est mobile grâce à une ciliature péritriche constituée de 2 à 15 flagelles. La mobilité s'exprime de 22 à 30°C ; au delà de 37°C la bactérie devient immobile (comme *Listeria*).

Réglementation française

Répartition géographique

Bactérie répandue dans le monde entier.
Pathogène d'importance sanitaire en France.

Gamme d'hôtes

Y. enterocolitica a été isolé d'une grande variété d'animaux asymptomatiques (épidémies mortelles chez les chinchillas) : animaux de compagnie - chatons et chiots malades - porcs.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Chez l'homme, *Yersinia enterocolitica* est responsable de pathologies variées mais les manifestations digestives sont les plus fréquentes. L'entérite s'observe le plus souvent chez l'enfant de moins de 5 ans et se traduit par une diarrhée, de la fièvre (38° - 38,5 °C), des vomissements, des douleurs abdominales.

Chez l'enfant de plus de 5 à 6 ans et chez les jeunes adultes, est décrit un syndrome abdominal fébrile pouvant simuler une appendicite avec des complications de type articulaire (arthrite) ou cutanées.

Populations sensibles

Les deux tiers des infections à *Y. enterocolitica* surviennent chez les nourrissons et les jeunes enfants.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Yersinia enterocolitica, est un germe mis en évidence à la fois chez l'homme et dans de nombreuses espèces animales (porc, bétail, chien, chat, rongeurs sauvages, lièvre, oiseaux, poissons). Il a été démontré que les moules et les huîtres concentrent ces bactéries qui pourtant ne se multiplient pas en eau de mer. L'infection à *Yersinia enterocolitica* est donc une saprozoonose avec un réservoir commun constitué par le milieu extérieur.

C'est un germe très cosmopolite isolé dans la plupart des pays. Le réservoir naturel est constitué par le sol, l'eau et les végétaux à partir desquels se contaminent les petits mammifères (rongeurs sauvages) et les oiseaux, eux mêmes

responsables de la contamination des autres espèces animales (herbivores et carnivores). Une notion importante domine l'écologie et l'épidémiologie de ce microorganisme : l'adaptation.

En effet, en fonction de leur hôte, il existe une variabilité des souches qui se traduit par des modifications portant sur l'équipement enzymatique, le pouvoir pathogène, la résistance aux antibiotiques...

Cette adaptation est étroitement liée aux modifications du milieu et disparaît avec celles-ci. Ainsi les milieux extérieurs hébergent des souches « non adaptées » c'est-à-dire présentes chez de nombreuses espèces animales ainsi que dans les aliments, le sol, les eaux... A l'opposé les souches rencontrées dans les manifestations cliniques chez l'homme seraient des souches « adaptées » elles mêmes absentes dans les milieux extérieurs. En fait, les souches non adaptées peuvent être considérées comme des souches pathogènes en puissance en attente de conditions adéquates pour s'adapter à l'homme. Elles sont d'ailleurs déjà isolées chez les porteurs sains.

La yersiniose est une zoonose.

Voies d'exposition

L'homme s'infecterait par voie fécale - orale et deux modes de contamination sont décrits :

- l'ingestion d'aliments souillés : lait et dérivés, viandes et charcuteries notamment celles préparées à partir du porc, végétaux consommés crus, eaux.
- le contact avec des personnes ou des animaux domestiques (chats, hamsters...) hébergeant des *Yersinia* dans leur tube digestif. Ce dernier mode de contamination n'est pas formellement prouvé.

Des cas de transmission nosocomiale ont été signalés. Des cas de transmission par des produits sanguins infectés ont été signalés.

Fréquence, incidence de la maladie

Les épidémies sont liées aux hôpitaux et aux écoles, de même qu'aux véhicules contaminés (lait).

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

Une expérience réalisée chez un volontaire humain indique une Dose Minimale Infectante de $3,5 \cdot 10^9$ microorganismes ingérés. Il semblerait qu'en conditions naturelles, la DMI soit plus faible (10^6 organismes).

Si la voie de contamination est orale, il a été suggéré pour infecter l'homme que le germe devrait accroître sa virulence par passage à basse température.

Traitement

L'antibiothérapie peut être utile dans le traitement des symptômes gastro-intestinaux. Elle est nettement indiquée en présence de septicémie ou d'autres affections envahissantes.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

La détection passe par deux étapes : détection sur milieux solides (isolement sur gélose, incubation) puis enrichissement, mais aucune méthode ne semble jusqu'à présent pouvoir être suffisamment fiable pour isoler ou enrichir les souches pathogènes et défavoriser les souches non pathogènes. La détection de ces bactéries est réalisée par des laboratoires d'analyse des eaux.

En milieu alimentaire, la norme encadrant ce type d'analyses est la norme Norme NF ISO 10273 (1995) - Microbiologie, directives générales pour la recherche des *Yersinia enterocolitica* présumées pathogènes.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Etant donné la multiplicité des réservoirs de germes, cette bactérie va être fréquemment retrouvée dans l'environnement (Tableau n° 1).

Tableau n° 1 : Niveau de contamination dans les différents types d'eaux par *Yersinia enterocolitica*

Types d'eaux	% d'échantillons positifs	Nombre d'échantillons testés	Pays
Eaux potables	20 %	50	Norvège
Eaux de rivière Eaux de lacs	31 %	34	Danemark-Norvège
Eaux de surface et de source :			Québec
- Eaux traitées : Cl ₂ ou filtration	0 - 14,5 %		
- Eaux non traitées	0 - 49,1 %		
Eaux de surface Eaux de source	1,7 %	2588	Toronto
Eaux de rivière Eaux de réservoirs Eaux de source	47 % 11 % 1 %	125 26 563	Colorado
Eaux de rivière Eaux de lacs	29,4 %	34	Californie
Eaux usées brutes Eaux usées épurées	86,4 % 40 %	22 10	France
Boues	aucune donnée	aucune donnée	

Il faut souligner l'extrême hétérogénéité des résultats rendant toute conclusion difficile. Par ailleurs quelques auteurs comme dans l'étude effectuée au Colorado ont précisé que les souches de *Yersinia enterocolitica* isolées du milieu hydrique n'étaient pas des souches humaines. Enfin une seule étude effectuée en pilote (boues activées) fait état à partir d'une eau usée artificiellement contaminée à 10⁶ *Yersinia enterocolitica* / mL d'un pourcentage de disparition de 99,8 % à 5°C, 80 % à 20°C et 98 % à 30°C.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Cette bactérie est capable de croître dans une vaste gamme de température et à des pH compris entre 4 et 10. Elle tolère une concentration en NaCl jusqu'à 5 %. (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Rôle de différents paramètres sur *Yersinia enterocolitica*

Paramètres	Milieu	Commentaires
Température 4°C 25°C 37°C > 42°C	Eau distillée	Multiplication Multiplication Multiplication Non multiplication
4°C - 42°C		Multiplication possible
60°C	Lait	Destruction partielle en 1 à 3 minutes
75-80°C	Lait	Destruction partielle en quelques secondes
pH 4 - 10		Multiplication
Halophilie	NaCl 5 %	Multiplication

Sensibilité aux désinfectants : pathogènes sensibles à de nombreux désinfectants - hypochlorite de sodium à 1 %, éthanol à 70 %, iode, composés phénolés, glutaraldéhyde, formaldéhyde.

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Globalement, *Yersinia enterocolitica* résiste bien dans le milieu extérieur.

Yersinia enterocolitica a une survie dans l'eau variable en fonction des conditions expérimentales de 2 à 197 jours (Tableau n° 3). Elle peut survivre plus d'un an dans le sol.

Tableau n° 3 : Survie de *Yersinia enterocolitica* dans l'environnement

Conditions expérimentales	Température ou saison	Survie
Eau surface non filtrée	Printemps Été	38 jours. 7 jours.
Eau surface filtrée	Printemps Été	197 jours. 184 jours.
Eau stérilisée saline (NaCl 0,5 à 3,5 %) Contamination artificielle (10 ⁷ /mL)	25°C 37°C	Abattement 6 log en 24 h. Survie 4 jours.
Eau robinet Contamination artificielle (10 ³ /mL)	18 - 20°C	7 jours.
Eau lac Contamination artificielle (10 ³ /mL)	18 - 20°C	28 jours.
Eau lac Contamination massive		77 jours.
Eau rivière	5 - 8,5°C	Abattement 2 log en 14 jours.
Eau rivière • Contamination artificielle (10 ⁵ - 10 ⁷ /mL)		Survie 3 jours.
Eau de mer		1 - 3 jours.
Eau de source (pauvre en matières organiques)		75 jours.
Eau (riche en matières organiques)		Survie beaucoup plus longue.

Une autre étude (M. Olson, université de Calgary, 2001) indique des temps de survie de plus d'un an dans une eau à 5 ° C et dans des sols à 5 °C.

Transmissions secondaires

L'organisme est éliminé dans les selles tant que les symptômes sont présents. Les cas non traités peuvent excréter l'organisme pendant 2 à 3 mois. Le portage chronique existe.

Variations saisonnières

La fréquence la plus élevée serait observée au cours de la saison froide dans les climats tempérés. Néanmoins, certains auteurs relèvent une plus grande fréquence en été et en automne.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME. Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

- | | |
|---|---|
| <p>AGBALIKA F., HARTEMANN P. et FOLIGUET J.M. (1983)
Survie in vitro de <i>Yersinia</i> dans les eaux d'alimentation et récupération par filtration sur membrane.
Water Res., 17, 1763-1768.</p> <p>ALEKSIC S., BOCKEMÜHL J. (1988)
Serological and biochemical characteristics of 416 <i>Yersinia</i> strains from well water and drinking water plants in the Federal Republic of Germany : lack of evidence that these strains are of Public health importance.
Zbl Bakt Hygiene B, 185, 527-534.</p> <p>CHAO W.L., DING R.J., CHEN R.S. (1988)
Survival of <i>Yersinia enterocolitica</i> in the environnement.
Can. J. Microbiol., 34, 753-756</p> | <p>FEACHEM R.G., BRADLEY D.J., GARELICK H., MARA D.D. (1983)
Sanitation and disease. health aspects of excreta and wastewater management.
Ed. Wiley, p. 327-330.</p> <p>HARVEY S., GREENWOOD J.R., PIKETT M.J. et MAH R.A. (1976)
Recovery of <i>Yersinia enterocolitica</i> from streams and lakes of California.
Appl. Environ. Microbiol., 32, 352-354.</p> <p>KAPPERUD G. et JONSSON B. (1978)
<i>Yersinia enterocolitica</i> et bactéries apparentées isolées à partir d'écosystèmes d'eau douce en Norvège.
Med. et Mal. Infect., 8, 500-506.</p> |
|---|---|

LAURENT B. (1990)
Yersinia enterocolitica et eaux usées.
Thèse Faculté de Pharmacie, Nancy, 54 p.

MAGET H. (1987)
Recherche de *Yersinia enterocolitica* dans les eaux usées de
la station d'épuration de Maxéville.
Thèse Faculté de Pharmacie, Nancy, 104 p.

MARTIN G. (1985)
Le point sur l'épuration et le traitement des effluents.
Ed. Tec et Doc Lavoisier, vol 2.1., 322 p.

MENSIRE P. (1982)
Yersinia enterocolitica : son importance dans les aliments.
Thèse Ecole Nationale Vétérinaire, Alfort, 82 p.

ROSE J.B. (1986)
Microbial aspects of wastewater reuse for irrigation
Critic. Rev. Environm. Control. , 16, 231-256

WEBER G., MANAFI M., REISINGER H. (1987)
Importance of *Y. enterocolitica* and thermophilic
campylobacters in water hygiene.
Zbl. Bakt Hyg. B, 184, 501-514.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds168f.html>, février 2001.

SOURCE PRINCIPALE : ADEME,
*Les agents biologiques d'intérêt
sanitaire des boues d'épuration
urbaines*, 1999.

Dénomination

- FAMILLE : *Picornaviridae*
- GENRE: *Enterovirus*
- ESPÈCES :
 - virus poliomyélitiques (*Poliovirus*) : 3 sérotypes
 - virus coxsackie (*Coxsackievirus*)
 - Coxsackie A : 23 sérotypes
 - Coxsackie B : 6 sérotypes
 - virus Echo (*Echovirus*) : 32 sérotypes
 - Entérovirus 68 à 71 (*Enterovirus*)

Caractéristiques

- Virus nus :
 - capside icosaédrique (4 protéines : VP₁, VP₂, VP₃, VP₄),
 - génome à ARN monocaténaire à polarité positive.
- Taille : 22 à 30 nm,
- Invisibles en microscopie photonique (optique),
- Visibles en microscopie électronique.

Réglementation française

L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) définit pour les boues hygiénisées une teneur maximale en *Enterovirus* de 3 NPPUC / 10g MS.

Répartition géographique

Les entérovirus sont largement répandus dans le monde entier.

Cas particulier de la poliomyélite : L'élimination de cette maladie (par la vaccination) de la région Europe de l'OMS a été certifiée en Juin 2002. La maladie a également disparu à la Réunion grâce à la vaccination. Des foyers persistent encore en Afrique et dans le sous-continent indien. La pathologie reste d'importance sanitaire en Guadeloupe, Martinique, Guyane, Mayotte.

Gamme d'hôtes

L'homme.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Pathogénicité et gravité de la maladie

• Infection

- Après pénétration du virus par voie orale le virus se multiplie dans le tissu lymphoïde du pharynx et au niveau de l'intestin (plaques de Peyer)
- La plupart des infections provoquées par les entérovirus sont inapparentes et se produisent pendant l'enfance.

• Maladie

Les entérovirus peuvent être responsables d'une pathologie très variée allant de l'infection inapparente jusqu'à une maladie mortelle (Tableau n° 1). La plupart des individus infectés ne présentent pas de symptômes cliniques.

Tableau n° 1 : Virus pathogènes pour l'homme susceptibles d'être rencontrés dans le milieu hydrique

Familles	Genres	Espèces	Sérotypes	Maladie provoquée
<i>Picornaviridae</i>	<i>Enterovirus</i>	Virus Poliomyélitique	3	Paralysie, méningite, fièvre, poliomyélite.
		Virus Coxsackie A	23	Méningite, infection respiratoire, herpangine.
		Virus Coxsackie B	6	Myocardite, éruption cutanée, fièvre, méningite, infection respiratoire, pleurodynie.
		Virus Echo	32	Méningite, infection respiratoire, éruption cutanée, fièvre, diarrhée.
		<i>Entérovirus 68 à 71</i>	4	Méningite, encéphalite, atteinte des voies respiratoires, conjonctivite hémorragique.

• Taux de mortalité

Le taux de mortalité provoqué par des entérovirus est très faible. Son estimation est de 0,29 % pour l'échovirus, de 0,12 à 0,5 % pour le coxsackievirus A, de 0,6 à 0,94 % pour le coxsackievirus B et de 0,9 % pour le poliovirus.

Populations sensibles

Coxsackievirus : enfants de moins de 10 ans.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Les enfants représentent les éléments disperseurs et le principal réservoir de virus.

Voies d'exposition

- Coxsackievirus : contact direct avec sécrétions nasales, voie oro fécale, inhalation d'aérosols infectés.
- Echovirus : voie oro-fécale.

Ainsi, la transmission à l'homme est le plus souvent directe d'un individu infecté à un individu sain, mais elle peut être indirecte par consommation d'eaux souillées, de coquillages élevés dans des zones insalubres et éventuellement de produits maraîchers irrigués avec des eaux usées. La transmission des entérovirus par l'eau d'alimentation est possible et a été constatée à plusieurs reprises. Plusieurs cas de maladies à poliovirus, coxsackie virus et echovirus d'origine hydrique ont été rapportés dans la littérature.

Les entérovirus se multipliant dans le tractus digestif, ils sont rejetés dans les selles de toutes les personnes infectées. La durée d'excrétion virale est variable selon les virus. Ainsi pour les poliovirus l'excrétion commence 24 heures après le début de l'infection et peut persister pendant plusieurs mois.

Fréquence, incidence de la maladie

Répandues dans le monde entier, des épidémies à virus coxsackie, Echo et entérovirus 70 sont régulièrement constatées. La circulation de souches sauvages de poliovirus est extrêmement faible sinon nulle en France. Par contre on peut rencontrer des souches atténuées d'origine vaccinale.

- Coxsackievirus : répandus dans le monde entier, ils sont souvent à l'origine d'épidémies dans les garderies et les pouponnières.
- Echovirus : épidémies fréquentes dans les garderies.
- Poliovirus : L'élimination de la poliomyélite (par la vaccination) de la région Europe de l'OMS a été certifiée en Juin 2002. En France, le dernier cas autochtone date de 1989 et le dernier cas importé de 1995.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

La dose minimale infectieuse (DMI) est variable selon les sérotypes mais il existe un consensus pour admettre que la DMI est inférieure à 50 et de l'ordre de 10 à 15 particules infectieuses (Coxsackievirus : moins de 18 unités infectieuses par inhalation, Echovirus : 17 germes).

Il a été calculé la probabilité d'infection après exposition à un virus pour plusieurs entérovirus (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Probabilité d'infection par les entérovirus

Entérovirus	Probabilité d'infection après exposition à 1 virus
Poliovirus 1	1,5 10 ⁻²
Poliovirus 3	3,1 10 ⁻²
Echo 12	1,7 10 ⁻²

Concernant la relation dose effet, il existe une loi exponentielle pour *Poliovirus* (K=109,87).

Prophylaxie

- Vaccination pour les poliovirus :
 - Vaccin atténué (voie orale)
 - Vaccin inactivé (voie parentérale)
- Pas de vaccination pour les autres entérovirus.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

La recherche des *Enterovirus* peut se faire en routine. Il se fait en plusieurs étapes :

Extraction : Il n'existe pas de méthode universelle d'extraction des virus des boues, en raison des variations de composition et de texture de celles-ci, cependant toutes les méthodes sont fondées sur l'extraction virale par élution à pH alcalin (9 à 11,5).

Concentration : Les méthodes les plus utilisées actuellement sont les méthodes d'adsorption-élution et les méthodes d'ultrafiltration tangentielle.

Détection des virus : La détection des *enterovirus* dans le milieu hydrique peut être réalisée à l'aide de plusieurs techniques:

- Isolement sur cultures cellulaires *in vitro* ,
- Techniques de biologie moléculaire : hybridation moléculaire ou amplification par Polymerase Chain Reaction (PCR),
- Microscopie électronique,
- Immuno microscopie électronique,
- Techniques immunologiques.

La méthode de dénombrement préconisée par la réglementation est basée sur le dénombrement par la méthode NPPUC (Nombre le plus probable d'unités cytopathogènes) en culture sur cellules. C'est cette méthode (recherche et dénombrement sur 10 g de MS) qui est utilisée par les laboratoires d'analyse pour des échantillons de boues, sols, amendements organiques et composts. Mais cette méthode n'apparaît pas comme totalement fiable.

Désormais, des méthodes de biologie moléculaire, notamment d'amplification génique, permettent également de détecter et de quantifier les enterovirus dans l'environnement.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Les virus étant rejetés dans les selles, les entérovirus contaminent le milieu hydrique à partir des eaux usées comme il est indiqué dans la figure n° 1.

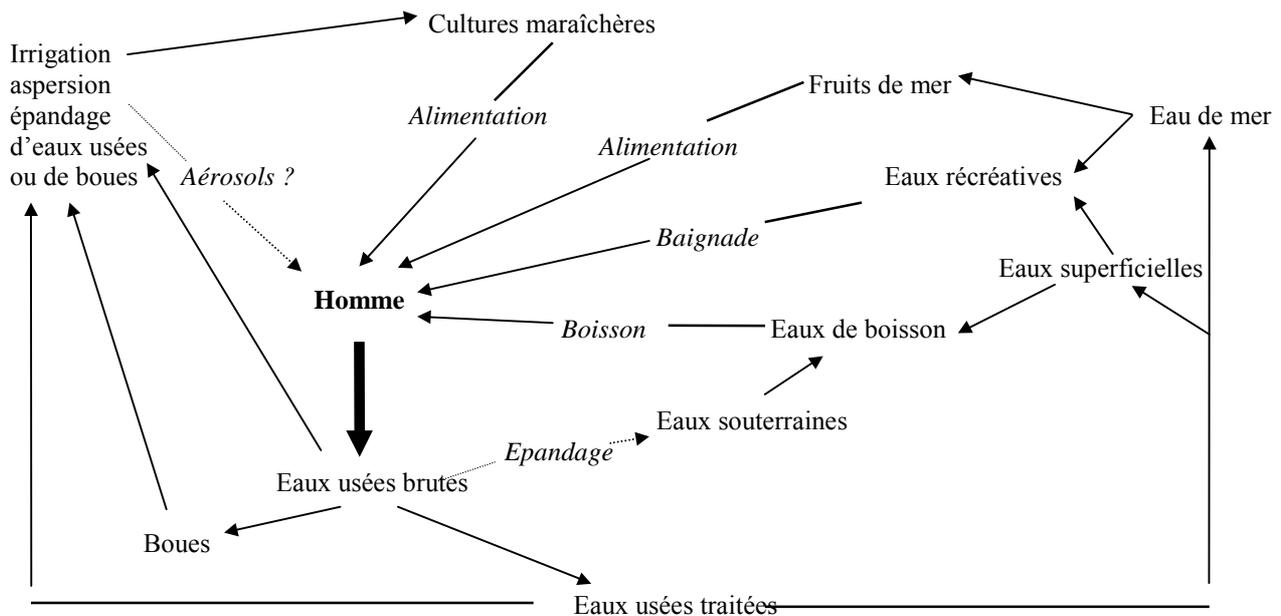


Figure n° 1 : Cycle de contamination virale du milieu hydrique

Dans les boues d'épuration, la recherche des virus entériques est généralement limitée à la mise en évidence des *Enterovirus*. Les densités virales rapportées dans la littérature sont variables, mais on constate que 100 % des échantillons contiennent des virus.

- Les virus sont détectés dans les boues dans des proportions qui varient selon l'origine des boues et les techniques d'extraction utilisées. Dans les boues n'ayant subi aucune stabilisation, la présence des *Enterovirus* varie de quantités non détectables à 10^5 particules par 10 g (M.S.) ou par 100 ml (M.H.) de boues.
- Les quantités d'entérovirus retrouvées dans le milieu hydrique varient selon le pays, la saison, le niveau socio-économique, la proportion d'enfants dans la population... On peut estimer qu'il y a en moyenne :

10^2 à 10^3 / L entérovirus → Eaux usées brutes

10^1 à 10^2 / L entérovirus → Eaux usées traitées

Dans les eaux superficielles (fleuves, rivières, lacs, mer) la quantité de virus présents dépend de l'intensité de la pollution fécale. Il est possible d'estimer que dans les zones soumises à contamination fécale, la quantité de virus est de l'ordre de :

10^1 / L dans les eaux douces,

1 à 10^1 / L dans les eaux de mer.

- Les sédiments fluviaux ou marins au niveau de zones plus ou moins polluées constituent d'importants réservoirs d'entérovirus. Ces virus y sont retrouvés à des densités 10 à 100 fois supérieures à celles de l'eau sus-jacente. Il n'est pas rare de trouver 10^2 voire 10^3 entérovirus / Kg de sédiments.
- En ce qui concerne les produits maraîchers irrigués par des eaux usées les informations sont rares mais des entérovirus ont été isolés sur des légumes irrigués (Pas de cas rapportés en France).
- Les coquillages, de par leur mode d'alimentation par filtration de grandes quantités d'eau, sont susceptibles de retenir et aussi d'accumuler des entérovirus dans leur appareil digestif. Il y a en fait un véritable cycle de bioaccumulation-relargage des virus chez les mollusques.

Des entérovirus pathogènes pour l'homme ont ainsi été isolés dans des coquillages élevés dans des zones maritimes contaminées.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

- Sensibilité à la chaleur :
Inactivés par chauffage à $+60^\circ\text{C}$ pendant 30 minutes
- Sensibilité au froid :
Résistent plusieurs mois à $+4^\circ\text{C}$
Stables à -20°C et à -80°C
- Sensibilité au pH :
Stables entre pH3 et pH10
- Sensibilité aux radiations :
Inactivés par les rayons ultra-violet
- Sensibilité aux désinfectants :
Inactivés par le formol (1%) et la β propiolactone

- Sensibilité aux oxydants :
Inactivés par les oxydants (chlore et dérivés, ozone...) à des doses très variables selon le milieu dans lequel ils se trouvent.

Tableau n° 3 : Dose théorique de désinfectant nécessaire pour l'inactivation de 99 % du Poliovirus de type 1 à 5°C

Désinfectant	C.T. 99*
Chlore libre	1,1 - 2,5 mg.min / L
Dioxyde de chlore	0,2 - 6,7 mg.min / L
Chloramine	770 - 3740 mg.min / L
Ozone	0,1 - 0,2 mg.min / L
U.V.	48 mW.s/cm ²

*Concentration en désinfectant (C) en milligrammes par litre multipliée par le temps de contact (T) en minutes pour obtenir l'inactivation de 99 % des microorganismes.

Résistance au traitement des déchets

Plusieurs types de traitement peuvent être appliqués aux eaux usées en vue de leur épuration. Leur influence sur le devenir des entérovirus est indiquée dans le tableau n° 4.

Tableau n° 4 : Pourcentage d'élimination virale au cours de traitements d'épuration d'eaux usées

TRAITEMENT	POURCENTAGE D'ELIMINATION DES VIRUS ENTERIQUES (%)
Sédimentation primaire	0 - 83
Lits bactériens	90 - 95
Boues activées	90 - 99
Bassins d'oxydation	90 - 99
Bassins de stabilisation	99,99
Fosse septique	50

Ces différents traitements sont susceptibles de provoquer une élimination plus ou moins rapide de la population entérovirale des boues, comme il est indiqué dans le tableau n° 5.

Tableau n° 5 : Elimination des virus entériques en fonction du mode de traitement des boues

TRAITEMENT	POURCENTAGE DE REDUCTION
Digestion anaérobie mésophile	88 à 98,6
Digestion anaérobie thermophile	99,9
Digestion aérobie mésophile	90
Digestion aérobie thermophile	99,7
Congélation/Décongélation	
Boues digérées aérobies	90
Boues digérées anaérobies	96,8

Par ailleurs, le traitement des boues par la chaux provoque une inactivation très importante des virus à condition que le pH soit supérieur ou égal à 12. Ainsi dans des boues ayant subi une digestion anaérobie, 90 % des poliovirus sont inactivés en 0,465 jours en présence de 5 Kg de chaux par m³.

Enfin, il a été rapporté que les *Enterovirus* ne sont pas retrouvés dans les boues ayant été soumises au compostage, au chaulage ou à un stockage d'une durée supérieure à trois semaines.

Capacité de survie dans l'environnement

Globalement, on peut dire que les *Enterovirus* peuvent survivre assez peu de temps dans le milieu extérieur (résistance moyenne).

• Dans les eaux

Les *Enterovirus* peuvent survivre plusieurs jours dans les eaux.

Le devenir des entérovirus dépend de nombreux paramètres parmi lesquels la nature de l'eau, sa teneur en matières en suspension (M.E.S.), le type de virus, la température...

- La température est le paramètre le plus important.
Exemple : dans une eau tamponnée stérile, la survie du poliovirus de type I est de :
10 à 15 ans à + 4°C
296 jours à 18 - 23°C
- La salinité n'a pas d'influence sur la survie du poliovirus dans l'eau.
- La présence de substances biologiques produites par des bactéries et des algues dans le milieu hydrique environnemental contribue à l'inactivation des entérovirus.
- Il est difficile de fixer des valeurs représentatives de la durée de survie des entérovirus dans les eaux. A titre d'exemple ont été rapportées :
T_{99,99} de 25 jours pour les poliovirus dans l'eau de mer à +25°C,
T₉₀ de 25 heures pour le poliovirus 1 dans une eau de rivière à +23-27°C,
T₉₀ de 7 heures pour le virus coxsackie A₁₃ dans une eau de rivière à +23-27°C,
T₉₉ variant de 3 à 14 jours pour des entérovirus (poliovirus 1, coxsackie virus B3, Echovirus 7) dans une eau de rivière à +20°C,
T₉₉ de 61 jours à +25°C en eau d'alimentation stérile.

• **Dans les boues**

Disparition des entérovirus dans des boues déshydratées après un an de stockage en décharge.

• **Dans les sédiments marins**

T_{99,99} = 38 jours pour le poliovirus 1 à +25°C,

T_{99,99} = 1899 jours pour le poliovirus 1 à +5°C.

Transmissions secondaires

- Coxsackievirus : virus transmissible pendant la phase aiguë de la maladie, et probablement pendant une période plus longue puisque le virus peut être isolé de fécès pendant plusieurs semaines après la maladie.
 - Echovirus : transmission inter-humaine fréquente, durant la phase aiguë de la maladie. Virus éliminés plusieurs semaines après la disparition des symptômes.
- Aucun vecteur de transmission.

Variations saisonnières

- Coxsackievirus : taux d'incidence plus élevés en été et en hiver.
- Echovirus : pic d'incidence en été et en automne.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

BARON D., CARRE J., IWENA A., CHEVRIER S., REGNIER V. and GUIGEN C. (1989)
Effects of storage on the physico-chemical, microbiological and parasitological characteristics of biological sludges.
Env. Tech. Letters, 10, 731-742.

BOISDON V. (1995)
Efficacité de la désinfection par les procédés d'oxydation chimique et le rayonnement ultra-violet. TSM, 3, 228-236.

CHUNG H. and SOBSEY M. (1993)
Survival of F-specific coliphages, Bacteroides fragilis phages, hepatitis A virus (HAV) and Poliovirus 1 in seawater and sediment.
Wat. Sci. Tech., 27, 425-428.

FEACHEM R.G., BRADLEY D.J., GARELICK H. and MARA D. (1983)
Enterovirus, Poliovirus and similar viral infections. Sanitation and disease. Health aspects of excreta and wastewater management. J. Wiley and sons edit., 501 p.

HURST C.J. and GERBA C. (1980)
Stability of simian rotavirus in fresh and estuarine water. Appl. Environ. Microbiol., 39, 1-5.

QUIGNON F., THOMAS F., BOTTERO J.Y., DUGUET J.P., and SCHWARTZBROD L. (1992)
Inactivation du poliovirus dans l'eau : Influence de certains paramètres.
Journées information Eaux Poitiers.

ROSE B. and GERBA C.P. (1991)
Use of risk assessment for development of microbial standards.
Wat. Sci. Tech., 24, 29-34.

SCHWARTZBROD L. (1991)
Virologie des milieux hydriques.
Tec. et Doc. Lavoisier edit., 304 p.

SCHWARTZBROD L. et MATHIEU C. (1986)
Virus recovery from wastewater treatment plant sludge.
Wat. Res., 8, 1011-1013.

SCHWARTZBROD L. et MIGNOTTE B. (1996)
Virus entériques et boues résiduaires urbaines.
Bull. Soc. Fr. Microbiol., 11, 11-16.

WEKERLE (1986)
Agricultural use of sewage sludge as a vector for
transmission of viral disease. In "Epidemiological studies of
risks associated with the agricultural use of sewage sludge :
knowledge and needs". Block, Havelaar. and L'Hermite.
Elsevier Applied Science Publ., 192 p.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiches techniques santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds44f.html>, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds56f.html>, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds60f.html>.

Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.

Cadiergues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*, thèse doctorale, juin 2000.

Bonnard R., INERIS, *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, 2001.

Dénomination

- GROUPE : Métazoaires
- FAMILLE : Nématodes
- GENRE : *Ancylostoma* et *Necator*
- ESPÈCE TYPE : *Ancylostoma duodenale* et *Necator americanus*
- PATHOLOGIE : Ankylostomoses

Caractéristiques

Les ankylostomoses sont dues à la présence dans l'organisme humain de l'une des espèces suivantes :

- Ancylostoma duodenale*
- Necator americanus*.

Ce sont des vers hématophages. Ils font saigner la muqueuse à laquelle ils se fixent et se nourrissent de sang. Les femelles font de 9 à 13 mm de long sur 0,3 à 0,6 mm de diamètre; leur extrémité postérieure est effilée. Les mâles sont plus petits: 5 à 11 mm de long et un peu plus grêles; leur extrémité postérieure porte une bourse copulatrice.

La taille moyenne est un peu plus petite chez *Necator* que chez *Ancylostoma*.

La région antérieure est différenciée en une capsule buccale rigide avec des crochets (*Ancylostoma*) et des plaques tranchantes (*Necator*) qui permettent de différencier les espèces.

Cycle

Il est rigoureusement le même pour les deux espèces.

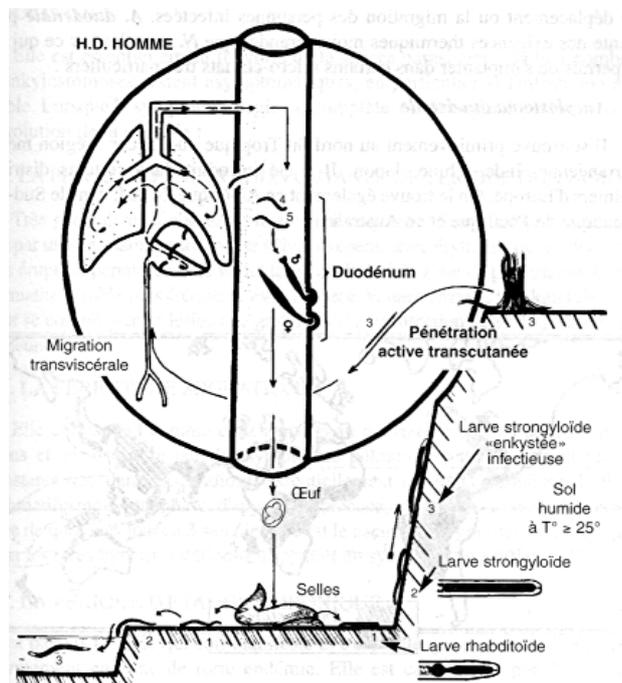


Figure n° 1 : Cycle évolutif des ankylostomes

Les adultes vivent surtout dans le duodénum où ils se fixent à la paroi; les femelles y sont fécondées et pondent leurs œufs dans la lumière intestinale.

Les œufs sont ovoïdes, ont une coque lisse, mince et transparente et mesurent en moyenne 60 à 70 µm sur 35 à 40 µm.

A l'émission, l'œuf n'est pas embryonné mais contient une cellule ovulaire dont le cytoplasme est déjà segmenté: 4 à 8 cellules (blastomères) n'emplissant pas la totalité de la coque de l'œuf.

L'évolution de l'œuf dans des conditions convenables de température (23°C à 30°C) et d'humidité aboutit à l'éclosion, en 24 à 48 heures, d'une larve rhabditoïde libre.

La larve rhabditoïde du premier stade mesure 250 à 300 µm de long; elle est caractérisée par un œsophage à double renflement. Elle vit libre dans le sol ou les matières fécales et va muer au troisième jour pour devenir la larve strongyloïde ou strongyloforme du deuxième stade plus grande: 500 à 700 µm avec un œsophage simple non renflé.

Au cinquième jour environ, cette larve subit une nouvelle mue et se transforme en larve strongyloïde enkystée ou filariforme du troisième stade qui reste dans sa mue, ne se nourrit plus et peut résister plusieurs mois dans le sol (6 à 10 mois). C'est cette larve qui est infestante.

La contamination de l'homme est transcutanée. Elle se fait par pénétration active de la larve à travers la peau au contact de laquelle elle s'est trouvée. La pénétration se fait spécialement par les pieds nus mais est possible par toute autre partie du tégument au contact de la larve (muqueuse buccale).

La larve ayant ainsi pénétré va passer dans la circulation de retour et arriver dans le cœur droit puis les poumons où elle mue avant de franchir la paroi des alvéoles, remonte les voies aériennes jusqu'au carrefour aérodigestif où elle est déglutée.

Les deux dernières mues ont lieu dans le duodénum. On compte 4 à 5 semaines entre la pénétration cutanée et la ponte des femelles gravides. La longévité des adultes est de 4 à 5 ans pour *A. duodenale* et d'une dizaine d'années pour *N. americanus*.

Réglementation française

- L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) définit pour les boues hygiénisées une teneur maximale en œufs d'helminthes pathogènes viables de 3 œufs / 10g MS.
- Les œufs et les larves de nématodes font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Les œufs et les larves doivent être absents dans un gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les fraises, ils doivent être absents dans 25 grammes. La méthode d'analyse utilisée doit être celle utilisant le MgSO₄ (pour les œufs) et celle préconisée par la norme LV 02-9201 (1992) pour les larves.

Répartition géographique

Répandue dans le monde entier et largement endémique dans les régions tropicales et subtropicales où les mesures d'hygiène (élimination des fèces) sont déficientes, l'ankylostomose est une maladie des zones chaudes du globe s'étendant entre le 40^e degré de latitude Nord et le 30^e degré de latitude Sud. Environ 500 millions de personnes dans le monde sont porteurs de cette parasitose.

Chacune des espèces a une répartition préférentielle, ce qui n'exclut pas leur coexistence possible en certaines régions du monde, ceci en relation avec le déplacement ou la migration des personnes infectées. *A. duodenale* présente des exigences thermiques moins grandes que *N. americanus* ce qui lui a permis de s'implanter dans certains microclimats très particuliers.

Ancylostoma duodenale

Il se trouve primitivement au nord du Tropique du Cancer: région méditerranéenne, Inde, Chine, Japon. Il a été introduit dans certains districts miniers d'Europe. On le trouve également en Amérique du sud, dans le Sud-est asiatique, le Pacifique et en Australie.

Necator americanus

Il se trouve à l'origine au sud du Tropique du Cancer: Afrique tropicale, Asie méridionale, Inde et îles du Pacifique. Il a été introduit aux Antilles et en Amérique intertropicale par la traite des Noirs.



Figure n° 2 : Répartition géographique des ankylostomes

Ces deux pathogènes, surtout *Necator americanus*, présentent un intérêt sanitaire en Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte et Réunion.

Gamme d'hôtes

L'homme.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Elle est essentiellement fonction de la charge parasitaire. Un bon nombre d'ankylostomoses restent asymptomatiques, en particulier si l'infestation est faible. Lorsque la symptomatologie est complète, on distingue 3 périodes dans l'évolution de la maladie :

- LA PHASE DE PENETRATION CUTANEE ou PERIODE D'INVASION :

Très généralement elle passe totalement inaperçue. Sinon, elle est caractérisée par une dermatite prurigineuse suivie d'œdème avec érythème qui évolue vers une éruption papuleuse puis vésiculaire localisée à la zone de pénétration. Cette dermatite semble plus fréquente avec l'espèce *N. americanus*. Quelquefois, elle peut se compliquer de lésions de grattage avec surinfection: c'est la gourme des mineurs.

- LA PERIODE DE MIGRATION :

Elle correspond comme chez l'ascaris au passage des larves dans les poumons et se manifeste par des symptômes pulmonaires mais qui sont moins constants que dans l'ascaridiose, essentiellement une toux quinteuse de type asthmatiforme. Cette phase, d'apparition précoce, 4 à 5 jours après l'infestation, dure de quelques jours à 3 semaines: c'est le catarrhe des gourmes. Ce n'est que dans les rares hyperinfestations qu'apparaît un syndrome de Ujft1er.

- LA PERIODE D'ETAT OU CHRONIQUE :

C'est parfois la seule qui soit manifeste et c'est celle qu'on observe à peu près uniquement en zone de forte endémie. Elle est caractérisée par des signes digestifs et par une anémie.

Les signes digestifs : très caractéristique duodénite passagère avec une symptomatologie de maladie ulcéreuse qui ne réapparaît pas lors de réinfestations ultérieures. Des troubles du transit, avec alternance de diarrhées et de constipations, peuvent durer longtemps.

L'anémie d'installation lente et progressive, 1 à 2 ans, est très directement liée au nombre et à l'espèce des vers présents dans l'organisme. Elle est la conséquence de la spoliation sanguine due aux parasites et révèle parfois la parasitose. L'anémie peut être sévère, hématicrite à 20%, 1 million d'hématies/mm³, mais souvent bien tolérée. Elle se manifeste par une pâleur, la décoloration des conjonctives, parfois une certaine bouffissure de la face, un souffle cardiaque peut être décelé, une dyspnée d'effort. Chez l'enfant elle peut être responsable de troubles du développement, altération de l'état général et aggravation de la malnutrition dans les zones d'endémie, évoluant vers le marasme et la cachexie.

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

L'homme.

Voies d'exposition

Ancylostoma duodenale : transmission par voie orale et par voie percutanée (transmis en raison du sol contaminé : les larves infectantes pénètrent dans la peau, habituellement à la hauteur du pied).

Necator americanus : pénétration transcutanée, habituellement à la hauteur du dos du pied ou entre les orteils, de larves infectieuses issues des oeufs excrétés dans les fèces; possibilité de transmission verticale mère-enfant.

Fréquence, incidence de la maladie

Régions d'endémie. Prévalence plus élevée dans les régions rurales.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

DMI Inconnue.

Traitement, vaccin

Pharmacothérapie. Vaccin en cours d'élaboration.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Les différentes approches visant à définir la contamination parasitaire dans les boues, comportent essentiellement 2 étapes :

- a) Techniques d'études de la concentration parasitaire (oeufs)
- b) Techniques d'études de la viabilité présumée des oeufs.

a) Techniques d'études de la concentration parasitaire

Trois étapes successives sont nécessaires.

L'étape 1 a pour objectif de diminuer ou d'éliminer au maximum les interactions existant entre les oeufs et toute la matière en suspension de l'effluent ou des boues.

Dans cette optique, il existe 2 familles de techniques différentes: les méthodes physiques et les méthodes diphasiques.

.les méthodes physiques font intervenir un traitement du sédiment composé de la matière en suspension par différentes solutions chimiques (détergents anioniques ou cationiques, formaldéhyde, hypochlorite de Na, soude...)

.les méthodes diphasiques associent :

un traitement par une solution chimique en vue d'éliminer au maximum les interactions

la réalisation d'un système à 2 phases par l'addition d'un solvant à caractère lipophile permettant l'élimination d'une partie de la matière en suspension par concentration dans la phase lipophile du fait des ces caractéristiques physico-chimiques.

L'étape 2 est une flottation dans des réactifs de dilution dont la densité est plus importante que celle des éléments recherchés.

L'étape 3 est une quantification avec lecture au microscope optique (x100 ou x 400) suivant le protocole suivant : la technique consiste à les numérer après flottation avec l'utilisation de cellule de comptage.

Des techniques de dénombrement (totales et viables) sont connues. Un important effort de validation, voire de normalisation, reste à faire.

b) Technique d'études de la viabilité présumée des œufs et des kystes

Dans l'environnement et, plus particulièrement dans les boues, ce sont essentiellement les techniques étudiant la viabilité des œufs de nématodes (*Ascaris*, *Toxocara*, *Trichuris*, *Capillaria*) qui sont développées.

Ces techniques utilisent les caractéristiques du cycle des nématodes avec notamment le passage du stade œuf unicellulaire au stade œuf contenant une larve car la majorité des œufs de nématodes retrouvés dans les boues sont rejetés dans les selles à l'état de zygote unicellulaire.

Dans les boues, la maturation au stade larvaire est exceptionnelle et les œufs restent donc dans la majorité des cas au stade initial. L'objectif de ces techniques consiste donc à tester la capacité de ces œufs présents dans les boues, à évoluer au stade larvaire après leur avoir fourni les conditions favorables à leur développement.

Dans ce cas de figure, le développement au stade larvaire permet de conclure à la viabilité de l'œuf mis en évidence.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Les larves sont sensibles à la dessiccation et au gel.

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Capacités de survie moyennes. Les ankylostomes peuvent survivre de plusieurs semaines à plusieurs mois dans un sol humide et chaud. Le développement larvaire est optimal à des températures de 26,7-32,2 °C.

Transmissions secondaires

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds7f.html>, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds107f.html>, novembre 1999.

ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.

Dénomination

- GROUPE : Némathelminthes
- FAMILLE : Nématodes
- GENRE : *Ascaris*
- ESPÈCE TYPE :
 - Nom latin : *Ascaris lumbricoïdes*
 - Nom français : *Ascaris*
 - Nom anglais : *Ascaris* (round worm)
- PATHOLOGIE :
 - Français : Ascarirose ou Ascariase
 - Anglais : Ascariasis

Caractéristiques

Le ver adulte est le plus gros et le plus commun des nématodes parasites de l'intestin chez l'humain : les femelles mesurent de 20 à 25 cm de long sur 5 à 6 mm de diamètre, et les mâles de 15 à 17 cm sur 2 à 4 mm de diamètre. Les adultes vivent dans l'intestin grêle de l'homme (Fig. n°1). La durée moyenne de vie des adultes est de 1 à 2 ans. La femelle fécondée pond des oeufs à coque mamelonnée dans la lumière intestinale, ils sont éliminés dans les selles. La production d'oeufs par femelle et par jour est estimée à 200 000. Ces oeufs ellipsoïdes de 50 à 75 µm de long sur 40 à 60 µm de large sont entourés d'une membrane brune et mamelonnée. Ils ne renferment à l'émission qu'une cellule.

Cycle

L'infestation de l'homme résulte de l'ingestion d'oeufs, renfermant une larve infestante de stade 2, se trouvant sur des légumes ou des fruits souillés de terre. La larve est libérée dans le tube digestif. Parvenue dans l'intestin grêle, la larve va entreprendre une longue migration au terme de laquelle elle donnera naissance à des vers adultes. La première étape est le foie où, après avoir perforé la paroi intestinale, elle parvient soit passivement par la veine porte, soit activement en rampant sur les replis mésentériques. Après un séjour de 3 ou 4 jours au niveau du foie, la larve gagne le poumon qu'elle atteint par voie sanguine après avoir parcouru les veines sus-hépatiques puis le cœur droit. Elle traverse ensuite la paroi d'une alvéole pulmonaire et passe ainsi du système vasculaire dans les voies respiratoires. Elle remonte alors l'arbre bronchique jusqu'au pharynx puis redescend à nouveau dans le tube digestif à la faveur d'un mouvement de déglutition. La larve parvient finalement dans le grêle où elle se transforme en adulte. Au cours de cette migration, la larve subit plusieurs mues.

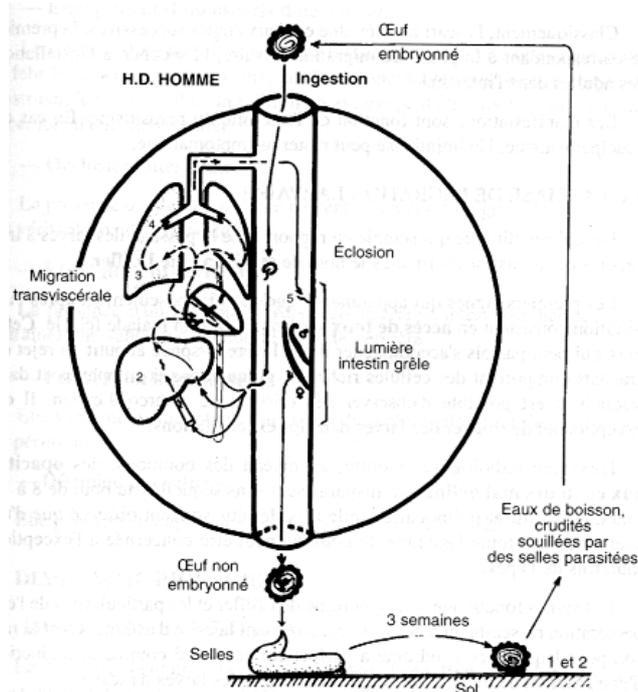


Figure n°2 : Cycle évolutif de l'ascaris

La ponte des femelles commence deux mois après l'infestation. La longévité moyenne des adultes ne dépasse guère une année. Les œufs qui sont émis en très grand nombre ont une forme ovoïde. Ils mesurent en moyenne 60 à 70 μm de long sur 40 à 50 μm de large. Ils sont entourés d'une double coque brune qui leur donne un aspect mamelonné très caractéristique et une grande résistance dans le milieu extérieur.

Les œufs n'étant pas embryonnés au moment de la ponte, l'auto-infestation est impossible. L'embryon infestant n'apparaît en effet qu'après un séjour de quelques semaines dans le milieu extérieur. On note que la maturation d'un œuf non infestant est facilitée par une température élevée, d'où l'importance de l'ascaridiose dans les pays chauds.

Réglementation française

- L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) définit pour les boues hygiénisées une teneur maximale en œufs d'helminthes pathogènes viables de 3 œufs / 10g MS.
- Les œufs et les larves de nématodes font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Les œufs et les larves doivent être absents dans un gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les fraises, ils doivent être absents dans 25 grammes. La méthode d'analyse utilisée doit être celle utilisant le MgSO_4 (pour les œufs) et celle préconisée par la norme LV 02-9201 (1992) pour les larves.

Répartition géographique

L'ascaridiose est une parasitose cosmopolite très fréquente dans les pays tropicaux, plus rare dans les pays tempérés. On estime sa fréquence à 900 millions de cas au niveau mondial et 4 millions de cas aux U.S.A.

Dans les pays tropicaux, les hyper-infestations sont fréquentes. Le pourcentage de sujets parasités au sein d'une population peut, dans certains cas, avoisiner 100%. Deux raisons peuvent expliquer cet état de fait. La première concerne la maturation des œufs dans le milieu extérieur. La seconde est relative au risque de contamination fécale qui caractérise la vie sous les tropiques.

En France, et d'une façon générale dans les pays tempérés, l'ascaridiose se rencontre occasionnellement mais les infestations sont très généralement pauciparasitaires.

Ainsi, en France, ce micro-organisme présente un intérêt sanitaire en métropole et en Guyane, Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion.

Gamme d'hôtes

L'homme, parfois les porcs.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

D'un point de vue clinique, l'ascaridiose évolue en 2 étapes :

- La première correspondant au stade de migration larvaire est caractérisée notamment par une toux sèche, quinteuse.
- La deuxième coïncide avec la présence de vers adultes dans l'intestin grêle et se traduit par des troubles digestifs avec diarrhées, ballonnements, douleurs abdominales, nausées ou vomissements.

Populations sensibles

Les enfants de 3 à 8 ans sont particulièrement vulnérables.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Tractus intestinal chez l'humain et le porc; le sol.

Voies d'exposition

Ingestion d'oeufs infectants provenant de sol contaminé par des fèces humains ou ingestion d'aliments crus contaminés par du sol contenant des oeufs infectants; l'infection peut aussi être transmise par la poussière; les fèces fraîches ne contiennent pas d'oeufs infectants. Les conditions idéales pour l'embryonnation sont un sol ombragé, une température de 22 à 33°C, une humidité au moins égale à 80 %.

Fréquence, incidence de la maladie

L'ascaridiose est une parasitose cosmopolite très fréquente dans les pays chauds plus rare dans les pays tempérés (Tableau n°1). Elle prédomine dans les régions tropicales humides où l'incidence peut dépasser 50 %. En France, et d'une façon générale dans les pays tempérés, l'ascaridiose se rencontre occasionnellement.

Tableau n°1 : Prévalence de l'ascaridiose

Pays	Prévalence	Nombre de cas
Monde		900 millions - 1 milliard
USA	2 %	4 millions
Japon	0,6 %	
Afrique	25-70 %	
Brésil	55 %	
Mexique	26 %	
Indonésie	72 %	
Chine	40-80 %	

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

La DMI s'échelonne de 1 à 10 oeufs embryonnés. L'intervalle entre l'ingestion des oeufs embryonnés et l'émission d'oeufs dans les selles varie de 60 à 90 jours.

La quantité d'oeufs rejetés quotidiennement dans les matières fécales est estimée entre 10^6 et 10^8 oeufs.

Traitement, vaccin

Pharmacothérapie.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Les différentes approches visant à définir la contamination parasitaire dans les boues, comportent essentiellement 2 étapes :

- c) Techniques d'études de la concentration parasitaire (oeufs)
- d) Techniques d'études de la viabilité présumée des oeufs.

a) Techniques d'études de la concentration parasitaire

Trois étapes successives sont nécessaires.

L'étape 1 a pour objectif de diminuer ou d'éliminer au maximum les interactions existant entre les oeufs et toute la matière en suspension de l'effluent ou des boues.

Dans cette optique, il existe 2 familles de techniques différentes: les méthodes physiques et les méthodes diphasiques.

.les méthodes physiques font intervenir un traitement du sédiment composé de la matière en suspension par différentes solutions chimiques (détergents anioniques ou cationiques, formaldéhyde, hypochlorite de Na, soude...)

.les méthodes diphasiques associent :

un traitement par une solution chimique en vue d'éliminer au maximum les interactions

la réalisation d'un système à 2 phases par l'addition d'un solvant à caractère lipophile permettant l'élimination d'une partie de la matière en suspension par concentration dans la phase lipophile du fait des ces caractéristiques physico-chimiques.

L'étape 2 est une flottation dans des réactifs de dilution dont la densité est plus importante que celle des éléments recherchés.

L'étape 3 est une quantification avec lecture au microscope optique (x100 ou x 400) suivant le protocole suivant : la technique consiste à les numérer après flottation avec l'utilisation de cellule de comptage.

Des techniques de dénombrement (totales et viables) sont connues. Un important effort de validation, voire de normalisation, reste à faire.

c) Technique d'études de la viabilité présumée des œufs et des kystes

Dans l'environnement et, plus particulièrement dans les boues, ce sont essentiellement les techniques étudiant la viabilité des œufs de nématodes (*Ascaris*, *Toxocara*, *Trichuris*, *Capillaria*) qui sont développées.

Ces techniques utilisent les caractéristiques du cycle des nématodes avec notamment le passage du stade œuf unicellulaire au stade œuf contenant une larve car la majorité des œufs de nématodes retrouvés dans les boues sont rejetés dans les selles à l'état de zygote unicellulaire.

Dans les boues, la maturation au stade larvaire est exceptionnelle et les œufs restent donc dans la majorité des cas au stade initial. L'objectif de ces techniques consiste donc à tester la capacité de ces œufs présents dans les boues, à évoluer au stade larvaire après leur avoir fourni les conditions favorables à leur développement.

Dans ce cas de figure, le développement au stade larvaire permet de conclure à la viabilité de l'œuf mis en évidence.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Il est exprimé le plus souvent en oeufs d'helminthes (c'est-à-dire oeufs de Nématodes [*Ascaris*, *Trichuris*, *Toxocara*] et de Cestodes [*Taenia*, *Hymenolepis*]) (Tableau n°2). Mais le genre *Ascaris* représenterait 90 à 95 % des œufs d'helminthes retrouvées dans les boues.

Tableau n°2 : Concentration en oeufs d'helminthes dans les eaux, les sols, les composts et les fumiers.

Pays	Nature échantillon	Concentration en oeufs d'helminthes
France	. Eaux usées brutes	0-10/L
France	. Eaux usées épurées	0-3/L
Pays européens	. Eaux usées	0-30/L
Pays anglo-saxons	. Eaux usées	0-60/L
Pays anglo-saxons	. Sols	0,5-3/g MS
France	. Composts (sciure + fumier + boues résiduelles)	1-3/g MS (16% échantillons positifs)
France	. Fumiers de bovins	1-4/g MS (75 % échantillons positifs)
France	. Composts (boues semi déshydratées, ordures ménagères)	57% échantillons positifs

Pour les boues, les concentrations en œufs d'*Ascaris* sont très variables (Tableau n°3). Elle peuvent varier d'un niveau non détectable à plus de 10³ œufs par 10g de MS. Ces densités fluctuent en fonction de facteurs tels que la taille des stations d'épuration ou leur raccordement à des abattoirs.

Tableau n° 3 : Concentration en oeufs d'*Ascaris* dans les boues

Pays	Concentration en oeufs d' <i>Ascaris</i>
France	67 - 380 / 100 g MS
GB	3 - 85 / 100 g MS
GB	21 - 167 / L
USA	203 - 1,4.10 ⁵ / 100 g MS

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

• Température

La résistance des oeufs varie considérablement en fonction de la température :

. Température létale : 65 - 70 °C, 30 min.

. Température : 20 - 50°C : survie plusieurs mois

Aux basses températures (gel, glace, neige) un certain pourcentage d'oeufs peut rester viable.

• Dessiccation

Humidité < 5 % : pas de survie

• Composés chimiques

. H₂SO₄ 7 % : survie 10 heures

. Formol (10 à 50 %) : survie quelques jours à quelques heures

. Crésol (3 %) : survie

. Chaux (pH > 12,5) : survie 2 mois.

Résistance au traitement des déchets

Un certain nombre de traitements biologiques des boues résiduaires sont décrits comme présentant une bonne efficacité pour l'élimination des oeufs d'*Ascaris* : digestions aérobie et anaérobie thermophile, compostage.

La caractéristique majeure commune à tous ces traitements est bien entendu l'aspect thermophile avec une adaptation des durées de traitement en fonction des températures appliquées. En effet pour des températures inférieures à 50° C, les traitements conseillés sont relativement longs (de quelques jours à 30 jours) alors que pour des températures supérieures à 50° C, la durée peut se limiter à quelques heures.

Dans le cas particulier du compostage, il est important d'apporter beaucoup de soin au retournement du tas en veillant à obtenir une bonne homogénéité pour permettre un impact de la température dans toute la masse.

D'autres traitements biologiques avec des températures relativement faibles sont peu ou pas efficaces : digestions aérobie et anaérobie mésophile (Tableau n° 4).

Tableau n° 4 : Impact sur les oeufs d'*Ascaris* des différents traitements biologiques des boues de station d'épuration

Traitements	Caractéristiques	Résultats du traitement
DIGESTION AEROBIE THERMOPHILE	45°C 2 à 20 jours 55°C 2 h	Efficace
DIGESTION AEROBIE MESOPHILE	Température ambiante	Inefficace (viabilité des oeufs d' <i>Ascaris</i> : 90 à 95 %)
DIGESTION ANAEROBIE THERMOPHILE	38°C (30 jours) 49°C (10 à 20 jours)	Efficace
DIGESTION ANAEROBIE MESOPHILE	35°C pendant 10 à 20 jours	Inefficace (viabilité des oeufs d' <i>Ascaris</i> variant de 30 à 98 %)
COMPOSTAGE	60 à 76°C pendant 4 h minimum Température maximale atteinte (60 - 70°C)	Efficace Inactivation de l'oeuf d' <i>Ascaris</i> en 8 jours.
COMPOSTAGE	Température maximale 39°C	Inefficace Aucune inactivation des oeufs d' <i>Ascaris</i> en 10 jours

Les oeufs d'*Ascaris* présentent une forte résistance à différents traitements physiques ou chimiques du fait de leur paroi qui leur confère une protection importante (Tableau n° 5)

Tableau n° 5 : Impact de différents traitements physiques ou chimiques des boues de stations d'épuration sur les oeufs d'*Ascaris*.

Traitement	Caractéristiques	Résultats du traitement
IRRADIATION	<i>Radiations gamma</i> 1 Mrad	Efficace
FROID	-25°C pendant 7 jours	Inefficace
STOCKAGE	16 mois à 25°C (<i>Ascaris</i> dans boues de digestion anaérobie)	Efficace
STOCKAGE	Stockage à une température de 4°C	Peu efficace
CHAULAGE	pH de 12,5 pendant 2 à 4 mois.	Efficace

Capacité de survie dans l'environnement

Bonnes capacités de survie dans le milieu extérieur.

Les œufs demeurent infectants pendant des années dans le sol sous des conditions favorables.

Cependant, dans l'environnement, la résistance des œufs d'*Ascaris* est variable selon la nature de l'échantillon analysé : eaux-sol-végétaux (Tableau n°6).

Tableau n° 6 : Survie des œufs d'*Ascaris* dans les eaux, sur les sols et les végétaux

Type de prélèvement	Temps de survie	Conditions expérimentales
Eaux	Plusieurs mois – 1 an	20° à 30°C Eaux douces et usées
Sol	Quelques semaines	. Sol sableux . Couverture végétale faible . Été chaud et sec
	Quelques mois à plusieurs années	. Sol argileux . Couverture végétale importante . Hiver
Végétaux	. 7-20 jours . 20-60 jours	. Parties aériennes . Parties souterraines

Une étude menée en 1997 par P. Gaspard, Y. Ambolet et J. Schartzbrod a montré une forte influence du paramètre humidité sur les œufs d'*Ascaris suum*, dans tous les types de sols, avec des cinétiques de survie pouvant présenter des T90 supérieurs à une année. En surface, les survies maximales ont été observées pour des humidités importantes, et les survies minimales pour les humidités les plus faibles. Il est noté également une forte amélioration de la survie à 4°C. En profondeur, le facteur humidité est aussi un paramètre conditionnant la survie des œufs : la survie des œufs en profondeur est meilleure du fait d'une protection accrue des œufs vis à vis de la dessiccation.

Les données obtenues lors de cette étude ont été confrontées aux variations climatiques (température, humidité) rencontrées dans les différentes saisons, et ont permis de simuler l'évolution de la survie des œufs dans les sols en climat tempéré continental, tout au long d'une année. Les résultats sont donnés dans le tableau n° 7.

Tableau n° 7 : Evolution des temps de survie d'œufs d'*Ascaris suum* au cours d'une année.

Période de l'année	T90 en surface	T90 en profondeur	Pourcentage d'élimination des œufs au cours de la période
Hiver (novembre à mars)	1121 jours		Faible pourcentage
Avril-mai	250 à 350 jours		33 %
Juin	150 jours	> 150 jours	41 % en surface, 19 % en profondeur
Été (juillet à mi-septembre)	40 jours	130 jours	98 % en surface, 73 % en profondeur
Automne (mi-septembre à fin octobre)	130 jours	350 jours	55 % en surface, 26 % en profondeur

En dernier lieu, à partir des abattements calculés précédemment, des taux résiduels d'œufs viables de 0,35 % en surface et de 10,8 % en profondeur seraient obtenus après une année.

Transmissions secondaires

Ne se transmet pas directement d'une personne à une autre.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

- ARTHER R.G., FITZGERALD P.R., FOX J.C. (1981)
Parasite ova in anaerobically digested sludge.
J. Wat. Poll. Control. Fed., 53, 1334-1338.
- BARNARD R.J., BIER J.W., JACKSON G.J., Mc CLURE F.D. (1987)
Ascaris lumbricoides suum : thermal death time of unembryonated eggs.
Exp. Parasitology, 64, 120-122.
- BOUCHE V. (1995)
Bilan parasitaire oeufs d'helminthes à la station d'épuration de Nancy-Maxéville.
Thèse Pharmacie, Université Henri Poincaré, Nancy, 105p.
- CARRINGTON E.G. (1985)
Pasteurisation: Effects upon *Ascaris* eggs, 121-125.
In " Inactivation of micro-organisms in sewage sludge by stabilisation processes".
Ed Strauch, Havelaar, L'Hermite, Elsevier Applied Science Publ.
- CROMPTON D.W.T (1989)
Prevalence of Ascariasis, 45-69.
In " Ascariasis and its prevention and control".
Ed Crompton, Neishem, Pawlowski, Taylor et Francis.
- FEACHEM R.G., BRADLEY D.J., GARELICK H., MARA D.D. (1983)
Sanitation and disease : Health aspects of excreta and wastewater management.
Ed. John Wiley, 501 p.
- FITZGERALD P.R., ASHLEY R.F. (1977)
Differential survival of *Ascaris* ova in wastewater sludge.
J. Wat. Poll. Control. Fed., 49, 1722-1724.
- GASPARD P.G. (1994)
Contamination parasitaire dans l'environnement : Prospective pour une gestion des risques sanitaires.
Thèse Université Henri Poincaré, Nancy I, 228 p.
- GASPARD P.G., WIARD J., SCHWARTZBROD J. (1995)
Urban sludge reuse in agriculture: Waste treatment and parasitological risk.
Biores. Technol., 52, 37-40.
- GAUTHIER D., ROSAZ C., LE PIMPEC P., LEHY J.B. (1991)
Valorisation des boues de station d'épuration de montagne : risque sanitaire lié à l'épandage en revégétalisation des pistes de ski. Evaluation et recommandation.
Rapport Conseil Général Savoie, Cemagref, Ddaf Savoie, 123 p.
- HORAK P. (1994)
Experimental destruction of *Ascaris* ova in sewage sludge by accelerated electron irradiation.
Wat. Res., 28, 939-941.
- OWEN R.R. ((1986)
Parasites in Britain : a review.
J. Royal Soc. Health, 106, 41-43.
- PROST A., BOUTIN P., (1989)
Le risque infectieux lors de l'utilisation d'eaux usées en agriculture.
TSM, 1, 25-34.
- SORBER C.A., MOORE B.F. (1987)
Survival and transport of pathogens in sludge amended soil : a critical literature review.
EPA 600/S2-87/028.
- STIEN J.L., (1989)
Oeufs d'helminthes et environnement: le modèle oeufs d'*Ascaris*.
Thèse Université de Metz, 160p.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/msds-ftss/msds9f.html>, novembre 1999.

ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.

Gaspard P., Ambolet Y. et Scharzbrod J., *Valorisation des boues de stations d'épuration en vue de l'amélioration des ols destinés à l'agriculture : contamination parasitaire et modélisation en vue de la gestion du risque sanitaire*, Bulletin Académique Natle Médical, 181, n° 1, 43-57, janvier 1997.

SOURCE PRINCIPALE : ADEME,
*Les agents biologiques d'intérêt
sanitaire des boues d'épuration
urbaines*, 1999.

Dénomination

- GROUPE : Protozoaires - Sporozoaires
- FAMILLE : Coccidies
- GENRE : *Cryptosporidium*
- ESPÈCE TYPE :
 - Nom français : *Cryptosporidium parvum*
 - Nom anglais : *Cryptosporidium parvum*
- PATHOLOGIE :
 - Français : Cryptosporidiose
 - Anglais : Cryptosporidiosis

Caractéristiques

La cryptosporidiose est due à un parasite intra-cellulaire du genre *Cryptosporidium*, essentiellement localisé au niveau de l'épithélium digestif des hôtes vertébrés.

Cycle

Cryptosporidium sp. présente un cycle monoxène. Le parasite est éliminé dans les selles d'un hôte infesté sous forme d'oocystes sporulés contenant 4 sporozoïtes et un corps résiduel. Les oocystes sont sphériques ou ovoïdes et mesurent de 5,6 à 7,4 µm pour *C. muris* et de 4,5 à 5 µm pour *C. parvum*.

Après ingestion ou inhalation, les oocystes, sous l'action combinée des enzymes et des sels biliaires, libèrent les sporozoïtes dans la lumière digestive.

Le sporozoïte se transforme rapidement en trophozoïte et les différents stades de développement du parasite sont intracellulaires, mais extracytoplasmiques, inclus dans une vacuole parasitophore.

Le trophozoïte, après division nucléaire, se transforme en schizonte qui libère 8 mérozoïtes. Les mérozoïtes peuvent, soit infester d'autres cellules intestinales soit engendrer des formes potentiellement sexuées qui aboutissent, après fécondation, à la formation d'oocystes à paroi fine ou épaisse. Les oocystes à paroi fine peuvent s'ouvrir *in situ* et initier un cycle d'auto-infestation ; les oocystes à paroi épaisse sont éliminés avec les fèces et sont responsables de la transmission.

La durée du cycle varie de 48 h à 10-14 j selon l'hôte; l'incubation chez l'homme est estimée à 5-21 j.

Chez ce dernier, le parasite se développe habituellement dans l'épithélium gastro-intestinal. On rapporte plus rarement des localisations biliaires et pulmonaires.

Réglementation française

Répartition géographique

La répartition géographique de *Cryptosporidium sp.* est cosmopolite, et ce micro-organisme présente un intérêt sanitaire en France. Il est responsable de diarrhée mais la prévalence de la cryptosporidiose est plus élevée dans les pays en voie de développement. Les chiffres rapportés en Europe (1 à 2%) et en Amérique du nord (0,6 à 4,3%) sont plus bas que ceux trouvés en Asie, Australie, Afrique, Amérique du Sud et centrale (5 à 10%). Dans les pays en voie de développement, la cryptosporidiose est plus fréquente en zone urbaine qu'en zone rurale. L'inverse est observé dans les pays industrialisés.

Gamme d'hôtes

Vertébrés : l'homme, volaille, poissons, reptiles et mammifères (de petite et de grande taille).

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

La maîtresse symptomatique est la diarrhée mais l'évolution est sous la dépendance du statut immunitaire. Le taux de mortalité est estimé à 0,1 %.

Chez l'immuno-compétent :

La cryptosporidiose peut être asymptomatique ou provoquer une gastro-entérite banale. Un syndrome diarrhéique est de règle: 3 à 10 selles par jour, liquides, non sanglantes, non purulentes et contenant parfois du mucus. Des douleurs abdo., minales, des nausées, de la fièvre et des vomissements peuvent se surajouter. La durée de la diarrhée est de 3 à 12 jours en moyenne et la guérison est spontanée. Toutefois, un patient apparemment guéri peut continuer à excréter des oocystes de *Cryptosporidium sp.* pendant plusieurs semaines.

Chez l'immuno-déprimé :

La cryptosporidiose concerne essentiellement les patients infectés par le VIH. Lorsque les lymphocytes CD 4 sont supérieurs à 150/mm³, les patients se comportent comme les immunocompétents vis à vis de la cryptosporidiose. A un stade de déficit immunitaire sévère (CD 4 < 100/mm³), les patients développent une infection chronique grave, les faisant entrer au stade SIDA. La cryptosporidiose est inaugurale dans environ 50% des cas. Différentes entités cliniques peuvent être individualisées : la cryptosporidiose peut être digestive ou pulmonaire.

Populations sensibles

Son incidence est aussi significativement plus élevée chez les enfants que chez les adultes, surtout chez les enfants de moins de 2 ans. Les immunodéprimés sont également des populations sensibles.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

L'homme, le bétail et d'autres animaux domestiques.

En effet, de nombreuses espèces animales peuvent héberger le parasite : reptiles, oiseaux, mammifères, poissons. Le bétail (surtout veaux et agneaux), les chevaux et certains petits animaux (rongeurs, chiots et chats) représentent un énorme réservoir de parasites pour l'homme car il n'existe pas de spécificité stricte d'hôte.

Voies d'exposition

L'homme se contamine par ingestion d'oocystes sporulés, éliminés dans les selles de l'hôte sous forme infestante. L'infection ne semble pas corrélée au nombre d'oocystes absorbés, un inoculum minime peut entraîner une cryptosporidiose sévère.

Fréquence, incidence de la maladie

Les taux d'infection varient entre 1 et 4,5 % dans les pays industrialisés et entre 3 et 20 % dans les pays en développement. Des taux plus élevés ont été observés chez des sujets atteints du SIDA (3 à 20 % aux États-Unis, 50 à 60 % en Afrique et à Haïti). Des épidémies sont fréquemment signalées dans les garderies.

La prévalence de l'infection chez les immunodéprimés, représentés surtout par les patients atteints de SIDA, semble plus élevée chez les sujets souffrant de diarrhée et de gastroentérite. Dans les pays en voie de développement, la diarrhée à *Cryptosporidium*, chez ce type de patients, est encore plus fréquente.

Tableau n°1 : Prévalence de la cryptosporidiose dans les pays développés

Pays	Valeurs Moyennes	Valeurs Extrêmes
Europe	3,5 %	0,1 - 14,1 %
Amérique du Nord	1,6 %	0,3 - 4,3 %

• Epidémies

Les principales épidémies d'origine hydrique décrites entre 1984 et 1997 sont regroupées dans le tableau n° 2.

Tableau n° 2 : Différentes épidémies de cryptosporidiose d'origine hydrique (1984-1993)

ANNEE	NOMBRE DE CAS	LIEU	COMMENTAIRES
1984	2000	Braunstation Texas USA	Contamination probable de puits artésien par eau d'égout.
1987	13000	Georgia Carollton USA	Faute de procédure dans la filière de traitement d'eau potable au niveau de la floculation. Remise en marche des filtres sans contre-lavage préalable.
1988	62	Yorkshire GB	Fuite des toilettes publiques dans une baignade.
1988	27	Ayrshire GB	Infiltration d'eau contaminée dans un réservoir contenant l'eau de distribution traitée.
1989	516	Swindom Oxfordshire GB	Oocystes isolés dans eau de lavage des filtres à sable.
1989	442	Ecosse GB	Contamination de l'eau de boisson par de l'eau de rivière contaminée.
1991	77	Adelaide Australie	Epidémie supposée d'origine hydrique affectant essentiellement des enfants.
1993	403000	Milwaukee USA	Problème dans le recyclage des eaux de lavage des filtres
1995	15	Pays-Bas	
1997	262	GB	

Les épidémies rapportées, touchant 419401 personnes au total, montrent que les systèmes de traitement classiques ne garantissent pas la sécurité en approvisionnement d'eau potable dans tous les cas.

Par exemple l'épidémie survenue à Carrollton, suggère que l'arrêt d'un filtre et sa remise en service sans contre-lavage, contribuent à une augmentation des oocystes dans l'eau traitée. Cette épidémie montre donc l'importance de contrôler à la sortie de chaque filtre individuellement la turbidité afin de détecter les conditions favorables au passage des oocystes dans l'eau traitée.

Les décharges publiques comme les effluents industriels représentent également un facteur de contamination important de l'environnement et notamment de l'eau.

Ainsi certaines eaux de surface destinées à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable sont contaminées après avoir reçu des "jus de décharges".

De même, la contamination des eaux peut être observée après des chutes de pluies importantes qui entraînent un lessivage des oocystes vers les eaux de surface et ceci souvent après des périodes de sécheresse exceptionnelle. Par conséquent, le climat peut être considéré comme un facteur intervenant dans la contamination par *Cryptosporidium*.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

La DMI n'est pas connue avec précision. Elle est estimée entre 30 et 1000.

Concernant la relation dose effet, il existe une loi exponentielle pour *Cryptosporidium parvum* (K=238).

Traitement, vaccin

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Pour les eaux, la méthode de détection comporte plusieurs étapes : concentration par filtration, centrifugation, concentration par flottation, révélation par immunofluorescence. Cette technique est normalisée par l'AFNOR, selon la norme NF T 90-455 (2001). Cette technique est moins performante pour les aliments.

Pour les prélèvements environnementaux, une méthode de culture a été développée pour *Cryptosporidium* sur des cellules d'adénocarcinomes. Le processus infectieux est détecté par observation des différentes phases du cycle par immunofluorescence. Un dénombrement par l'approche du nombre le plus probable est utilisé.

Il existe donc des méthodes plus ou moins fiables de mesure de la viabilité des oocystes de *Cryptosporidium parvum*

(reposant sur la mise en évidence du dékystement des oocystes) et de leur infectiosité (mise en évidence in vivo par inoculation orale d'oocystes à des souris nouveau-nés ou, in vitro par culture cellulaire).

Pour les boues d'épuration urbaines, il existe depuis peu des méthodes pour mettre en évidence les oocystes de *Cryptosporidium* mais la fiabilité de ces méthodes restent à prouver.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Aux USA *Cryptosporidium spp* a été retrouvé dans tous les types d'eaux : les eaux usées, eaux de surface, eaux de consommation, lacs et réservoir (Fig. n° 2).

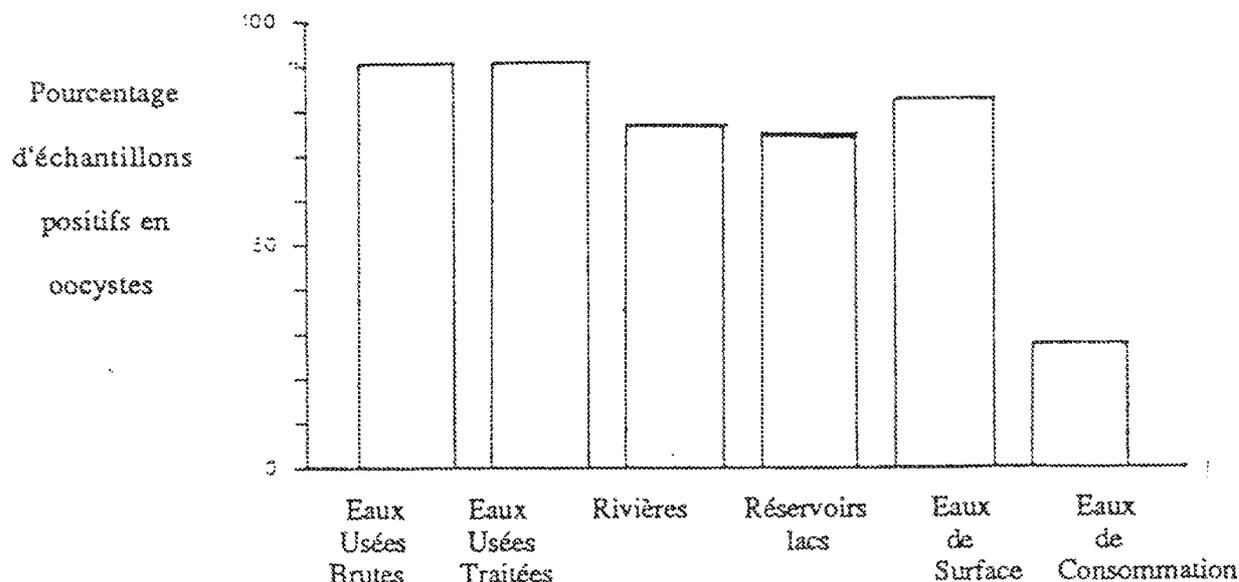


Figure n° 2 : Pourcentage d'isollements positifs de *Cryptosporidium spp* dans différents types d'eaux aux USA

Les pourcentages d'échantillons positifs varient de 29 % pour des eaux de consommation à 90 % pour des eaux usées brutes ou épurées. Quant au niveau de contamination, les concentrations en oocystes s'échelonnent de 0,006 à 2,10⁴/L (Tableau n° 3).

Tableau n° 3 : Niveau de contamination par *Cryptosporidium spp* dans l'environnement hydrique

Types d'eaux	Nombre d'échantillons	Oocystes/L	Pays
Eaux usées :			
- eaux brutes	15	4 - 5180	USA
- effluent boue activée	25	4 - 1297	USA
- bassin de stabilisation	9	3.3 - 8.51	GB
	22	10 ³ - 2.10 ⁴	Afrique de l'Est
Eaux de surface :			
- recevant des eaux usées ou agricoles	150	0.58 - 1.2	USA
	42	0.006 - 2.5	GB
- sans apport d'eaux usées ou agricoles	20	0.02 - 0.08	USA
Eaux de surface	52	0.2 - 0.50	Canada (Nord)
	52	0.002 - 0.018	Pays-Bas (Rivière Meuse)
	114	0.1 - 14.3	Australie
	16	0.006 - 0.52	Israël
Eaux potables :			
- non associées à une épidémie	36	0.04 - 0.26	USA
	65	0.006 - 0.26	GB
- associées à une épidémie	20	0.46 - 2.2	USA
	7	0.04 - 4.8	GB
Eaux de loisirs	28	0.66 - 500	GB
Boues résiduaires		Aucune donnée	

En France, *Cryptosporidium* a été fréquemment retrouvé dans les eaux résiduaires. Par contre, les données dans les boues sont plutôt rares. Des kystes et oocystes ont été détectés dans boues d'épuration urbaines en Angleterre, en Finlande (20 échantillons positifs sur 24 prélèvements de boues de stations d'épuration différentes, en 2001).

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

• Température

La résistance des oocystes varie considérablement de quelques jours à plusieurs mois en fonction de la température.

- | | |
|------------------|----------------------|
| • 20 min. | à 45°C |
| • 14 jours | à 15-20°C |
| • plusieurs mois | à température < 15°C |

• Résistance à divers composés chimiques

Le tableau n°4 indique la résistance à quelques composés chimiques.

Tableau n°4 : Résistance des oocystes de *Cryptosporidium spp* à divers composés chimiques

Traitement de l'eau en vue de sa potabilisation	Dose	Temps	Impact
• NaOCl	3%		0 effet
• NaOH	0,02 M	18 H	0 effet
• Peroxyde d'hydrogène	10 vol.		destruction
• NH ₄ OH	5 %		destruction

Résistance au traitement des déchets

Le tableau n°5 regroupe des données concernant aussi bien le traitement de l'eau en vue de sa potabilisation que le traitement des eaux usées.

Tableau n°5 : Impact de différents types de traitement sur des oocystes de *Cryptosporidium spp*

Traitement de l'eau en vue de sa potabilisation	Caractéristique	Impact
• Chloration	0,4 - 1 mg/l	Présence oocystes à des concentrations 0,1 à 1,7/100 L
• Chloramination	1 mg/l	
• Filtration rapide		élimination 50-60 %
• Coagulation, floculation, décantation		élimination > 90 %
• Filtration rapide		
• Postchloration		
• Filtration* lente sur sable	épaisseur 0,5 m Vitesse filtration 0,13 m/H	élimination 99-99,7 % <i>Cryptosporidium</i> stoppé dans la partie supérieure du filtre
• O ₃	2,5 ppm 8 min. -3 ppm	99% perte infectivité
• U.V.	120 mVs/cm ² **	98 -100% destruction
Traitement en station d'épuration	Caractéristique	Impact
• Sédimentation primaire dans une eau usée brute***	temps rétention 2 H	83 % oocystes éliminés
• Digestion anaérobie***	température 37°C temps rétention 10 jours	50 % inactivation après 1 à 2 H 99,98 % inactivation après 24 heures

*étude en contamination artificielle

**dose classique traitement 30 mVs/cm²

*** expérimentation réalisée en pilote et en contamination artificielle

Capacité de survie dans l'environnement

Bonnes capacité de survie. Les oocystes conservent leur viabilité en milieu humide durant 2 à 6 mois. Une étude (M. Olson, université de Calgary, 2001) indique des temps de survie de plus d'un an dans une eau à 5 °C, et de 56 jours dans des sols à 5 °C.

Transmissions secondaires

Les oocystes, stade infectant, sont éliminés dans les selles dès l'apparition des premiers symptômes jusqu'à plusieurs semaines après leur disparition.

Variations saisonnières

Une variation saisonnière a pu être observée, avec une recrudescence lors des mois chauds et humides. La tendance saisonnière rapportée dans différents pays est la suivante :

- au cours de la saison des pluies en Amérique Centrale ;
- en été en Australie ;
- à la fin de l'été en Amérique du Nord ;
- au printemps et à la fin de l'automne au Royaume Uni.

L'explication de ces pics n'est pas bien définie, mais pourrait être mise en relation avec une augmentation des chutes de pluie ou à des événements particuliers survenus dans les élevages (pic des naissances au printemps et en automne par exemple).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

- BADENOCH J. (1990).
Cryptosporidium in water supplies. report of the group of experts, Department of the Environment, Department of Health, London : H.M.S.O.
- BETT S. W.B., CASEMORE D., FRICKER C., SMITH H., WATKINS J. (1995)
Protozoan parasites and water.
Ed Royal Society of Chemistry, 260 p.
- CASEMORE D.P. (1990)
Epidemiological aspects of human cryptosporidiosis.
Epidemiol. Infect., 104, 1-28.
- D'ANTONIO R.G. and WINN R.E. (1985).
A waterborn outbreak of cryptosporidiosis in normal hosts.
Annals Intern. Med., 103, 886-888.
- DROZD C. (1996)
Comportement de *Cryptosporidium* dans l'eau : conséquences au niveau de la microfiltration tangentielle.
Thèse Pharmacie, Université Henri Poincaré, Nancy, 236 p.
- DROZD C., BONVILLE M.C., LAHOUSSINE-TURCAUD V. and SCHWARTZBROD J. (1993).
Méthodes de détection de *Cryptosporidium* dans l'eau : Revue et application au laboratoire.
J. Français Hydrol., 24, 173-190.
- HAYES E.B., MATTE T.D., O'BRIEN T.R., MCKINLEY T.W., LOGSDON G.S., ROSE J.B., UNGAR B.L.P., WORD D.M., PĪNSKY P.F., CUMMINGS M.L., WILSON M.A., LONG E.G., HURMITZ E.S. and JURANEK D.D. (1989).
Large community outbreak of cryptosporidiosis due to contamination of a filtered public water supply.
New England J. Med., 320, 1372-1376.
- ISAAC-RENTON J.L., FOGEL D., STIBBS H.H. and ONGERTH J.E. (1987).
Giardia and *Cryptosporidium* in drinking water.
Lancet, 4, 973-974.
- KORICH D.G., MEAD J.R., MADORE M.S., SINCLAIR A. and STERLING C.R. (1990).
Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability.
Appl. Environ. Microbiol., 56, 1423-1428.
- LANGLAIS B., JORET J.C., PERRINE D., CHENU J.P., LEGARDINIER J.C. (1991).
Inactivation par l'ozone de *Cryptosporidium*, protozoaire parasite transmissible par l'eau : Essais de laboratoire mettant en oeuvre un modèle biologique.
TSM L'eau, 4, 197-199.
- LE CHEVALIER M.W., NORTON W.D. and LEE R.G. (1990).
Evaluation of current treatment practices for removal of indigenous waterborne parasites. Abstract of the 90th Annual Meeting of American society for microbiology, 1990.
Ed. Morello, Doner, 10, 251.
- Mc KENZIE W.R., HOXIE N.J., PROCTOR M.E., GRADUS M.S., BLAIR K.A., PETERSON D.E., KAZMIERCZAK J.J., ADDISS D.G., FOX K.R., ROSE J.B., DAVIS J.P. (1994).
A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply.
New England J. Med., 331, 161-167.
- MILLER R.A., BRONDSOON M.A., MORTON W.R. (1986).
Determination of the infectious dose of *Cryptosporidium* and the influence of inoculum size on disease severity in a primate model.
Abstract annual meeting of American Society of Microbiologists, Washington D.C. 49.
- ROSE J.B. and GERBA C.P. (1991).
Assessing potential health risks from viruses and parasites in reclaimed water in Arizona and Florida, USA.
Wat. Sci. Tech., 23, 2051-2088.
- ROSE J.B., GERBA C.P. and JAKUBOWSKI W. (1991).
Survey of potable water supplies for *Cryptosporidium* and *Giardia*.
Env. Sci. Tech., 25, 1393-1400.

ROSE J.B., LANDEEN L.K., RILEY K.R., GERBA C.L. (1989).
Evaluation of immunofluorescence techniques for detection of *Cryptosporidium*, oocysts and *Giardia* cysts from environmental samples.
Appl. Environ. Microbiol., 55, 3189-3196.

RUSH B.A., CHAPMAN P.A. and INESON R.W. (1990).
A probable waterborne outbreak of cryptosporidiosis in the Sheffield area.
J. Med. Microbiol., 32, 239-242.

STADTERMAN K.L., SNINSKY A.M., SYKORA J.L., JAKUBOWSKI W. (1995)
Removal and inactivation of *Cryptosporidium* oocysts by activated sludge treatment and anaerobic digestion.
Wat. Sci. Tech., 31, 97-104.

TIMMS S., SLADE J.S., FRICKER C.R. (1995)
Removal of *Cryptosporidium* by slow sand filtration.
Wat. Sci. Tech., 31, 81-84.

VESEY G., FRICKER C.R., VEAL D.A. and ASHBOLT N. (1994).
Novel approaches to the concentration and the detection of *Cryptosporidium* and *Giardia* in water.
in Proceedings IAWQ 17th Biennial International Conference, 24-29 July 1994, Budapest, Hungary, 216-223.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds48f.html>, février 2000.

ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.

AFSSA, *Rapport sur les infections à protozoaires liées aux aliments et à l'eau, Evaluation scientifique des risques associés à Cryptosporidium sp.*, septembre 2002.

Bonnard R., INERIS, *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, 2001.

Hanninen M. L. *Microbial risks associated with drinking water : Giardia and Cryptosporidium*. 2003.

U. K. Drinking Water Inspectorate. *Occurrence of Cryptosporidium sp. oocysts and Giardia sp. cysts in sewage effluents and sludges from sewage treatment plants in England*. 2002.

Dénomination

- GROUPE : Protozoaires
- FAMILLE : Flagellé
- GENRE : *Giardia*
- ESPÈCE TYPE :
 - Nom français : *Giardia intestinalis*
 - Nom anglais : *Giardia lamblia*
- PATHOLOGIE :
 - Français : Giardiose - Giardiase - Lambliaose
 - Anglais : Giardiasis

Caractéristiques

Le pathogène peut exister sous deux formes :

- le trophozoïte ou forme végétative qui se multiplie par scissiparité mais dont la fragilité ne lui permet pas d'assurer la transmission de la parasitose d'un sujet à l'autre. Il a une morphologie très particulière. De face, il ressemble à un cerf-volant, tandis que de profil il a plutôt l'aspect d'une cuillère. Ses dimensions sont de 15 μm de long sur 10 μm de large. La partie antérieure comporte une dépression à concavité postérieure et un noyau bilobé. Les flagelles locomoteurs tous dirigés vers l'arrière sont au nombre de 8 : 1 paire antérieure, 2 paires situées à la partie moyenne de la cellule et enfin une paire postérieure. Celle-ci traverse l'axe de la cellule entre la dépression réniforme et l'extrémité postérieure formant un faux axostyle. Les flagelles partent de deux blépharoblastes situés entre les deux noyaux. Un à deux corps en virgule sont parfois visibles à la partie moyen- ne de la cellule. Les flagelles assurent au parasite une grande mobilité qui cesse rapidement dès que le milieu où il évolue se refroidit.

- le kyste qui peut demeurer vivant dans le milieu extérieur pendant un temps plus ou moins long assure la contamination interhumaine. Les conditions qui déterminent la transformation d'une forme végétative en forme kystique sont mal connues. De forme ovalaire, il mesure de 9 à 15 μm de long sur 6 μm de large. La coque qui comporte une double paroi est lisse et peu épaisse. Les noyaux sont toujours au nombre de 4 mais leur disposition dans le kyste est variable. Le plus souvent, ils sont groupés à l'une des extrémités du kyste. En plus des noyaux, il est possible d'observer dans l'axe du kyste des « reliquats flagellaires » en forme de S très allongé.

Cycle

Giardia intestinalis sous forme végétative vit à la surface de la muqueuse duodéno-jéjunale, par conséquent en milieu acide. Il peut même s'enfoncer dans les cryptes de la muqueuse intestinale et dans la sous-muqueuse, ce qui explique certaines récurrences après traitement par des médicaments non diffusibles. Les trophozoïtes ont deux possibilités d'évolution :

- la division aboutissant à la naissance de deux individus ;
- la transformation en kystes éliminés avec les selles. Avalés par un nouvel hôte ils se transforment en formes végétatives dans le duodénum.

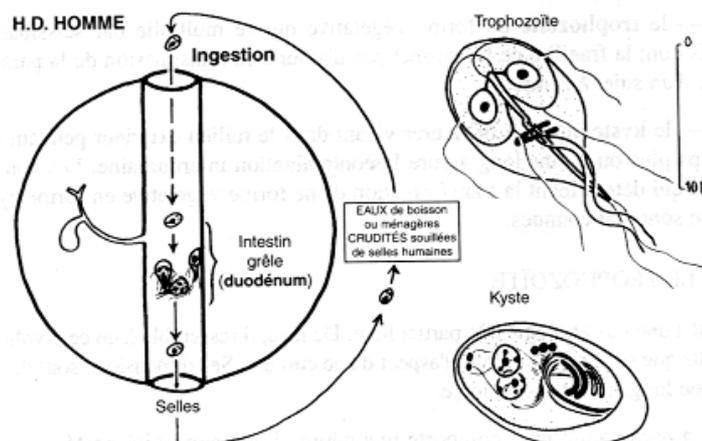


Figure n° 1 : Cycle évolutif de *Giardia intestinalis*

Réglementation française

Répartition géographique

La giardiose est une parasitose répandue dans le monde entier, dans les régions où les conditions sanitaires sont déficientes. Les éclosions d'origine hydrique sont fréquentes dans les régions où la contamination fécale (l'humain ou les animaux) de l'eau de consommation non filtrée est courante. C'est la cause de poussées épidémiques dans les garderies et de la diarrhée des voyageurs. Elle est la plus fréquente cause non bactérienne de diarrhée en Amérique du Nord (25 % des cas d'affections intestinales)

La giardiose est très fréquemment rencontrée en France tant chez les adultes que chez les enfants avec toutefois une prédominance pour ces derniers. Par ailleurs, il n'est pas rare de la diagnostiquer chez des voyageurs revenant d'une région chaude ou tropicale où cette parasitose est particulièrement répandue et liée au péril fécal. D'ailleurs, ce pathogène est d'importance sanitaire en Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte et Réunion.

Gamme d'hôtes

L'homme, les animaux domestiques (chiens et chats).

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Fréquemment asymptomatique, la giardiose se manifeste différemment chez l'adulte et chez l'enfant. Le taux de mortalité est estimé à 0,1%.

Chez l'adulte, les selles sont pâteuses, plus rarement diarrhéiques, matinales et post-prandiales. Des douleurs abdominales sans localisations précises surviennent. La localisation très particulière de *Giardia* entraîne parfois une véritable duodénite parasitaire dont le retentissement sur les fonctions hépato-vasculaires se manifeste par un état nauséux. Il faut donc penser à une giardiose chez un malade qui est nauséux et émet des selles pâteuses.

Chez l'enfant, les troubles intestinaux sont plus intenses que chez l'adulte. Les selles sont souvent très fréquentes, semi-liquides, mousseuses et de couleur chamois. On observe aussi de l'anorexie et un certain état de nervosité mais sans troubles du sommeil. Dans des cas limites, la giardiose peut entraîner de véritables syndromes de malabsorption intestinale.

Populations sensibles

Affection épidémique à prédominance infantile, la giardiose se manifeste différemment selon l'âge et le sexe, touchant plus fréquemment l'homme que la femme.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

L'Homme, porteur asymptomatique, et diverses espèces animales constituent le réservoir de germes car il n'existe pas de spécificité stricte d'hôte.

Voies d'exposition

Le kyste est la forme de contamination. La transmission, toujours de type oro-fécal se fait selon deux modes :

- contamination indirecte par l'intermédiaire de l'eau (véhicule le plus souvent incriminé) ou des aliments (plus rarement).
- contamination de l'animal à l'Homme (directe ou indirecte).

Fréquence, incidence de la maladie

La giardiose est très fréquemment rencontrée en France. Par ailleurs, il n'est pas rare de la diagnostiquer chez des voyageurs revenant d'une région chaude ou tropicale où cette parasitose est particulièrement répandue et liée au péril fécal.

Tableau n°1 : Prévalence de la giardiase

Hôte	Pays	Prévalence
Homme	Monde	7%
	USA	8%
	Suisse	3,6%
	GB	2-10%
	France	1-6,3%
Mouton	Suisse	17,7%
Bovin	Suisse	10,4%
Chien	GB	20%
	Suisse	6,5%
Chat	GB	35%
	Suisse	5,3%

• Epidémies

Dans les pays développés, la giardiase est la parasitose intestinale la plus communément rencontrée. Ainsi aux USA entre 1946 et 1990, elle a été responsable de 27 % des épidémies d'origine hydrique avec plus d'une centaine d'épidémies représentant 25 000 cas.

Les épidémies d'origine hydrique ont fait l'objet aux USA de nombreuses études, le tableau n° 2 collationne les principales données. Ces épidémies sont généralement provoquées par contamination du réseau d'eau de boisson : déficience du système de traitement, contamination par des eaux brutes, par des castors...

Tableau n° 2 : Epidémies de giardiase d'origine hydrique

Période	Nombre d'épidémies	Cas	Pays
1946-1984	90	23000	USA
1986-1988	9	1167	USA
1989-1990	7	697	USA
1993	1	273	USA
1993	1	124	Canada

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

La Dose Minimale Infectieuse s'échelonne entre 10 et 100 kystes.

Concernant la relation dose effet, il existe une loi exponentielle pour *Giardia lamblia* (K=5023).

Traitement, vaccin

Chimiothérapie.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Les différentes approches comportent essentiellement 2 étapes :

- e) Techniques d'études de la concentration parasitaire (kystes)
- f) Techniques d'études de la viabilité présumée des kystes.

a) Techniques d'études de la concentration parasitaire

Trois étapes successives sont nécessaires.

- L'étape 1 a pour objectif de diminuer ou d'éliminer au maximum les interactions existant entre les kystes et toute la matière en suspension de l'effluent ou des boues.

Dans cette optique, il existe 2 familles de techniques différentes: les méthodes physiques et les méthodes diphasiques.

.les méthodes physiques font intervenir un traitement du sédiment composé de la matière en suspension par différentes solutions chimiques (détergents anioniques ou cationiques, formaldéhyde, hypochlorite de Na, soude...)

.les méthodes diphasiques associent :

un traitement par une solution chimique en vue d'éliminer au maximum les interactions,

la réalisation d'un système à 2 phases par l'addition d'un solvant à caractère lipophile permettant l'élimination d'une partie de la matière en suspension par concentration dans la phase lipophile du fait des ces caractéristiques physico-chimiques.

- L'étape 2 est une flottation dans des réactifs de dilution dont la densité est plus importante que celle des éléments recherchés.

- L'étape 3 est une quantification avec lecture au microscope optique (x100 ou x 400) suivant le protocole suivant : la quantification des kystes de protozoaires met en œuvre diverses techniques d'immunofluorescence plus ou moins adaptées à ce type de prélèvement.

Pour la recherche et le dénombrement des kystes de *Giardia* dans les boues, une importante recherche méthodologique reste à développer. Les techniques d'extraction-quantification des kystes à partir des boues actuellement disponibles sont peu nombreuses et peu performantes.

d) Technique d'études de la viabilité présumée des kystes

Il existe différents groupes de techniques d'évaluation de la viabilité des kystes de *Giardia* qui ont été testées soit sur des selles, soit, plus rarement, sur des eaux usées, voire exceptionnellement sur des boues. Des méthodes de coloration spécifiques des kystes viables ont été décrites. Les différents colorants utilisés sont l'éosine, l'iodure de propidium (PI), le bromure d'éthidium (BET), le bleu trypan, le diacétate de fluorescéine (FDA). Ils sont utilisés soit seuls soit en couplage (FDA-PI), (Immunofluorescence-PI). Elles peuvent être réalisées sur un petit nombre de kystes et permettent de calculer un pourcentage de kystes viables.

En conclusion, il n'existe pas de méthodes réellement fiables, adaptées à l'étude de la viabilité des kystes de *Giardia* à partir d'échantillons de boues.

Une technique utilisée pour quantifier les kystes dans les boues et estimer leur viabilité est la méthode FCIS (Filtration, Chromatographie gel filtration, Immunofluorescence et Staining), mais sa fiabilité reste à prouver.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Il faut souligner la présence systématique de kystes de *Giardia spp* dans les eaux usées brutes (Tableau n°3).

Tableau n° 3 : Concentration en kystes de *Giardia spp* dans différents types d'eaux

Type d'eaux	% échantillons positifs	Concentration en kystes
Eaux de boisson		< 0,1 kystes / 100 L*
Eaux de surface	40 - 80 %	10 ⁻¹ - 10 ² kystes / L
Eaux usées brutes	100 %	10 ¹ - 10 ³ kystes / L

Données américaines

La littérature française récente indique que *Giardia spp* est très fréquemment retrouvée dans les eaux. Ce parasite a été décrit à la fois dans les eaux résiduaires et dans les boues. Dans les boues, quelques données bibliographiques existent mais sont fortement discordantes (de 10¹ à 10⁶/L ou kg de boues). Une étude récente (NANCIE, 2000) indique des teneurs en kystes de *Giardia* allant de 2 à 4 log/kg pour des boues primaires, et un pourcentage d'échantillons positifs de 3,5 % dans des boues semi-déshydratées.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

- Température

La résistance des kystes varie considérablement de quelques jours à quelques semaines en fonction de la température :

4 à 6 jours	à 37 °C
1 mois	à 21 °C
2 mois	à 8°C
Température létale	55 - 62°C

Aux basses températures (gel, glace, neige), un faible pourcentage de kystes peut rester viable.

- pH

Dans les gammes de pH 2-4 et 8-10, seulement 10 % des kystes resteraient viables.

Résistance au traitement des déchets

Les kystes de *Giardia* présentent une résistance plus ou moins élevée à différents traitements de potabilisation (Tableau n° 4).

Tableau n° 4 : Impact des traitements de potabilisation sur les kystes de *Giardia intestinalis*

Traitement	Dose	Température °C	pH	Temps min.	Kystes éliminés
Cl ₂ *	1,5 - 8 mg/L	5 - 25	6 - 8	10	≥ 99 %
O ₃	0,15 - 0,5 mg/L	5 - 25	7	2 - 6	99 %
UV	42000 - 63000 μWS/cm ²				< 90 %
Filtration lente sur sable					99 - 100 %

* Eau sans demande en oxydant

En France, une étude portant sur l'évaluation des procédés actuels de traitement des boues, en terme de stabilisation et d'hygiénisation a donné les résultats suivants (tableau n°5).

Tableau n° 5 : Abattements observés pour *Giardia*, pour différents procédés.

Procédés	Abattement en <i>Giardia</i> totaux (kystes/10gMS, exprimé en log)	Abattement en <i>Giardia</i> viables (kystes/10gMS, exprimé en log)
Aération prolongée	0 à 6,4	0 à 4,8
Lagunage	2,3 à 5,6	0
Stabilisation psychrophile	0 à 1	0
Digestion aérobie thermophile	0 à 1	0 à 4,2
Digestion anaérobie	0 à 0,8	4 à 4,5
Compostage	0 à 3,6	0 à 2,9
Conditionnement physico-chimique	0,1 à 1,3	0 à 0,2
Chaux éteinte	0 à 5,9	0
Chaux vive	0 à 0,9	0 à 2,9
Séchage thermique	0 à 6	0
Conditionnement thermique	4,2 à 6,1	0

Capacité de survie dans l'environnement

Capacités de survie faibles. La survie est toujours plus courte en eaux marines qu'en eaux douces et n'excède pas 3 semaines sur les sols (Tableau n°6).

Tableau n° 6 : Survie des kystes de *Giardia intestinalis* dans l'environnement

Type de prélèvement	Survie
Eaux douces	14 - 60 jours
Eaux marines	20 jours*
Eaux usées	15 - 30 jours
Boues	3 mois
Sol	10 - 20 jours
Végétaux	10 - 15 jours

Seulement 10 % kystes viables

Une autre étude (M. Olson, université de Calgary, 2001) indique des temps de survie de 77 jours dans une eau à 5 °C, et de 49 jours dans des sols à 5 °C.

Transmissions secondaires

Les kystes sont éliminés dans les selles durant toute la durée de l'infection, souvent pendant des mois. La maladie apparaît de 6 à 15 jours après l'ingestion et l'excrétion des kystes et se poursuit au maximum jusqu'à 41 jours. Elle est variable et les individus peuvent être classés en excréteurs faibles, moyens ou élevés, la quantité de kystes rejetés quotidiennement pouvant atteindre jusqu'à 9.10^8 kystes.

Variations saisonnières

Concernant les épidémies, des pics saisonniers variables sont signalés : printemps et automne au Canada, automne-hiver en France. Aucune explication n'est apportée quant à l'existence de ces pics.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

- ECKERT J., 1993
Träger und Ausscheider von protozoen.
Zbl. hyg., 194, 173-185.
- FINCH G.R., BLACK E.K., LABATIUKC W., GYUREK L., BELOSEVIC M. (1993)
Comparison of *Giardia lamblia* and *Giardia muris* cyst inactivation by ozone.
Appl. Environ. Microbiol., 59, 3674-3680.
- FONTAINE J.P., DELAGE A., LAUVRAIRE M.C. (1984)
Sur l'épidémiologie de la giardiase.
Ann. parasitol. Hum. Comp., 59, 541-554
- GASSER R.B., ECKERT J., ROHRER L. (1987)
Infectivity of swiss *Giardia* isolates to birds and mice, and in vitro cultivation of trophozoites originating from sheep.
Parasitol. Res., 74, 103-111.
- HOFF J.C. (1986)
Inactivation of microbial agents by chemical disinfectants.
US-EPA. Research and Development. 1986, Report n° EPA-600/S2-86/067.
- KNIGHT R. (1980)
Epidemiology and transmission of giardiasis.
Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., 74, 433-435.
- RENDTORFF R.C. (1954)
The experimental transmission of human intestinal protozoan parasites.
Am. J. Hyg., 59, 209-220.
- RICE E.W., HOFF J.C., 1981
Inactivation of *Giardia lamblia* cysts by ultra violet irradiation.
Appl. Environ. Microbiol., 42, 546-547.
- ROSE J.B. (1993)
Enteric waterborne protozoa : hazard and exposure assessment in safety of water distribution balancing chemical and microbial risks.
Ed. Craun, 115-126.
- SMITH J.L., 1993
Cryptosporidium and *Giardia* as agents of foodborne disease.
J. Food Prod., 56, 451-461.
- WINSLAND J.K.D., NIMMO S., BUTCHER P.D., FARTHING M.J.G., 1989
Prevalence of *Giardia* in dogs and cats in the United - Kingdom : survey of an Essex veterinary clinic.
Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., 83, 791-792.

Autres éléments bibliographiques

- Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds71f.html>, mai 2001.
- ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.
- Thiriat L., *Valorisation agricole des boues résiduaires : dénombrement des kystes de Giardia sp. Et estimation de leur impact sur le risque sanitaire*, Thèse de doctorat, mars 1998.
- Bonnard R., INERIS, *Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, 2001.

SOURCE PRINCIPALE : ADEME,
*Les agents biologiques d'intérêt
sanitaire des boues d'épuration
urbaines, 1999.*

Dénomination

- GROUPE :
- FAMILLE :
- PATHOLOGIE : Helminthiases.

Caractéristiques

Les helminthes sont des vers infestant l'homme et les animaux, soit en tant qu'hôte intermédiaire, soit en tant qu'hôte définitif. Leur cycle de développement est souvent complexe.

Réglementation française

Les helminthes sont visés par la réglementation.

- L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) définit pour les boues hygiénisées une teneur maximale en œufs d'helminthes pathogènes viables de 3 œufs / 10g MS.
- Les œufs et les larves de nématodes font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Les œufs et les larves doivent être absents dans un gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les fraises, ils doivent être absents dans 25 grammes. La méthode d'analyse utilisée doit être celle utilisant le MgSO₄ (pour les œufs) et celle préconisée par la norme LV 02-9201 (1992) pour les larves.
- La norme française homologuée NF U 44-551, concernant les supports de culture requiert l'absence d'œufs de nématodes viables dans 1 g de matière brute (méthode d'analyse au MgSO₄).
- La norme française homologuée NF U 44-095, concernant les amendement organiques contenant des matières issues du traitement des eaux d'intérêt agronomique et les produits élaborés par compostage, requiert l'absence d'œufs de nématodes viables dans 1 g de matière brute pour toutes les cultures sauf les cultures maraîchères et l'absence dans 25 g de matière brute pour les cultures maraîchères (méthode d'analyse au MgSO₄).

Répartition géographique

Gamme d'hôtes

Homme et nombreux animaux.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Variabilité selon les espèces considérées.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

L'analyse parasitologique des boues urbaines peut fournir deux informations quant à la contamination par les œufs d'Helminthes intestinaux :

- . une information quantitative obtenue par un dénombrement des oeufs présents dans les boues,
- . une information qualitative résultant de l'étude de la viabilité des oeufs extraits des boues.

Dans le premier cas, la simple numération est une donnée peu représentative du niveau réel de contamination, l'une des particularités des oeufs d'Helminthes étant une coque à base de chitine qui leur confère une grande résistance dans le milieu extérieur. Lors d'un séjour dans une boue ayant subi différents types de traitements, cette coque peut conserver l'ensemble

de son intégrité au niveau de sa structure externe avec cependant une altération fonctionnelle du zygote contenu dans cet oeuf avec comme corollaire la perte de son pouvoir infestant.

Lors d'une simple analyse quantitative, cet oeuf est intégré aux résultats et dans ce cas le risque parasitaire est surestimé du fait d'une quantification d'un nombre important d'oeufs ayant perdu leur viabilité.

Pour éliminer ce risque d'erreur, une deuxième approche consiste à étudier la viabilité des oeufs de nématodes intestinaux. Ces oeufs d'Helminthes sont retrouvés dans les boues alors qu'ils sont à un stade unicellulaire et ils doivent s'embryonner dans le milieu extérieur pour atteindre le stade larvaire infectieux. Classiquement, cette évolution n'intervient pas dans les boues du fait d'une disponibilité trop faible en oxygène, mais il est possible d'étudier ce développement après extraction.

Avec ce type d'analyse, seuls les oeufs atteignant le stade larvaire sont quantifiés et ces oeufs sont considérés comme viables. Cette deuxième approche élimine la surestimation du risque parasitaire inhérent à la simple méthode quantitative.

Les différentes approches visant à définir la contamination parasitaire dans les boues, comportent essentiellement 2 étapes :

g) Techniques d'études de la concentration parasitaire (oeufs)

h) Techniques d'études de la viabilité présumée des oeufs.

a) Techniques d'études de la concentration parasitaire

Trois étapes successives sont nécessaires.

L'étape 1 a pour objectif de diminuer ou d'éliminer au maximum les interactions existant entre les oeufs et toute la matière en suspension de l'effluent ou des boues.

Dans cette optique, il existe 2 familles de techniques différentes: les méthodes physiques et les méthodes diphasiques.

.les méthodes physiques font intervenir un traitement du sédiment composé de la matière en suspension par différentes solutions chimiques (détergents anioniques ou cationiques, formaldéhyde, hypochlorite de Na, soude...)

.les méthodes diphasiques associent :

un traitement par une solution chimique en vue d'éliminer au maximum les interactions

la réalisation d'un système à 2 phases par l'addition d'un solvant à caractère lipophile permettant l'élimination d'une partie de la matière en suspension par concentration dans la phase lipophile du fait des ces caractéristiques physico-chimiques.

L'étape 2 est une flottation dans des réactifs de dilution dont la densité est plus importante que celle des éléments recherchés.

L'étape 3 est une quantification avec lecture au microscope optique (x100 ou x 400) suivant le protocole suivant : la technique consiste à les numérer après flottation avec l'utilisation de cellule de comptage.

Des techniques de dénombrement (totales et viables) sont connues. Un important effort de validation, voire de normalisation, reste à faire.

e) Technique d'études de la viabilité présumée des œufs et des kystes

Dans l'environnement et, plus particulièrement dans les boues, ce sont essentiellement les techniques étudiant la viabilité des œufs de nématodes (*Ascaris*, *Toxocara*, *Trichuris*, *Capillaria*) qui sont développées.

Ces techniques utilisent les caractéristiques du cycle des nématodes avec notamment le passage du stade œuf unicellulaire au stade œuf contenant une larve car la majorité des œufs de nématodes retrouvés dans les boues sont rejetés dans les selles à l'état de zygote unicellulaire.

Dans les boues, la maturation au stade larvaire est exceptionnelle et les œufs restent donc dans la majorité des cas au stade initial. L'objectif de ces techniques consiste donc à tester la capacité de ces œufs présents dans les boues, à évoluer au stade larvaire après leur avoir fourni les conditions favorables à leur développement.

Dans ce cas de figure, le développement au stade larvaire permet de conclure à la viabilité de l'œuf mis en évidence.

Dans les eaux, la recherche simple des œufs d'helminthes se fait par enrichissement dans les laboratoires d'analyse. Dans les boues, la recherche, le dénombrement et la viabilité se fait grâce à la méthode précédente. Pour les larves, il existe la norme AFNOR LV 02-9201 (1992).

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Quelques auteurs ont montré la présence systématique d'helminthes en eaux résiduaires. Les quantités et les espèces semblent varier selon l'origine des effluents. La littérature souligne l'importance du réservoir animal.

Les œufs d'helminthes recherchés dans les boues appartiennent généralement au genre *Ascaris*. Les genres *Trichuris*, *Toxocara*, *Taenia*, et *Hymenolepis* ont également été dénombrés, mais le genre *Ascaris* représenteraient 90 à 95 % des œufs d'helminthes retrouvés dans les boues. Leur densité dans les boues fraîches varient d'un niveau non détectable à plus de 10^3 œufs par 10 g (M.S.) ou par 100 ml (M.H.) de boues. Ces densités fluctuent en fonction de la taille des stations d'épuration ou leur raccordement à des abattoirs. Dans les boues stabilisées par digestion et dans les boues ayant subi un post traitement, les densités peuvent encore atteindre près de 10^3 œufs par 10 g (M.S.) ou par 100 ml (M.H.) de boues.

Tableau n°1 : Charge en parasites des boues et produits transformés (Source : Rapport NANCIE, 2000)

	Boues primaires	Boues secondaires	Boues semihydratées	Compost	Cakes de boues
Œufs d'Helminthes			113 à 194 / 100g		
Œufs de nématodes	1 à 4 log/kg			13 / 100g	
Œufs de cestodes	0 à 3 log/kg		23 à 47 / 100g	1 / 100g	
Œufs d'Ascaris		5 à 100 / kg	60 à 100 / 100g	< 0,3 / g MS	1900 / kg
Œufs d'Hymenolepis		10 à 50 / kg			
Œufs de Taenia		5 à 10 / kg			6500 / kg
Œufs de Toxocara		10 à 50 / kg	45 à 80 / 100g		
Œufs de Trichuris		10 à 50 / kg			2840 / kg

Les pourcentages de viabilité des helminthes présents dans les boues n'ayant subi aucun traitement varient de 27 % à 94 %, alors que dans les boues stabilisées, la proportion d'œufs viables s'échelonne généralement de 0 à 52 %.

Dans la fraction fermentescible des ordures ménagères, des œufs d'helminthes ont déjà été isolés à raison de 8 échantillons positifs sur 23, représentant en moyenne 6,6 œufs / 10g (Source ADEME, résultats du programme QUALORG non publiés au moment de la rédaction du mémoire).

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Œufs très résistants.

Résistance au traitement des déchets

Leurs œufs sont doués d'une extrême résistance liée généralement à la présence d'une coque protectrice.

En France, une étude portant sur l'évaluation des procédés actuels de traitement des boues, en terme de stabilisation et d'hygiénisation a donné les résultats suivants (tableau n°2).

Tableau n° 2 : Abattements observés pour les helminthes, pour différents procédés.

Procédés	Abattement en helminthes totaux (œufs/10gMS, exprimé en log)	Abattement en helminthes viables (œufs/10gMS, exprimé en log)
Aération prolongée	0 à 2	0 à 1
Lagunage	0 à 22	0 à 10
Stabilisation psychrophile	0 à 9	0 à 9
Digestion aérobie thermophile	0 à 10	1 à 9
Digestion anaérobie	0 à 7	0 à 9
Compostage	0 à 17	0 à 5
Conditionnement physico-chimique	0 à 8	0 à 2
Chaux éteinte	0 à 23	0 à 8
Chaux vive	0 à 49	0 à 45
Séchage thermique	0 à 88	0 à 17
Conditionnement thermique	5 à 19	0

Capacité de survie dans l'environnement

De la même façon, leurs œufs sont doués d'une extrême résistance liée généralement à la présence d'une coque protectrice. Leur durée de survie dans l'environnement s'échelonne de plusieurs semaines à de nombreux mois, voire des années (taenia).

Transmissions secondaires

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.

Cadiegues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*, thèse doctorale, juin 2000.

Colin F., NANCIE, *Micropolluants organiques et germes pathogènes dans les boues d'eaux résiduaires*, rapport final, juin 2000.

Dénomination

- GROUPE : Nématelminthes
- FAMILLE : Nématodes
- GENRE : *Strongyloïdes*
- ESPÈCE TYPE : *Strongyloïdes stercoralis*
- PATHOLOGIE : Anguillulose ou stongyloïdose.

Caractéristiques

L'anguillulose est une nématodose assez fréquemment rencontrée en France chez des sujets migrants. Elle est due à *Strongyloïdes stercoralis*. En Afrique noire et en Asie, une anguillule du singe *S. fülleborni* peut se rencontrer chez l'homme, la symptomatologie étant identique.

S. stercoralis existe sous la forme d'adultes parasites dont on connaît seulement la femelle dite parthénogénétique, d'adultes libres mâles et femelles (formes stercorales) et de larves.

- La femelle parthénogénétique mesure environ 2,5 mm.
- La femelle libre stercorale mesure 1 mm de long, l'oesophage est dit rhabditoïde car il présente un étranglement et deux renflements piriformes.
- Le mâle libre est encore plus petit : 0,7 mm.
- Les larves rhabditoïdes ont un resophage à deux renflements, elles mesurent 250 à 300 µm et se trouvent dans les selles.
- Les larves strongyloïdes sont les larves infestantes ; elles mesurent 600 à 700 µm sur 12 µm. Elles sont longues, étroites, à oesophage cylindrique.

Cycle

S. stercoralis parasite seulement l'homme. Il présente deux modes de multiplication, qui expliquent la persistance de la parasitose :

- sur le sol, une multiplication sexuée.
- chez l'homme, où l'infestation peut exister presque indéfiniment, une reproduction parthénogénétique.

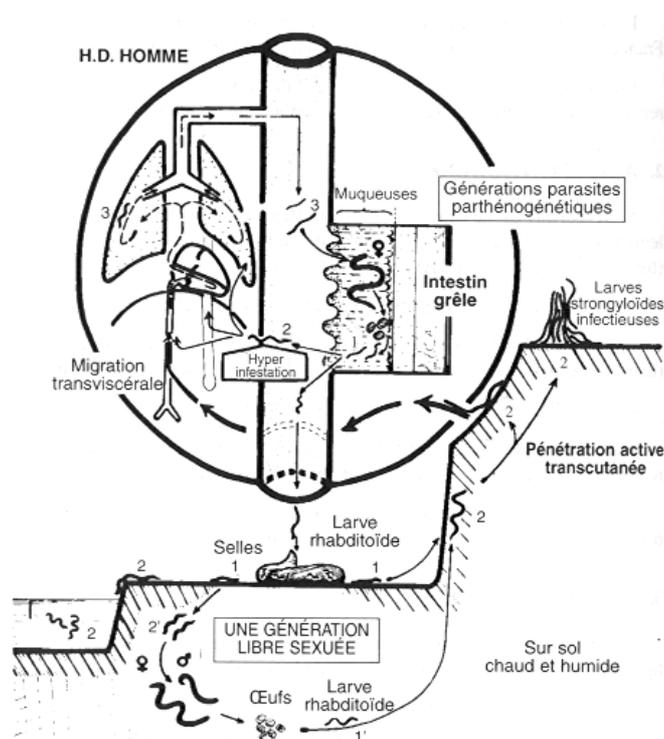


Figure n°1 : Cycle évolutif de l'anguillule

. Chez l'homme

Le cycle est voisin de celui des ankylostomes. La forme infestante (larve strongyloïde) pénètre à travers la peau puis, par le système lymphatique et la circulation gagne le poumon. Elle remonte les voies aériennes pour être déglutée et se retrouver, femelle parthénogénétique, dans l'intestin grêle où elle s'enfonce dans la muqueuse pour pondre des œufs. Ceux-ci éclosent sur place et donnent les larves rhabditoïdes qui vont gagner la lumière intestinale pour être éliminées par les selles. Ce cycle est assez rapide: la pénétration à travers la peau dure 3 à 5 minutes, la phase pulmonaire se situe entre le 6^e et le 8^e jour ; vers le 17^e jour, le duodénum et le jéjunum supérieur sont atteints et les larves apparaissent vers le 27^e jour dans les selles.

. Sur le sol

La multiplication passe par la transformation des larves rhabditoïdes en adultes libres stercoraux mâles et femelles qui s'accouplent, donnent des œufs puis des larves rhabditoïdes de «deuxième génération». Les conditions dépendent du sol, de la température supérieure à 20°C, de l'humidité, facilitant ou non ce cycle stercoral.

La transformation de la larve rhabditoïde en larve strongyloïde infestante dépend aussi des conditions du milieu extérieur et de la température ambiante, elle se fait en 3 à 5 jours. La durée de vie de la larve strongyloïde ne dépasse pas 18 jours pendant lesquels elle ne s'alimente pas. Cette transformation se produit soit directement, soit après un stade d'adultes sexués.

. Cycle direct endogène

il existe, particularité biologique propre à l'anguillule, un cycle interne par transformation directe des larves rhabditoïdes en larves strongyloïdes infestantes, sans passage dans le milieu extérieur, pouvant se réaliser dans le tube digestif ou au niveau de la marge anale. Ce cycle interne explique la ténacité et la durée (jusqu'à 30 ans et plus) de cette parasitose ainsi que les formes malignes de la maladie, notamment en cas de corticothérapie.

Réglementation française

- L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) défini pour les boues hygiénisées une teneur maximale en œufs d'helminthes pathogènes viables de 3 œufs / 10g MS.
- Les œufs et les larves de nématodes font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Les œufs et les larves doivent être absents dans un gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les fraises, ils doivent être absents dans 25 grammes. La méthode d'analyse utilisée doit être celle utilisant le MgSO₄ (pour les œufs) et celle préconisée par la norme LV 02-9201 (1992) pour les larves.

Répartition géographique

L'anguillulose a une aire d'extension plus vaste que celle de l'ankylostomose ; *S. stercoralis* se contente pour survivre de températures plus basses. Elle se voit dans tous les pays tropicaux et sub-tropicaux. Elle atteint le sud de l'Europe. En France, la majorité des cas sont importés (Antilles, Réunion, réfugiés du sud-est asiatique, sujets originaires d'Afrique noire...). La contamination autochtone est cependant possible. La pathogène présente un intérêt sanitaire en Guyane, Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion.

Gamme d'hôtes

Homme.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Symptomatologie classique : signes intestinaux (les plus fréquents, 50% des cas), signes cutanés, signes pulmonaires. Dans la majorité des cas, les formes cliniques concernent des formes latentes, asymptomatiques. Dans un petit nombre de cas, il s'agit de formes retardées, diagnostiquées 15 ou 20 ans après la contamination. Il existe des formes graves, parfois mortelles, survenant sur un terrain débilité ou immuno-déprimé.

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Homme.

Voies d'exposition

Probablement par contact cutané : la larve issue de matières fécales pénètre à travers la peau.

Fréquence, incidence de la maladie

En France, parasitose fréquente chez les migrants. La majorité des cas sont importés. Elle se voit fréquemment dans les pays tropicaux et sub-tropicaux.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

Traitement, vaccin

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Les différentes approches visant à définir la contamination parasitaire dans les boues, comportent essentiellement 2 étapes :

- Techniques d'études de la concentration parasitaire (oeufs)
- Techniques d'études de la viabilité présumée des oeufs.

a) Techniques d'études de la concentration parasitaire

Trois étapes successives sont nécessaires.

L'étape 1 a pour objectif de diminuer ou d'éliminer au maximum les interactions existant entre les oeufs et toute la matière en suspension de l'effluent ou des boues.

Dans cette optique, il existe 2 familles de techniques différentes: les méthodes physiques et les méthodes diphases.

.les méthodes physiques font intervenir un traitement du sédiment composé de la matière en suspension par différentes solutions chimiques (détergents anioniques ou cationiques, formaldéhyde, hypochlorite de Na, soude...)

.les méthodes diphases associent :

un traitement par une solution chimique en vue d'éliminer au maximum les interactions

la réalisation d'un système à 2 phases par l'addition d'un solvant à caractère lipophile permettant l'élimination d'une partie de la matière en suspension par concentration dans la phase lipophile du fait des ces caractéristiques physico-chimiques.

L'étape 2 est une flottation dans des réactifs de dilution dont la densité est plus importante que celle des éléments recherchés.

L'étape 3 est une quantification avec lecture au microscope optique (x100 ou x 400) suivant le protocole suivant : la technique consiste à les numérer après flottation avec l'utilisation de cellule de comptage.

Des techniques de dénombrement (totales et viables) sont connues. Un important effort de validation, voire de normalisation, reste à faire.

b) Technique d'études de la viabilité présumée des œufs et des kystes

Dans l'environnement et, plus particulièrement dans les boues, ce sont essentiellement les techniques étudiant la viabilité des œufs de nématodes (*Ascaris*, *Toxocara*, *Trichuris*, *Capillaria*) qui sont développées.

Ces techniques utilisent les caractéristiques du cycle des nématodes avec notamment le passage du stade œuf unicellulaire au stade œuf contenant une larve car la majorité des œufs de nématodes retrouvés dans les boues sont rejetés dans les selles à l'état de zygote unicellulaire.

Dans les boues, la maturation au stade larvaire est exceptionnelle et les œufs restent donc dans la majorité des cas au stade initial. L'objectif de ces techniques consiste donc à tester la capacité de ces œufs présents dans les boues, à évoluer au stade larvaire après leur avoir fourni les conditions favorables à leur développement.

Dans ce cas de figure, le développement au stade larvaire permet de conclure à la viabilité de l'œuf mis en évidence.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Faibles capacités de survie dans l'environnement.

Transmissions secondaires

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.

Dénomination

- GROUPE : Plathelminthes
- FAMILLE : Cestodes
- GENRE : *Taenia*
- ESPÈCE TYPE : *Taenia saginata*, *Taenia solium*
 - Nom français : Ténia du bœuf, Ténia du porc
 - Nom anglais : Beef tapeworm, Porc tapeworm
- PATHOLOGIE :
 - Français - Chez Homme : Taeniasis
 - Pour Bétail : Cysticercose
 - Anglais - Chez Homme : Taeniasis
 - Pour Bétail : Cysticercosis

Caractéristiques

Ce sont de grands cestodes constitués d'une chaîne de 500 à 2 000 anneaux prenant naissance à partir d'un scolex d'environ 1 mm de diamètre, porteur de 4 ventouses. Chaque anneau présente un pore génital latéral. Les anneaux terminaux sont seuls mûrs. Ils mesurent environ 2 cm de long sur 6 à 8 mm de large, ont un utérus ramifié clos, sans orifice de ponte.

T. saginata, le plus grand, peut atteindre 10 m. Seul le scolex de *T. solium* porte, outre les ventouses, 2 couronnes de crochets (ténia armé). Les ramifications latérales de l'utérus sont plus nombreuses chez *T. saginata* (une vingtaine de chaque côté) que dans l'autre espèce. Les pores génitaux sont régulièrement alternés chez *T. solium*, irrégulièrement chez *T. saginata*.

Cycle

Ces ténias à l'état adulte sont spécifiques de l'homme et vivent dans l'intestin grêle. Les derniers anneaux de l'extrémité de la chaîne arrivés à maturité se détachent de celle-ci et sont rejetés dans le milieu extérieur. La destruction des anneaux libère des oeufs à double enveloppe dont la plus externe disparaît très vite. C'est donc sous forme d'embryophores ovoïdes de 35 à 50 µm de diamètre à paroi épaisse brune qu'ils sont retrouvés disséminés dans la nature, ils sont ingérés par l'hôte intermédiaire (le bœuf ou le porc). Les embryons libérés dans le tube digestif traversent sa paroi et sont dispersés dans l'organisme notamment au niveau des muscles. Ils s'y fixent et se transforment en quelques mois en cysticerques, formes larvaires, plus ou moins arrondies, avec un scolex invaginé (replié à l'intérieur).

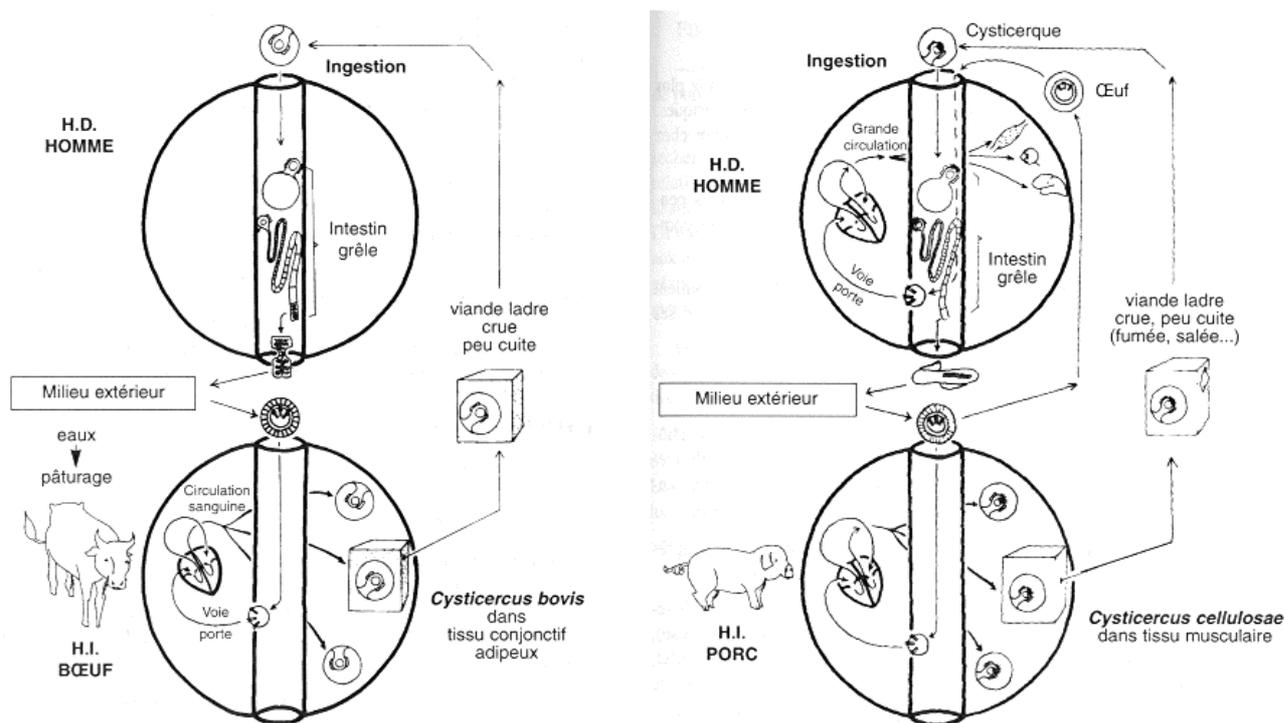


Figure n° 3 : Cycles évolutifs de *Taenia saginata* (à gauche) et *Taenia solium* (à droite).

Réglementation française

L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) définit pour les boues hygiénisées une teneur maximale en œufs d'helminthes pathogènes viables de 3 œufs / 10g MS.

Répartition géographique

Lié à la consommation de viande, le téniasis à *Taenia saginata* est une pathologie cosmopolite avec répartition inégale dans le monde (Tableau n°1).

Taenia saginata : répandu dans le monde entier; fréquent dans les régions où l'on consomme de la viande de boeuf mal cuite (Yougoslavie, pays musulmans, Éthiopie et Kenya), moins fréquent en Amérique centrale et en Amérique du Sud. En France où le pathogène est d'importance sanitaire, on observe une répartition inégale des taux d'infection à *Taenia saginata*.

Taenia solium : répandu dans le monde entier; particulièrement fréquent dans les régions où l'on consomme de la viande de porc mal cuite et où les mesures d'hygiène sont déficientes, très fréquent à Madagascar, à la Réunion, dans certaines régions d'Amérique centrale, d'Afrique noire, d'Asie, d'Europe centrale et orientale. Ce pathogène présente un intérêt sanitaire en Guyane, Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion.

Tableau n°1 : Prévalence de *Taenia saginata*

Pays à prévalence > à 10 %	Afrique Centrale et de l'Est Caucase...
Pays à prévalence modérée	Europe, Allemagne (0,5-2 %) Japon
Pays à prévalence faible	USA (0,05 - 0,1 %) Canada

Gamme d'hôtes

L'homme est l'hôte définitif, le bétail (*taenia saginata*) ou le porc (*taenia solium*) sont les hôtes intermédiaires.

Symptômes et gravité de la maladie

La présence de *T. solium* ou de *T. saginata* adulte chez l'homme est le plus souvent relativement bien tolérée, mises à part nausées, crampes épigastriques, diarrhées et perturbation de l'appétit (boulimie chez certains, anorexie chez d'autres).

Les manifestations précitées sont souvent beaucoup plus marquées pendant la phase de maturation du ver et elles s'atténuent quand celui-ci commence à donner signe de son existence par l'émission d'anneaux.

Le diagnostic de *T. saginata* est presque toujours évoqué par le patient lui-même qui trouve les anneaux dans son linge ou les observe sur ses matières fécales.

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

L'homme, le bétail (*taenia saginata*) ou le porc (*taenia solium*).

Voies d'exposition

L'homme s'infestera en ingérant le cysticerque avec de la viande de boeuf ou de porc crue ou insuffisamment cuite. Sous l'action des enzymes digestifs, le scolex se dévagine et à sa base la chaîne d'anneaux se constitue en 2 à 3 mois. Si l'homme est toujours le point de départ il faut souligner l'existence de voies de transmission très variées (Fig. n°4)

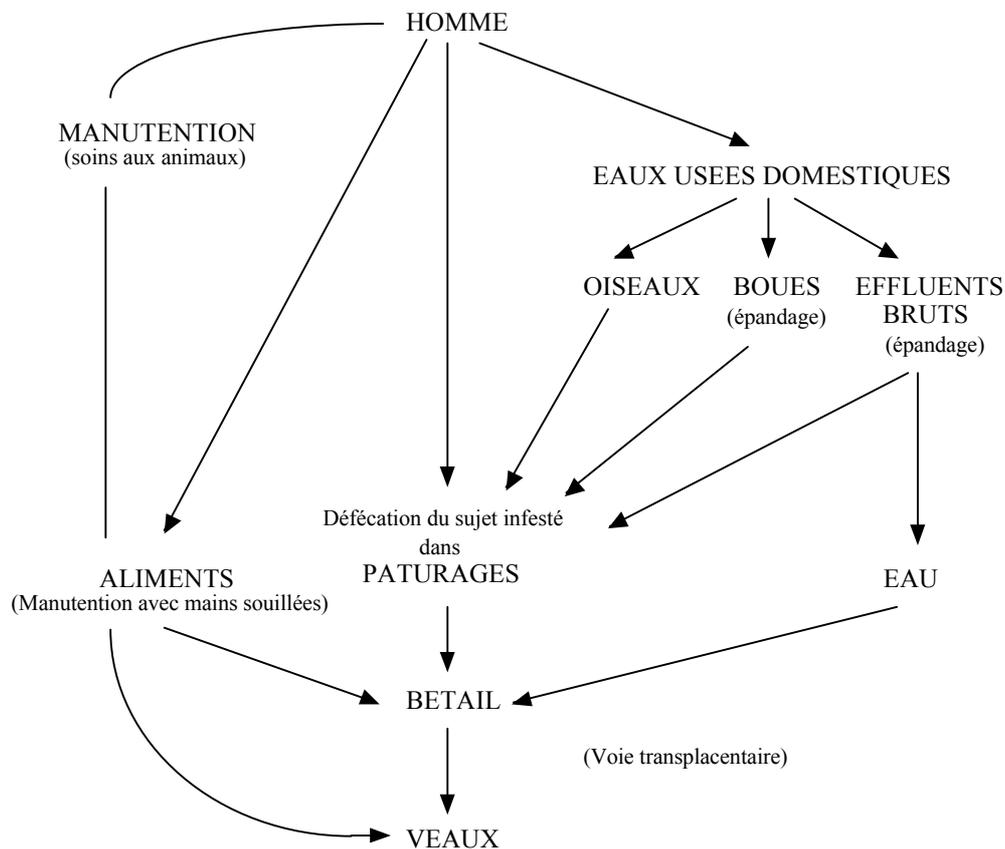


Figure n° 4 : Voies de transmission de *Taenia saginata*

Ainsi les oiseaux lariformes (mouettes, goélands) pourraient être responsables de la dissémination des oeufs de Ténia à partir des décharges ou des stations d'épuration. En effet, des expérimentations de laboratoire ont révélé que, après ingestion d'oeufs de Ténia par ces oiseaux, ceux-ci étaient retrouvés avec leur pouvoir infestant intact dans leurs fèces.

Fréquence, incidence de la maladie

En France, *T. saginata* est un parasite banal. Il touche actuellement près de 0,5% de la population en âge de manger de la viande. Cette téniaose est favorisée par des habitudes alimentaires qui consistent à peu cuire la viande de boeuf quand ce n'est pas à la consommer crue.

Par contre *T. solium* ne se voit en France que sous forme de cas importés. Le contrôle des viandes et la tradition culinaire (viande de porc bien cuite) ont permis de l'éliminer. *T. solium* n'existe pas dans les pays où la religion interdit la

consommation du porc (pays musulmans, communautés de religion juive...). Il est par contre très fréquent à Madagascar, à la Réunion, dans certaines régions d'Amérique centrale, d'Afrique noire, d'Asie, d'Europe centrale et orientale.

En France, on observe une répartition inégale des taux d'infection à *Taenia saginata* :

- des régions avec de faible taux d'infestation (Ouest, Extrême Est, Régions Sud et Est du Massif Central)
- des régions avec une incidence plus importante (Normandie et région parisienne, Sud Ouest, Région Provence Côte d'Azur).

Si les prévalences chez l'homme sont assez faibles, en revanche au niveau du bétail (cysticercose) on observe des pertes économiques non négligeables.

Ainsi, certains font état dans divers pays d'Europe de taux de prévalence des cysticercoses chez le bétail de 5 à 12 %.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

DMI inconnue.

Traitement, vaccin

Chimiothérapie.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

La technique de recherche est la même que pour les nématodes.

Plusieurs des techniques de dénombrement utilisées pour les nématodes ont été testées sur les œufs de *Taenia*. Mais la plupart de ces techniques se sont avérées peu efficaces (la plus efficace étant la technique de triple flottation).

Concernant la viabilité des œufs, les mêmes techniques que pour les nématodes ont été appliquées, mais ne sont pas encore très fiables pour les *Taenia*.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Les œufs de *Taenia* sont fréquemment isolés dans des boues d'épuration urbaines.

Les valeurs citées dans la littérature sont très hétérogènes (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Niveau de contamination des boues par des oeufs de Ténia

Pays	Oeufs de Ténia
France	37 - 1020 / 100 g. M.S.
G.B.	1 - 5 / L

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

• Température

Sur la figure n°5, l'étude de l'influence de la température a permis de définir en fonction du temps une zone de sécurité.

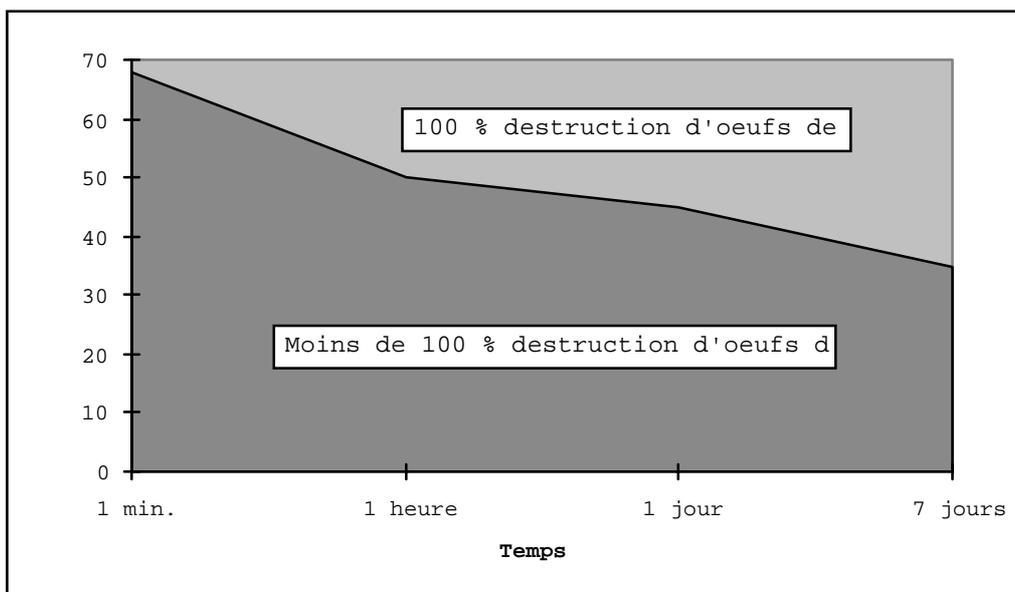


Figure n°5 : Influence du temps et de la température sur la survie des oeufs de Ténia

• **pH**

Pour les oeufs de Ténia, à pH 11 obtenu par chaulage et après un temps de contact de 4 heures, la coque est altérée mais l'embryon reste viable. En revanche à pH 11,5, la viabilité disparaît.

Résistance au traitement des déchets

• **Impact des traitements**

Quelques traitements sont passés en revue dans le tableau n° 3.

Tableau n° 3 : Impact des traitements des boues sur les oeufs de Ténia

Traitement	Résultats
Pasteurisation (70°C - 30 min.)	Efficace
Radiation (300 Krad)	Efficace
Digestion mésophile (1 mois - 30°C)	Infectiosité des oeufs chute fortement
Compostage (en andains)	Peu efficace
Chaulage (pH > 12 - 24 heures)	Efficace

Capacité de survie dans l'environnement

Bonnes capacités de survie dans le milieu extérieur. Les œufs conservent leur viabilité dans l'environnement durant des mois.

• **Survie dans les eaux et les boues**

Elle est très variable en fonction du type d'échantillons et de la température (Tableau n°4).

Tableau n°4 : Survie des oeufs de Ténia dans les eaux et les boues

Type de prélèvements	Température	Survie (jours)
Eaux douces	2°-5°C	95-335 jours
	20°-30°C	17-60 jours
Eaux usées	18°C	16-20 jours
Boues	Régions tempérées 24-30°C	> 360 jours

• Survie dans les sols

Les durées de survie pour les oeufs de Ténia sur les sols s'échelonnent de 4 jours à plus de 200 jours. L'extrême dispersion des résultats est liée à divers facteurs : ensoleillement ou ombre, humidité, température (Tableau n°5).

Tableau n° 5 : Survie des oeufs de Ténia dans le sol

Saison	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
Exposition				
Ombre	9-15 jours	50-60 jours	60-160 jours	50-90 jours
Soleil	4-14 jours	20-40 jours	70-230 jours	30-70 jours

• Survie sur les végétaux destinés à l'alimentation du bétail

Différentes études montrent que sur des prairies où sont effectués des épandages de boues ou d'eaux usées des oeufs de Ténia peuvent être retrouvés et des épidémies de cysticerose ont été décrites chez le bétail (Tableau n°6).

Tableau n° 6 : Influence du temps d'attente entre l'épandage et le pâturage sur la prévalence de la cysticerose animale

Délai entre l'épandage et le pâturage	Nombre de cysticerques par animal infecté
5 - 6 semaines	141
9 - 10 semaines	11
18 semaines	0

Leur survie est inversement proportionnelle à la température. Ces oeufs peuvent survivre de 6 à 12 mois en atmosphère humide, en période de sécheresse leur survie n'excède pas 2 mois (Tableau n°7).

Tableau n° 7 : Survie des oeufs de Ténia sur prairies et ensilage

Type de prélèvement	Température ou saison	Survie
Ensilage	10°C	80 jours
Prairie	Printemps	100-160 jours
	Été	10-60 jours
	Automne	30 jours
	Hiver	160 jours

Transmissions secondaires

Taenia saginata : ne se transmet pas directement d'une personne à l'autre. Les oeufs éliminés par les personnes infectées ne sont infectieux que pour le bétail. Les oeufs peuvent continuer à être excrétés pendant plus de 30 ans.

Taenia solium : la transmission directe d'une personne à l'autre est possible.

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

BARBIER D., PERRINE D., GEORGES P. (1989)
Mise en évidence et quantification des embryophores de *T. saginata* dans les boues résiduaires.
Med. Mal. Inf., 19, 5, 315-318.

CREWE W. (1984)
Transmission of *T. saginata*.
Annals of Tropic. Med. Parasitol., 78, 248-251.

CREWE W., OWEN R.R. (1983)
The parasitology of sewage sludge in cold climates with special reference to the UK.
In Wallis, Lehman « Biological hazard associated with the terrestrial disposal of sewage sludge in cold climates », University of Calgary, Calgary Alberta, 121-138.

HAMMERBERG B., Mc INNIS G.A., HYLER T. (1978)
T. saginata cysticercei in grazing steers in Virginia.
JAVMA, vol.173, 11, 1462-1465.

HANNAN J., COLLINS J.D. (1983)
Parasites and the land application of sewage sludge with particular reference to *T. saginata*.
J. Fr. Hydrol., 14, 299-307.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds150f.html>, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds151f.html>, mars 2001.

ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.

J. Cabaret, S. Geerts, M. Madeline, C. Ballandonne, D. Barbier, *The use of urban sewage sludge on pastures : the cysticercosis threat*, Veterinary Research, septembre-octobre 2002.

LARIVIERE M., BEAUVAIS B., DEROUIN F., TRAORE F. (1987)
Parasitologie médicale.
Ed. Ellipses, 238 p.

PIKE E.B. (1985)
Recent UK research on incidence transmission and control of *Salmonella* and parasitic ova in sludge.
In inactivation of microorganisms in sewage sludge by stabilization processes.
Ed. Strauch, Havelaar, Lhermite, 50-59

ROSAZ C. (1991)
Risques sanitaires liés à l'épandage des boues de stations d'épuration. Application à la revégétalisation des pistes de ski.
Thèse Ecole Nationale Vétérinaire, Lyon.

SILVERMAN P.H., GRIFFITHS R.B. (1955)
A review of methods of sewage disposal in great britain with special reference to the epizootiology of cysticerce bovis.
436-450.

SOURCE PRINCIPALE : ADEME,
*Les agents biologiques d'intérêt
sanitaire des boues d'épuration
urbaines*, 1999.

Dénomination

- GROUPE : Némathelminthes
- FAMILLE : Nématodes
- GENRE : *Toxocara*
- ESPÈCES TYPE :
 - Nom français : *Toxocara canis*, *Toxocara cati*
 - Nom anglais : Round worm of dog, Round worm of cat
- PATHOLOGIE :
 - Français : Toxocarose ou larva migrans viscérale à *Toxocara*
 - Anglais : Toxocariasis ou human visceral larva migrans

Caractéristiques

L'agent responsable de la toxocarose est le plus souvent *Toxocara canis* (parasite du chien), il s'agit parfois de *Toxocara cati* (parasite du chat).

Toxocara canis est un parasite proche des ascaris humains qui vit normalement dans l'intestin grêle des chiens (5 à 10 cm de long pour le mâle, 9 à 18 cm pour la femelle).

Cycle

Le cycle est complexe.

- Chez le chiot: la migration est comparable à celle de l'ascaris humain chez l'homme.
- Chez le chien adulte: un œuf, embryonné après séjour dans le milieu extérieur, avalé par un chien adulte libère dans l'intestin une larve qui, après migration viscérale, finira par mourir après un certain nombre de semaines.
- Chez la chienne: le cycle est identique à celui observé chez le chien mais les larves en attente dans les viscères peuvent, si la chienne est pleine, ou bien devenir adultes dans l'intestin de l'animal ou bien, passant par voie trans-utérine ou ultérieurement par le lait, envahir les chiots chez qui elles se transforment en vers adultes intestinaux. En conséquence, un chiot qui n'a absorbé que le lait de sa mère peut être porteur de *Toxocara* adultes et être donc contaminant.
- Chez un autre animal (souris par exemple) : les larves restent en attente (stade L2) et ne finissent leur évolution en vers adultes que si cet animal est dévoré par un chien.

L'homme peut être hôte de ces larves L2. Il s'infeste en absorbant accidentellement des œufs (une femelle pond jusqu'à 200 000 œufs par jour) avec les aliments souillés par des crottes de chien. L'enfant qui porte à sa bouche ses mains salies par le contenu des bacs à sable court encore plus de risques.

Réglementation française

- L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) définit pour les boues hygiénisées une teneur maximale en œufs d'helminthes pathogènes viables de 3 œufs / 10g MS.
- Les œufs et les larves de nématodes font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Les œufs et les larves doivent être absents dans un gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les fraises, ils doivent être absents dans 25 grammes. La méthode d'analyse utilisée doit être celle utilisant le MgSO4 (pour les œufs) et celle préconisée par la norme LV 02-9201 (1992) pour les larves.

Répartition géographique

La toxocarose est une pathologie cosmopolite. En France, le syndrome de Larva Migrans viscérale est loin d'être rare et la séroprévalence semble élevée. Ce pathogène présente également un intérêt sanitaire en Martinique, à Mayotte et à la Réunion.

Gamme d'hôtes

Le chien et le chat sont les hôtes définitifs de *T. canis* et *T. cati*, respectivement. L'homme et d'autres mammifères sont des hôtes accidentels pour ces deux parasites.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

L'intensité des symptômes est fonction du degré d'infestation mais aussi de la sensibilité individuelle et de la localisation des larves. Le plus souvent, la toxocarose est asymptomatique, pouvant se traduire par une hyperéosinophilie élevée. Lorsque les manifestations cliniques existent, les plus fréquentes sont :

- . la fièvre (50% des cas) avec asthénie ;
- . des symptômes pulmonaires (20 à 50%) : toux, asthme ;
- . des signes cutanés: urticaire;
- . des manifestations nerveuses, plus rares: épilepsie, paralysies, encéphalites ...;
- . des complications oculaires ou cardiaques peuvent toujours survenir.

Populations sensibles

Enfants de moins de 6 ans.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Diverses espèces animales constituent le réservoir de germes. *Toxocara canis* est véhiculé par les chiens, les renards et les loups. Dans les selles de chiots parasités on trouve de 2 000 à 15 000 oeufs/g. Chats pour *T. cati*.

Voies d'exposition

La transmission s'effectue par voie buccale par l'ingestion d'oeufs infestants. La contamination différera légèrement selon l'âge du sujet.

- **Chez l'enfant**, la transmission est essentiellement en rapport avec la géophagie, certains enfants prenant l'habitude de manger de la terre. De ce fait, les enfants sont très exposés à absorber les oeufs de *Toxocara* et on a observé que les larva migrans toxocariennes affectent surtout les sujets de moins de 6 ans.

- **Chez l'adulte**, la contamination, beaucoup moins fréquente, relève de certaines habitudes alimentaires : consommation de fruits, légumes souillés par de la terre : c'est alors dans ce cas que peuvent évoluer les "épidémies familiales".

Fréquence, incidence de la maladie

La prévalence chez l'animal et l'homme est indiquée dans le tableau n°1.

Tableau n°1 : Prévalence de la toxocarose chez l'homme et l'animal

Hôte	Pays	Prévalence
Chien France (7 millions) USA (52 millions)	Pays industrialisés	7 - 52% chien adulte 49% chiots
Renard	GB	90%
Homme	France	2 - 10%
	GB (300 cas/an LMV*)	3% (donneurs de sang) 15% (enfants) 15% (éleveurs de chiens)
	Hollande	7% (donneurs de sang)
	Espagne	3,6%
	Allemagne Ex pays de l'est	2 - 5% (donneurs de sang) 13 - 17%
	USA (1000 cas/an LMV*)	7% 23% (population défavorisée)

* *Larva migrans viscérale*

Les taux de toxocarose sont élevés chez les enfants d'âge préscolaire présentant un comportement géophage. Les taux de larva migrans avec atteinte oculaire sont plus élevés chez les enfants d'âge scolaire. L'affection est diagnostiquée de plus en plus fréquemment chez l'humain. Les infections à *T. canis* sont beaucoup plus fréquentes.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

DMI Inconnue.

Traitement, vaccin

Chimiothérapie.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Les différentes approches visant à définir la contamination parasitaire dans les boues, comportent essentiellement 2 étapes :

- i) Techniques d'études de la concentration parasitaire (oeufs)
- j) Techniques d'études de la viabilité présumée des oeufs.

a) Techniques d'études de la concentration parasitaire

Trois étapes successives sont nécessaires.

L'étape 1 a pour objectif de diminuer ou d'éliminer au maximum les interactions existant entre les oeufs et toute la matière en suspension de l'effluent ou des boues.

Dans cette optique, il existe 2 familles de techniques différentes: les méthodes physiques et les méthodes diphasiques.

.les méthodes physiques font intervenir un traitement du sédiment composé de la matière en suspension par différentes solutions chimiques (détergents anioniques ou cationiques, formaldéhyde, hypochlorite de Na, soude...)

.les méthodes diphasiques associent :

un traitement par une solution chimique en vue d'éliminer au maximum les interactions

la réalisation d'un système à 2 phases par l'addition d'un solvant à caractère lipophile permettant l'élimination d'une partie de la matière en suspension par concentration dans la phase lipophile du fait des ces caractéristiques physico-chimiques.

L'étape 2 est une flottation dans des réactifs de dilution dont la densité est plus importante que celle des éléments recherchés.

L'étape 3 est une quantification avec lecture au microscope optique (x100 ou x 400) suivant le protocole suivant : la technique consiste à les numérer après flottation avec l'utilisation de cellule de comptage.

Des techniques de dénombrement (totales et viables) sont connues. Un important effort de validation, voire de normalisation, reste à faire.

c) Technique d'études de la viabilité présumée des œufs et des kystes

Dans l'environnement et, plus particulièrement dans les boues, ce sont essentiellement les techniques étudiant la viabilité des œufs de nématodes (*Ascaris*, *Toxocara*, *Trichuris*, *Capillaria*) qui sont développées.

Ces techniques utilisent les caractéristiques du cycle des nématodes avec notamment le passage du stade œuf unicellulaire au stade œuf contenant une larve car la majorité des œufs de nématodes retrouvés dans les boues sont rejetés dans les selles à l'état de zygote unicellulaire.

Dans les boues, la maturation au stade larvaire est exceptionnelle et les œufs restent donc dans la majorité des cas au stade initial. L'objectif de ces techniques consiste donc à tester la capacité de ces œufs présents dans les boues, à évoluer au stade larvaire après leur avoir fourni les conditions favorables à leur développement.

Dans ce cas de figure, le développement au stade larvaire permet de conclure à la viabilité de l'œuf mis en évidence.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Les oeufs de *Toxocara spp* sont retrouvés dans les eaux usées, les boues résiduaires et les sols. En terme de fréquence, ils sont pratiquement toujours présents dans les eaux usées brutes et les boues (Tableau n°3).

Tableau n°3 : Concentration en oeufs de *Toxocara spp* dans l'environnement

Prélèvement	Concentrations en oeufs	Pays	Commentaires
Eaux Usées Brutes	1 - 5 / L	Pays industrialisés	
Boues	24 - 64 / L	GB	
Boues	60 / 100 g M.S. 140 / 100 g M.S. 40 / 100 g M.S.	Lorraine Normandie Savoie	représente 30 à 50 % des oeufs d'helminthes retrouvés
Boues	230 / 100 g M.S. 150 / 100 g M.S.	USA	Boues laires 80 % oeufs viables Boues digérées en anaérobiose 52 % oeufs viables
	172 / 100 g. M.S.	USA	
Sol	0,5 - 11/10g 11-19% échantillons positifs	USA GB	Sol accessible aux chiens Sol accessible aux chiens

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Les oeufs éliminés avec les fèces des chiens ou des chats ont une survie dans les sols étroitement dépendante de la température (Tableau n°2). Les oeufs sont sensibles à la dessiccation.

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Bonnes capacités de survie dans le milieu extérieur. Les oeufs éliminés avec les fèces des chiens ou des chats ont une survie dans les sols étroitement dépendante de la température (Tableau n°2). Ils peuvent conserver leur viabilité dans le sol pendant des mois.

Tableau n°2 : Survie des oeufs de *Toxocara spp* dans les sols en fonction de la température

Température	Conditions expérimentales	Survie
25°C	sol argileux + fumier	8 mois
4°C	sol argileux + fumier	2 ans

Transmissions secondaires

Ne se transmet pas directement d'une personne à l'autre.

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME, Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

BOUCHET F. (1984)
Action des micro-ondes sur l'oeuf de *Toxocara canis*.
Application au traitement des boues de station d'épuration.
Thèse 3ème cycle, Orléans.

CHABASSE D. (1988)
Les bacs à sable en milieu urbain et la pollution fécale d'origine animale.
Risques de contamination parasitaire, synthèse épidémiologique.
Rev. fr. Santé Publ., 42, 6-12.

CHABASSE D., LAINE P., SIMITZIS LE FLOHIC A.M., MARTINEAU B., EL HOURCH M., BECAUD J.P. (1986)
Sanitary study of surface water and of the beach of a water sports and leisure complex.
J. Hyg., 96, 393-401.

EUSTACHE C. (1994)
Contribution à l'étude morphologique des oeufs d'ascaridés selon l'espèce animale.
Thèse Pharmacie, Université Henri Poincaré, Nancy, 103 p.

GILLEPSIE S.H. (1988)
The epidemiology of *Toxocara canis*.
Parasitology Today, 4, 180-182.

GLICKMAN L.T., MAGNAVAL J.F., BROCHIER B. (1985)
Séroprévalence des larva migrans viscérales dans la région Midi-Pyrénées.
Press Méd., 14, 1094

KIMMIG P., NASER K., FRANK W. (1991)
Seroepidemiological survey of human toxocariasis.
Zbl. Hyg., 191, 406-422.

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds152f.html>, mars 2001.

ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.

LEWIS-JONES R., WINKLER M. (1991)
Sludge parasites and other pathogens.
Edit. Ellis Horwood.

LUDLAM K.E., PLATT T.R. (1989)
The relationship of park maintenance and accessibility to dogs to the presence of *Toxocara sp* ova in the soil.
Amer. J. Public Health, 79, 633-634.

PORTUS M., RIERA C., PRATS G. (1989)
A serological survey of toxocariasis in patients and healthy donors in Barcelona (Spain).
Europ. J. Ep., 5, 224-227.

RICHARDS D.T., HARRIS S., LEWIS J.W., (1993)
Epidemiology of *Toxocara canis* in red foxes (*Vulpes vulpes*) from urban areas of Bristol.
Parasitology, 107, 167-173.

SCHANTZ P.M., (1991).
Parasitic zoonoses in perspective.
Int. J. Parasitol, 21, 161-170.

Dénomination

- GROUPE : Protozoaire
- FAMILLE : Sporozoaire
- GENRE : *Toxoplasma*
- ESPÈCE TYPE : *Toxoplasma gondii*
- PATHOLOGIE : Toxoplasmose.

Caractéristiques

T. gondii se présente sous trois formes évolutives: forme végétative, kyste et oocyste.

- Forme végétative : Encore appelée trophozoïte ou tachyzoïte, elle a une forme d'arc et mesure de 5 à 10 µm sur 1 à 3 µm. Une extrémité est plus arrondie que l'autre, le pôle postérieur près duquel est généralement situé le noyau. L'extrémité antérieure présente un appareil de pénétration ou complexe apical. Les formes végétatives sont toujours endocellulaires. Elles se développent et se multiplient dans les macrophages de tous les animaux à sang chaud et échappent à l'action des processus de digestion cellulaire par des mécanismes encore inconnus. Les trophozoïtes se reproduisent par un processus particulier de multiplication asexuée, l'endodyogénie, dans laquelle les deux parasites fils s'individualisent complètement à l'intérieur de la membrane du parasite initial qui éclate pour les libérer. Les formes végétatives sont rapidement détruites par l'acide chlorhydrique gastrique. Leur ingestion ne peut donc pas entraîner la contamination.

- Kyste : Sphérique ou ovoïde, il mesure 50 à 200 µm. Il résulte d'une série de multiplications asexuées d'une forme végétative qui arrive progressivement à coloniser tout l'intérieur d'une cellule-hôte. Entourés par une membrane épaisse et résistante, les kystes contiennent plusieurs centaines à plusieurs milliers de formes végétatives particulières (bradyzoïtes) serrées les unes contre les autres. Les kystes sont particulièrement abondants dans les tissus pauvres en anticorps (tissu nerveux), ce qui explique, en partie, certaines des manifestations des toxoplasmoses congénitales et de l'immunodéprimé. Dans les tissus, les kystes restent très longtemps vivants. Ils produisent des antigènes qui traversent la membrane kystique et entretiennent l'immunité. Cette immunité est totale, définitivement protectrice, à condition que le sujet soit immuno-compétent. Elle empêche toute nouvelle infestation.

Les kystes sont des formes de résistance et de dissémination. Ils ne sont pas détruits par des températures inférieures à 45°C ni par l'acide chlorhydrique gastrique. C'est cette résistance particulière qui rend possible le principal mode de contamination humaine, en France du moins, par ingestion de viande (sur-tout de viande de mouton) contenant des kystes de toxoplasmes et consommée crue ou saignante.

- Oocyste : Ovoïde (14 x 9 µm), également forme de résistance et de contamination, il est issu d'une multiplication sexuée. Après maturation, il contient deux sporocystes renfermant chacun 4 sporozoïtes (futurs toxoplasmes). Les oocystes sont capables de demeurer infestants au moins un an dans le sol humide. Ils ne sont pas détruits par l'acide chlorhydrique gastrique et sont responsables de la contamination des herbivores et, chez l'homme, d'un mode d'infestation accessoire (au moins en France) par ingestion de fruits ou de crudités souillés.

Cycle

Les cycles correspondent à deux modalités différentes produisant chacune un stade infestant particulier.

Le cycle asexué, incomplet, fait intervenir uniquement des hôtes intermédiaires (homme, animaux omnivores ou carnivores). La contamination est liée à l'ingestion de kystes contenus dans la chair d'animaux aussi bien carnivores qu'herbivores. Les kystes libèrent des toxoplasmes qui se reproduisent rapidement par multiplication asexuée. Ils donnent naissance à des kystes intracellulaires qui permettent la poursuite du cycle par carnivorisme. La voie de contamination transplacentaire est responsable de la toxoplasmose congénitale.

Le cycle complet se déroule successivement chez un hôte intermédiaire (généralement un oiseau ou un petit mammifère) puis chez l'hôte définitif, le chat. Ce dernier s'infeste en ingérant des kystes contenus dans ses proies. Les formes végétatives libérées par les kystes pénètrent dans les cellules de l'intestin grêle du chat où elles se reproduisent par multiplication asexuée (schizogonie). Des éléments sexués apparaissent ensuite, mâles ou femelles (micro ou macrogamétocytes) également situés dans les cellules de l'intestin grêle. La fécondation aboutit à la formation d'un oeuf particulier, l'oocyste, qui est rejeté dans le milieu extérieur avec les fèces du chat. Cet oocyste n'est pas infestant et plusieurs jours sont indispensables pour permettre sa maturation (sporogonie). Il rend possible la contamination des herbivores. Il intervient également (mais de façon accessoire) dans la contamination des omnivores (dont l'homme).

Réglmentation française

Répartition géographique

Répandue dans le monde entier, la toxoplasmose est de fréquence variable selon le mode de vie et l'environnement. Elle présente un intérêt sanitaire en France métropolitaine et en Guyane.

Gamme d'hôtes

Chat et autres félins; la plupart des animaux à sang chaud et des oiseaux; l'homme.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

La toxoplasmose existe sous trois formes: la toxoplasmose acquise, habituellement bénigne et très souvent inapparente, la toxoplasmose congénitale, responsable de fœtopathies graves et la toxoplasmose de l'immunodéprimé.

La majorité des infections sont asymptomatiques; dans les cas bénins, le sporozoaire peut causer une lymphadénopathie accompagnée de fièvre, de mal de gorge et de rash évoquant la mononucléose infectieuse; chez les sujets immunodéprimés, il y a dissémination généralisée de l'infection avec pneumopathie, myocardite ou encéphalite; certains sujets immunodéprimés peuvent présenter des symptômes sévères; l'infection congénitale peut se solder par un avortement spontané ou une mortinaissance ou entraîner des séquelles neurologiques importantes et une chorioretinite; l'infection transplacentaire est le moins probable pendant le premier trimestre de la grossesse, mais elle donne lieu aux cas les plus graves; à l'origine de 35 % des cas de chorioretinite aux États-Unis et en Europe.

Populations sensibles

Personnes immuno-déprimées.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Le chat est l'hôte définitif, les hôtes intermédiaires sont le mouton, la chèvre, les rongeurs, le porc, le bétail, la volaille et autres oiseaux. La toxoplasmose est une zoonose.

Voies d'exposition

Consommation de viande infectée mal cuite (porc, agneau, boeuf); ingestion de lait, d'aliments ou d'eau contenant des oocystes infectants; inhalation d'oocystes; transmission transplacentaire; contact avec de la terre souillée par des excréments de chats infectés; la transmission par transfusion sanguine ou greffe d'organe est possible quoique rare; peut se transmettre aux aliments par l'intermédiaire de mouches ou de blattes; au moins une éclosion attribuée à un système d'approvisionnement en eau contaminé

Fréquence, incidence de la maladie

L'incidence est plus élevée dans les régions tropicales, plus faible dans les régions froides et arides. En France, chez l'adulte, sa fréquence varie de 50 à 70%.

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

La DMI est inconnue.

Traitement, vaccin

Une chimiothérapie associant pyriméthamine et sulfadiazine est recommandée pour les femmes enceintes ou les personnes présentant une atteinte organique.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Les oocystes sont très stables et restent infectieux pendant une période pouvant atteindre 1 an dans l'eau ou le sol humide. Les tachyzoïtes peuvent survivre pendant une journée dans les liquides organiques et pendant 50 jours dans du sang total à 4° C. Les kystes tissulaires peuvent survivre pendant des semaines dans des liquides organiques à la température ambiante.

Transmissions secondaires

Ne se transmet pas directement d'une personne à l'autre, sauf par voie utérine; les oocystes éliminés par les chats deviennent infectieux (sporulation) 1-5 jours plus tard en moyenne, mais ce délai varie selon la température. les kystes présents dans la viande demeurent infectieux tant que la viande est consommable et non cuite

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds153f.html>, avril 2001.

ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.

Dénomination

- GROUPE : Némathelminthes
- FAMILLE : Nématodes
- GENRE : *Trichuris*
- ESPÈCE TYPE :
 - Nom français : Trichocéphale ou *Trichuris trichiura*
 - Nom anglais : Whipworm ou *Trichuris trichiura*
- PATHOLOGIE :
 - Français : Trichocéphalose
 - Anglais : Whipworm infection ou Trichocephaliasis

Caractéristiques

Implantés tangentiellement dans la muqueuse colique, ces vers hémato- phages de couleur blanche ou rosâtre mesurent 30 à 45 mm pour le mâle et 35 à 50 mm pour la femelle. La partie antérieure du corps est effilée comme un cheveu, les deux cinquièmes postérieurs sont cinq ou six fois plus larges.

Les œufs ovalaires mesurent environ 55 µm de long sur 20 µm de large et possèdent une coque double et épaisse interrompue à chacun des pôles qui sont fermés par un bouchon muqueux clair. Ils ne sont pas embryonnés à l'émission.

Cycle

L'œuf éliminé dans les selles ne devient infestant qu'en 6 à 12 mois de séjour dans le milieu extérieur (terre) et le reste plusieurs années sous nos climats. Dans les pays chauds, il suffit d'un mois pour que l'œuf soit infestant. La contamination est orale (ingestion d'œufs embryonnés). La larve, libérée dans le tube digestif, après 5 mues, se fixe dans la région cœcale et devient adulte en un mois.

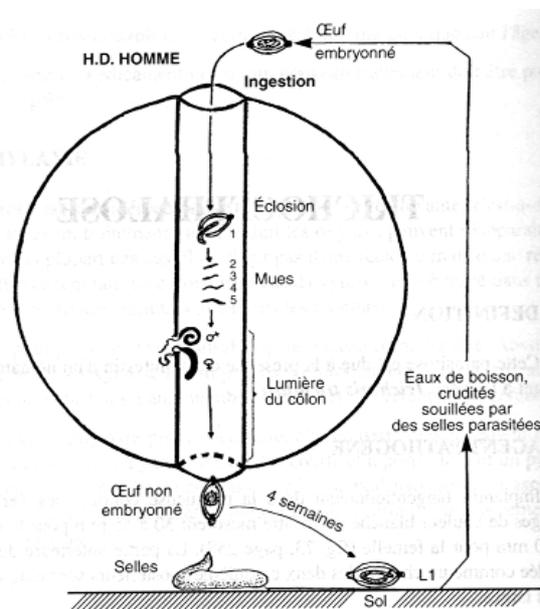


Figure n° 1 : Cycle évolutif du trichocéphale

Réglementation française

- L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles (pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) définit pour les boues hygiénisées une teneur maximale en œufs d'helminthes pathogènes viables de 3 œufs / 10g MS.
- Les œufs et les larves de nématodes font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Les

œufs et les larves doivent être absents dans un gramme pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florales. Concernant les légumes et les fraises, ils doivent être absents dans 25 grammes. La méthode d'analyse utilisée doit être celle utilisant le MgSO₄ (pour les œufs) et celle préconisée par la norme LV 02-9201 (1992) pour les larves.

Répartition géographique

La trichocéphalose est une verminose extrêmement répandue dans toutes les régions du globe, mais principalement dans les régions chaudes et humides et dans les régions où l'on utilise des matières fécales humaines non traitées (gadoue) comme engrais. Le pathogène présente un intérêt sanitaire en France métropolitaine et à la Réunion.

Gamme d'hôtes

L'homme.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Symptômes et gravité de la maladie

Incubation : les vers deviennent matures en un mois environ et cette période est habituellement silencieuse cliniquement. Elle peut être soulignée par une fatigue intense surtout en cas d'hyperinfestation. A l'hémogramme on relève une hyperéosinophilie qui, dans des cas rares, peut atteindre près de 1 000 éosinophiles/mm³. Le pic d'hyperéosinophilie précède de peu la maturité des vers.

Etat: Le plus souvent asymptomatique, la trichocéphalose, dans les hyper-infestations, est accompagnée de troubles colitiques voire d'anémie et de prolapsus rectal. L'éosinophilie sanguine est revenue à une stricte normalité.

Populations sensibles

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

L'homme porteur asymptomatique représente le principal réservoir de germes. Le porc constituerait un réservoir mineur de *Trichuris trichiura*.

Voies d'exposition

L'œuf est la forme de contamination. Chez les sujets multi-infestés, plus de 3.10⁴ œufs / g de matière fécale sont éliminés quotidiennement. La transmission de type orale se fait pour l'homme :

- soit à partir de mains contaminées,
- soit à partir d'eaux de boisson, aliments souillés par des selles parasitées,
- soit par ingestion de sol contaminé.

Le transfert d'œufs des sols contaminés aux légumes est fréquent. Les œufs deviennent infectieux après une incubation de 10-30 jours dans un sol humide.

Fréquence, incidence de la maladie

Le tableau n° 1 indique les taux de prévalence chez l'homme.

Tableau n° 1 : Prévalence de la Trichocéphalose

PAYS	PREVALENCE
France	5 - 14,5 %
DOM-TOM (La Réunion)	78 %
Monde	800 millions cas estimés

Les taux d'infection peuvent atteindre 90 % dans les zones d'hyperendémie

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

DMI Inconnue.

Traitement, vaccin

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Les différentes approches visant à définir la contamination parasitaire dans les boues, comportent essentiellement 2 étapes :

- k) Techniques d'études de la concentration parasitaire (oeufs)
- l) Techniques d'études de la viabilité présumée des oeufs.

a) Techniques d'études de la concentration parasitaire

Trois étapes successives sont nécessaires.

L'étape 1 a pour objectif de diminuer ou d'éliminer au maximum les interactions existant entre les oeufs et toute la matière en suspension de l'effluent ou des boues.

Dans cette optique, il existe 2 familles de techniques différentes: les méthodes physiques et les méthodes diphasiques.

.les méthodes physiques font intervenir un traitement du sédiment composé de la matière en suspension par différentes solutions chimiques (détergents anioniques ou cationiques, formaldéhyde, hypochlorite de Na, soude...)

.les méthodes diphasiques associent :

un traitement par une solution chimique en vue d'éliminer au maximum les interactions

la réalisation d'un système à 2 phases par l'addition d'un solvant à caractère lipophile permettant l'élimination d'une partie de la matière en suspension par concentration dans la phase lipophile du fait des ces caractéristiques physico-chimiques.

L'étape 2 est une flottation dans des réactifs de dilution dont la densité est plus importante que celle des éléments recherchés.

L'étape 3 est une quantification avec lecture au microscope optique (x100 ou x 400) suivant le protocole suivant : la technique consiste à les numérer après flottation avec l'utilisation de cellule de comptage.

Des techniques de dénombrement (totales et viables) sont connues. Un important effort de validation, voire de normalisation, reste à faire.

d) Technique d'études de la viabilité présumée des œufs et des kystes

Dans l'environnement et, plus particulièrement dans les boues, ce sont essentiellement les techniques étudiant la viabilité des œufs de nématodes (*Ascaris*, *Toxocara*, *Trichuris*, *Capillaria*) qui sont développées.

Ces techniques utilisent les caractéristiques du cycle des nématodes avec notamment le passage du stade œuf unicellulaire au stade œuf contenant une larve car la majorité des œufs de nématodes retrouvés dans les boues sont rejetés dans les selles à l'état de zygote unicellulaire.

Dans les boues, la maturation au stade larvaire est exceptionnelle et les œufs restent donc dans la majorité des cas au stade initial. L'objectif de ces techniques consiste donc à tester la capacité de ces œufs présents dans les boues, à évoluer au stade larvaire après leur avoir fourni les conditions favorables à leur développement.

Dans ce cas de figure, le développement au stade larvaire permet de conclure à la viabilité de l'œuf mis en évidence.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

- Niveau de contamination des eaux usées et des boues

Les données sont rares car les résultats sont généralement explicités en oeufs d'helminthes (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Concentration en oeuf de *Trichuris spp* dans les eaux usées et les boues résiduaires

PAYS	PRELEVEMENTS	NOMBRE D'OEUFS
France	Eau usée brute	0 - 3 / L
France	Eau usée épurée	0 - 1 / L
GB	Boues	1 - 23 / L
France	Boues	12- 55 / 100 g M.S.
USA	Boues laires et 2aires	60 - 80 / 100 g M.S.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

• Température

D'une manière générale, les oeufs non embryonnés ont une survie toujours supérieure à celle des oeufs embryonnés (Tableau n° 3).

Tableau n° 3 : Survie des différents types d'oeufs de *Trichuris spp*

	Température	Survie
Oeufs non embryonnés	5°C	> 700 jours
Oeufs embryonnés	5°C	> 500 jours

De plus le température joue un rôle important dans le déroulement de l'embryonation et par conséquent sur la viabilité (Tableau n° 4).

Tableau n° 4 : Impact de la température sur l'évolution des oeufs de *Trichuris spp*

Température	Durée	Embryonation
-12°C	24 heures	non
-3°C	12 jours	non
20°C	102 jours	oui
25°C	27 jours	oui
34°-37°C	18 jours	oui
52°-56°C	5 minutes	non

L'absence ou la diminution de l'embryonation à basse température pourraient expliquer en partie la différence de prévalence entre pays froids ou tempérés et pays chauds.

Résistance au traitement des déchets

Le tableau n°5 indique le pourcentage de réduction des oeufs de *Trichuris spp* en fonction du type de traitement des eaux usées.

Tableau n°5 : Pourcentage de réduction de parasites viables (*Trichuris spp*) selon les procédés de traitement des eaux usées

Procédé de Traitement	Pourcentage de réduction
Digestion aérobie	100 % (boues)
Lit de séchage après digestion aérobie	70 % (boues)
Digestion anaérobie	10 % (boues)
Lit de séchage après digestion anaérobie	90 % (boues)
2 heures de sédimentation	90%* (eau usée)
Traitement par boues activées	100 % (eau usée)
Lagunage (4 bassins)	100 % (eau usée)

* Densité oeuf de *Trichuris* 1,15. Vitesse de sédimentation théorique 1,53 m / h.

Capacité de survie dans l'environnement

Bonnes capacité de survie dans le milieu extérieur. Peu d'études ont été consacrées à *Trichuris spp* dans l'environnement. Généralement il est indiqué que les informations données pour les oeufs d'*Ascaris* dans l'environnement s'appliqueraient aux oeufs de *Trichuris spp* à l'exception d'une durée de vie plus courte.

- Survie dans les sols

Les oeufs de *Trichuris spp* peuvent survivre dans des sols pendant des périodes relativement longues, notamment si ceux-ci sont humides et ombragés (les oeufs deviennent infectieux après une incubation de 10-30 jours dans un sol humide). Ainsi 21 % d'oeufs de *Trichuris spp* avaient conservé leur pouvoir infestant après 18 mois en sol argileux. A l'inverse, en sol sableux ensoleillé la survie est plus courte (pathogène sensible à la dessiccation).

Transmissions secondaires

Ne se transmet pas directement d'une personne à l'autre. L'élimination des oeufs dans les selles débute environ 70-90 jours après l'ingestion. En l'absence de traitement, les porteurs peuvent éliminer des oeufs pendant des années.

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie de la fiche ADEME. Les agents biologiques d'intérêt sanitaire des boues d'épuration urbaines, 1999.

BEER R.J.S. (1973)

Studies on the biology of the life cycle of *Trichuris suis* Schrank 1788.
Parasitol. 67, 253-262.

COOPER E.S., BUNDY D.A.P. (1988)

Trichuris is not trivial.
Parasitology today, 4, (11), 301-306.

DOBY J.M.(1983)

Les parasitoses intestinales chez les égoutiers.
Arch. mal, Prof., 44, 21-25

NOLF L.O (1932)

Experimental studies certain factors influencing the development and viability of the ova of the human *Trichuris* as compared with those of the human *Ascaris*.
Am. J. Hygiene, 16, 288-322.

PANICKER P.V.R.C., KRISHNAMOORTHY K.P. (1981)

Parasites eggs and cyst reduction in oxidation ditches and aerated lagoon.
J. Wat. Poll. Control. Fed., 53, 1413-1419.

REIMERS R.S., LITTLE M.D., ENGLAND F.A.J., LEFTWICH D.B., BOWMAN D.D., WILKINSON R.F. (1981).

Parasites in southern sludges and disinfection by standard sludge treatment.
Rapport U.S. EPA 600/S2, 81-166.

ROSAZ C. (1991)

Risques sanitaires liés à l'épandage des boues de stations d'épuration. Application à la revégétalisation des pistes de ski.
Thèse Ecole Nationale Vétérinaire, Lyon.

STIEN J.L. (1989)

Oeufs d'Helminthes et environnement : le modèle oeufs d'*Ascaris*.
Thèse d'Université, Metz, 160 p.

WONG M.S., BUNDY D.A.P., GOLDEN M.H.N. (1991)

The rate of ingestion of *Ascaris lumbricoïdes* and *Trichuris trichiura* eggs in soil and its relation ship to infection in two children's homes in Jamaïca.
Trans. Royal. Soc. Trop. Med. Hyg., 85, 89-91

Autres éléments bibliographiques

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/msds-ftss/msds157f.html>, mars 2001.

ANOFEL, Association Française des Enseignants de Parasitologie, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, janvier 1998.

SOURCE PRINCIPALE : ANOFEL,
Association Française des Enseignants
de Parasitologie, Parasitologie
Mycologie, janvier 1998.

Dénomination

- CLASSE : Ascomycètes.
- FAMILLE : *Aspergillaceae*.
- GENRE : *Aspergillus*.
- ESPÈCE TYPE : *Aspergillus fumigatus*.
- PATHOLOGIE : aspergillose.

Caractéristiques

Le genre *Aspergillus* est constitué d'un grand nombre d'espèces. Ces champignons sont présents en abondance dans la nature où ils se développent en saprophytes sur les débris végétaux. Ce sont des champignons filamenteux à croissance rapide possédant des hyphes cloisonnées et des conidies. Dans les pays tempérés, c'est *A. fumigatus* qui prédomine. Les autres espèces fréquemment observées sont *A. flavus*, *A. niger*, *A. nidulans*,...

Réglementation française

Les *Aspergillus* sont visés par la réglementation.

- Les levures et moisissures (avec confirmation d'*Aspergillus*) font partie des principaux critères microbiologiques à vérifier pour l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture contenant des matières organiques d'origine animale ou végétale. Ils doivent être analysés pour toutes les cultures telles que les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture, les petits fruits, les gazons, prairies, la sylviculture, les pépinières ornementales et les cultures florale, les légumes et les fraises, selon la méthode d'analyse préconisée par la norme XPV08-059 (1997) et LV 02-9701 (1997).

Répartition géographique

Ces champignons sont cosmopolites mais semblent bien prédominer dans les régions humides.

Gamme d'hôtes

L'homme.

DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE

Pathogénicité et gravité de la maladie

Les aspergilloses sont des mycoses, le plus souvent pulmonaires. Ce sont des affections opportunistes, fréquentes et souvent mortelles chez l'immuno-déprimé.

A. fumigatus est responsable de 80 à 90 % des infections humaines.

Les *aspergillus* ne deviennent pathogènes que dans certaines circonstances. La grande majorité des infections graves survient chez les patients immuno-déprimés. Chez un individu sain, les spores inhalées sont normalement rejetées par la barrière muco-ciliaire.

Populations sensibles

Personnes immuno-déprimées.

Epidémiologie de la maladie

Réservoir

Champignon largement répandu dans la nature; dans les céréales, le foin et d'autres matériaux végétaux ou d'aliments.

Voies d'exposition

Inhalation de conidies en suspension dans l'air.

Fréquence, incidence de la maladie

Cette infection est peu fréquente. La contamination des circuits d'aération est à l'origine d'éclotions nosocomiales. L'aspergillose invasive nosocomiale touche 10 % des greffés de moelle et sa létalité dépasse 80 %.

Dans la littérature, *Aspergillus* a été mis en cause dans 4 cas : chez un ouvrier en usine de compostage (Vincken, 1984), chez un paysagiste (Weber, 1993), chez une personne résidant à 75 m d'une usine de compostage (Kramer, 1989) et chez un jardinier (Zuk, 1989)

Dangerosité intrinsèque (Dose Minimale Infectante, taux d'attaque) et relation dose-effet

DMI inconnue.

Prophylaxie

Aucune.

EXPOSITION - RETOUR AU SOL

Existence de méthodes de mesure

Dans un compost ou un amendement organique, la norme utilisée par les laboratoires d'analyse pour identifier les levures et moisissures (avec confirmation d'*Aspergillus*) est la norme XP V 08-059 (étalement en surface, isolement avant identification du genre *Aspergillus*) et LV 02-9701 (1997).

La méthode est la même pour les boues et les sols. Concernant les eaux, une étape de filtration sur membrane est nécessaire.

Niveau de contamination des déchets organiques d'origine urbaine

Quelques études indiquent des valeurs de 10^3 UFC par m^3 fréquemment retrouvées dans l'atmosphère des usines de compostage et jusqu'à 100 m autour.

Sensibilité aux agents chimiques et physiques

Sensibilité aux désinfectants : Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1 %, au glutaraldéhyde à 2 %.

Inactivation par des moyens physiques : Inactivité par la chaleur et par irradiation.

Résistance au traitement des déchets

Capacité de survie dans l'environnement

Les spores sont très résistants et peuvent survivre dans le sol et la matière en décomposition pendant de longues périodes.

Transmissions secondaires

Ne se transmettent pas d'une personne à une autre.

Variations saisonnières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Direction Générale de la Santé de la Population et de la Santé Publique, Santé Canada, *fiche technique santé-sécurité-matières infectieuses*, <http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgsp/msds-ftss/msds11f.html>, novembre 1999.

Association Française des Enseignants de parasitologie, ANOFEL, *Parasitologie Mycologie*, Collection Références, 6ème édition, 1998.

Deloraine A., Hedreville L., Arthus C., CAREPS, *Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*, Mars 2002.

Cadiergues B., *Boues d'épuration et micro-organismes pathogènes : influence des différents traitements et du stockage*, thèse doctorale, juin 2000.