

LES
CAHIERS
DE LA
RECHERCHE

Santé, Environnement, Travail

Risques sanitaires
liés à la pollution des milieux aériens et hydriques
Comprendre où en est la recherche

AVRIL 2013

Édition scientifique

anses
agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail





Éditorial

Dans les villes médiévales, les qualités de l'air et de l'eau étaient déjà des sujets d'actualité. Si dans les siècles qui ont suivi, les villes européennes ont bénéficié de progrès significatifs notamment en matière d'hygiène, à partir du XIX^e siècle, l'essor de l'industrie a apporté son lot de préoccupations d'abord avec les nuisances des usines implantées en ville. Depuis la fin du XX^e siècle, la question se pose de manière plus globale, notamment avec l'essor des transports et l'augmentation de la production de substances chimiques.

Aujourd'hui, l'air et l'eau restent au centre de nombreuses questions avec des inflexions dues au passage à des pratiques plus durables (isolation des bâtiments, recyclage, évolution des transports). En ce qui concerne l'air, les questions d'actualité sont désormais les pollutions dues, par exemple, aux transports (Ex. particules diesel), la qualité de l'air dans des lieux clos tels que l'intérieur des habitats individuels ou collectifs (Ex. écoles, crèches, hôpitaux...). De même, en ce qui concerne l'eau, on constate une augmentation de la concentration de contaminants chimiques dans les ressources naturelles. La concentration urbaine ainsi que l'évolution des modes de vie font que les agents biologiques demeurent un sujet de risque sanitaire (Ex. moisissures, bactéries, parasites, pollens...). La qualité des milieux qu'il s'agisse de l'air ou de l'eau est donc un élément important pour la santé de la population mais aussi pour celle des travailleurs - beaucoup d'activités professionnelles étant associées à des expositions spécifiques.

La qualité de ces milieux fait l'objet de nombreux projets de recherche. Beaucoup visent à évaluer quels sont les impacts des expositions à ces deux milieux, qu'il s'agisse de particules, d'agents biologiques ou de substances chimiques. D'autres visent à évaluer les effets de telles expositions par des méthodes épidémiologiques ou en étudiant les mécanismes d'actions.

L'Anses produit une série de fascicules thématiques visant à montrer comment des projets de recherche contribuent à construire des connaissances qui seront utiles ensuite pour évaluer le risque sanitaire et contribuer à établir des réglementations. Un effort est fait pour que le contenu de ces recherches soit accessible au plus grand nombre.

Dans ce second numéro, consacré à l'air et l'eau, neuf projets d'étude financés par le Programme national de recherche en Environnement-Santé-Travail (PNR EST) ont été choisis pour illustrer la démarche des chercheurs. En lien avec ces projets, sont également présentées les activités de l'Anses liées aux milieux aériens et hydriques, qu'il s'agisse de recherche ou d'expertise. Le lecteur pourra ainsi se familiariser avec les questions qui se posent sur la qualité de l'air intérieur et son possible lien avec des maladies respiratoires, établir le lien entre eaux usées et la persistance d'agents pathogènes, en apprendre plus sur des risques professionnels tels que ceux auxquels sont exposés les agriculteurs ou les soudeurs.

Marc MORTUREUX

Directeur Général,
Anses



Le PNR EST en chiffres



113 projets de recherche financés depuis 2010



44 en 2010 (5 M€)



38 en 2011 (5,2 M€)



31 en 2012 (5,8 M€)



2013 : sélection en cours



Plus de 200 équipes de recherche mobilisées



AP-HP, ATMO, CEA, Centre Allemand de Recherche sur le Cancer, Centre de recherche du CHUM Montréal, CERTAM, Centres Hospitaliers Universitaires, CIRC, CNAM, CNRS, CREAL Barcelone, CSTB, CTIS, EHESP, École Nationale Vétérinaire Maisons-Alfort, IFSTTAR, Ineris, Inra, InVS, INRS, Inserm, Institut Pasteur, Institut universitaire de médecine sociale et préventive Epalinges, Institut Universitaire de Santé au Travail Lausanne, IRSTEA, Laboratoires de l'Anses, LVA-INSA Lyon, Telecom Bretagne Technopole Brest, Universités, Wadsworth Center Albany...



Plus de 16 millions d'euros engagés depuis 2010, dont



6,95 M€ financés grâce aux fonds confiés à l'Anses par les ministères chargés de l'Environnement et du Travail (57 projets)



2,1 M€ financés par l'ADEME (13 projets)



900 k€ financés par l'INCa (8 projets en 2010)



2,4 M€ financés par l'itmo cancer d'AVIESAN dans le cadre du Plan cancer 2009-2013 (16 projets depuis 2011)



1,1 M€ financés par l'ONEMA au titre du plan Ecophyto (7 projets)



2,5 M€ financés via la taxe sur les émetteurs radiofréquences (12 projets)



Rencontres scientifiques : 8 actions de valorisation de la recherche depuis 2010



Risques sanitaires liés aux milieux aériens et hydriques, 16 avril 2013 (Maisons-Alfort)



Connaissances récentes sur les effets des perturbateurs endocriniens sur l'environnement et la santé, 10-11 décembre 2012 (Paris)¹



Radiofréquences : de la mesure d'exposition à la recherche d'effets biologiques, 25 septembre 2012 (Paris)



Des indicateurs d'exposition aux biomarqueurs, 30 mai 2012 (Maisons-Alfort)



De l'émergence à la résurgence des agents biologiques, 30 novembre 2011 (Paris)



Des troubles musculo-squelettiques aux nanoparticules : risques d'aujourd'hui, 10 mai 2011 (Paris)



Exposition aux contaminants de l'environnement, 6 décembre 2010 (Paris)



Risques émergents, 11 mai 2010 (Paris)



Les Rencontres Scientifiques de l'Anses (Source : Anses)

¹ Action conjointe avec le Ministère chargé de l'Environnement, Programme National de Recherche sur les perturbateurs endocriniens (PNRPE) : www.pnrpe.fr



Sommaire

Air intérieur	5
Les polluants de l'environnement intérieur.....	9
Les Composés Organiques Volatils (COV) : expertise de l'Anses.....	12
L'impact des composteurs domestiques sur l'environnement intérieur.....	14
L'exposition aérienne aux micro-organismes dans la filière céréales : focus sur les champignons toxiques	16
L'ornithose-psittacose en milieu professionnel avicole.....	19
Cancer broncho-pulmonaire et exposition professionnelle aux fumées de soudage	21
Eau et agents biologiques	23
La formation de biofilms de Legionella pneumophila	26
Les bactéries multi-résistantes aux antibiotiques dans les réseaux d'eaux usées	28
Les habitats préférentiels et la dangerosité des bactéries pathogènes opportunistes de l'espèce P. aeruginosa	30
La valeur limite en P. aeruginosa liée aux baignades artificielles : expertise de l'Anses.....	32
Dissémination des Listeria monocytogenes dans l'environnement agricole	34
Le Programme national de recherche en Environnement-Santé-Travail (PNR EST)	36
Les Actions de l'Anses : la qualité de l'air et de l'eau	38
Glossaire.....	41
Mentions légales	45

Avertissement à l'attention des lecteurs



Les fiches de présentation des projets de recherche reflètent les points de vue des équipes scientifiques partenaires et n'engagent ni le Comité Scientifique du Programme de Recherche (CSPR), ni le Comité d'Orientation du Programme (COPR), ni les Ministères de tutelles ou l'Anses et les partenaires associés. Pour toute question, les contacts sont indiqués à la fin de chaque fiche.



Air intérieur

La perception des risques associés à la qualité l'air est une problématique ancienne, comme c'était le cas pour les émanations de déchets organiques dans les villes médiévales ou encore, lors de la révolution industrielle, les émissions de fumées toxiques par les usines situées alors en zone urbaine. Après guerre, l'urbanisation grandissante et la croissance économique ont conduit à des épisodes spectaculaires de pollution tels que le grand « smog » de Londres qui a fait des milliers de victimes.

La qualité de l'air que nous respirons peut être affectée par la présence de divers éléments, tels que des particules, des agents biologiques (moisissures, bactéries, virus, allergènes d'origine animale ou végétale...), ou encore des substances chimiques. De plus, des expositions particulières sont associées aux différents types d'environnement que sont l'air extérieur, l'air intérieur d'une habitation, l'air auquel le travailleur est exposé dans le cadre de ses activités et l'air intérieur d'un établissement de soin. Les effets de ces différents agents sont désormais avérés. Ont ainsi été mis en évidence une mortalité accrue en présence de particules dans l'air, la toxicité de substances chimiques, ainsi que l'apparition de maladies liées à des agents inhalés. Ainsi, plus de 20% de la population française souffrirait désormais d'allergie respiratoire.



Les risques associés aux agents transportés par l'air restent un sujet de préoccupation majeure et font l'objet de nombreux travaux de recherche. Ces travaux portent principalement sur l'air intérieur (logements, lieu de travail, écoles, crèches, transports en commun), qui joue un rôle important dans la mesure où chacun passe une grande partie de sa vie dans des espaces confinés.



Air intérieur et modification des comportements

Les politiques d'économie d'énergie initiées dans les années 1970 ont conduit à mieux isoler les locaux d'habitation et cette tendance ne peut que se poursuivre avec la volonté de diminuer l'émission des gaz à effets de serre. Ce meilleur calfeutrement conduit à une augmentation de la température et de l'humidité, favorisant ainsi la production d'allergènes intérieurs.

À cela s'ajoutent d'autres évolutions des comportements :

- Tout d'abord, la mise sur le marché de nombreux objets à usage domestique, de meubles avec des matériaux traités, voire de matériaux de construction. Cette évolution induit un accroissement de la présence de substances chimiques dans l'air.

- Un second exemple est l'augmentation rapide du nombre d'animaux de compagnie qui ne vivent plus à l'extérieur mais dans les maisons et souvent dans les chambres à coucher. Comme le souligne l'étude d'Olivier Blanchard, « Asthm'child » (pp. 9-11), l'affection respiratoire chronique peut se manifester, dans la plupart des cas, chez les jeunes enfants de 4 à 5 ans – la « marche allergique »² commençant avec une sensibilité excessive au lait de vache, une allergie aux acariens, aux poils de chiens, de chats et à d'autres allergènes de l'air intérieur. Les conditions de survenue de ces affections respiratoires sont complexes.
- Certains comportements liés au développement durable, comme le recyclage ou le chauffage à partir de biomasse, constituent une troisième illustration de cette évolution comportementale. Un exemple intéressant est proposé par Sandrine Roussel, qui s'est intéressée à l'impact des composteurs domestiques sur l'environnement intérieur (pp. 14-14). Ce dispositif présente l'avantage de recycler les déchets organiques, mais cette nouvelle pratique est susceptible d'avoir des répercussions sur la qualité de l'air intérieur et donc sur la santé.

Air intérieur et environnements professionnels

Si de réels progrès ont été accomplis depuis le premier Plan Santé au Travail 2005-2009, la prévention des risques professionnels demeure un enjeu important en termes de santé publique. En France, plus d'une personne par jour meurt d'un accident du travail³ ou des suites d'une maladie professionnelle⁴. Fort de ce constat, le deuxième Plan Santé au Travail vise notamment à « **développer la recherche et la connaissance en santé au travail** dans des conditions de pérennité, de visibilité et de rigueur scientifique, et en assurer la diffusion opérationnelle, jusqu'aux entreprises et à leurs salariés ». En France, le nombre de salariés exposés à des produits cancérogènes est estimé à 2.370.000, majoritairement (70 %) des ouvriers et des hommes.



Les agents environnementaux présents dans les milieux professionnels, et notamment dans l'air, font partie des facteurs qui conditionnent la santé au travail. Suivant la nature de la profession, il peut s'agir d'agents physiques, chimiques ou biologiques. Les expositions à ces risques sont particulièrement importantes pour certaines catégories socio-professionnelles telles que les ouvriers qualifiés, non qualifiés et agricoles.

L'agriculture est l'un des secteurs d'activité les plus à risque quant aux pathologies respiratoires aiguës ou chroniques dues aux agents biologiques. Deux sujets seront abordés dans ce numéro des cahiers de la Recherche : les filières céréalières et avicoles.

² Installation lente et progressive de la maladie.

³ 569 décès en 2008.

⁴ 425 décès en 2008.

- **Les filières céréalières** : D'après Hélène Niculita-Hirzel, « pour les agriculteurs qui travaillent dans la filière céréalière, la fréquence des maladies respiratoires est en nette augmentation depuis la mécanisation intensive de leur profession qui permet de manipuler des volumes de céréales de plus en plus importants en peu de temps » (pp. 16-18). De la même manière, l'Observatoire national des asthmes professionnels (ONAP) estime que 9 % des asthmes, en France, ont une origine professionnelle avec une augmentation progressive des cas signalés. Parmi les principales substances allergisantes en cause figurent la farine (19,2 %) et les poussières de céréales (1,3 %), touchant les boulangers-pâtisseries et les métiers agricoles.
- **Les filières avicoles** : Une étude conduite par le Laboratoire de Santé animale (Anses) a montré que la psittacose, une zoonose transmise à l'homme par les oiseaux sauvages ou domestiques, est prédominante dans l'ouest et le sud-ouest de la France, là où les élevages de canards sont importants. Cette maladie, reconnue comme professionnelle, peut se transmettre par l'inhalation de poussières et particules en suspension dans les locaux ou de fientes contaminées, ainsi que par un contact rapproché avec des oiseaux infectés (malades ou non) ou leur environnement contaminé (cages, litières...). Cette étude de Karine Laroucau suscite d'autant plus d'interrogations qu'il existe peu de données dans les autres filières avicoles (dindes, poulets...) ce qui laisse à penser que ces maladies sont sous-estimées (pp. 19-20).

Un second secteur particulièrement concerné par les risques liés aux expositions professionnelles via l'air ambiant est l'industrie. Prouver qu'une maladie est la conséquence directe d'une exposition survenue au travail est, sinon impossible, bien souvent difficile. En effet, la plupart des maladies professionnelles, à l'exception du mésothéliome imputable à l'amiante, sont souvent d'origine multifactorielle. De plus, elles peuvent, comme dans le cas du cancer, apparaître longtemps après que l'exposition ait cessé, rendant le lien parfois très complexe à établir. Calculer la part imputable au travail supposerait donc de disposer de données fines sur la répartition des maladies dans la population, couplées à des estimations sur les expositions durant la « vie entière » à différents facteurs de risque tels que le tabagisme actif, la consommation d'alcool, ou encore les comportements des individus.

D'après l'INCa⁵, cinq secteurs d'activité (parmi 36 au total) concentrent la moitié des travailleurs exposés⁶ professionnellement aux produits cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR), creusant les inégalités sociales liées aux expositions professionnelles aux CMR : construction, commerce et réparation automobile, métallurgie, services opérationnels et santé.

Une augmentation du risque de développer un cancer broncho-pulmonaire associée à une activité de soudure a été mise en évidence à de nombreuses reprises par des études de cohortes professionnelles, des études cas-témoins, ou plus récemment par des méta-analyses. Le cas du soudage en milieu de travail sera donc étudié en détails par Isabelle Stucker (Inserm) en lien avec le service de Pneumologie et Pathologie Professionnelle du Centre hospitalier intercommunal de Créteil (pp. 21-22).

⁵ État des connaissances en date du 18 mars 2010 : www.e-cancer.fr/publications/74-fiches-repere

⁶ Fiche Repères, « Cancers professionnels » : www.e-cancer.fr (Source : DARES, 2003 – Traitement INCa 2011)

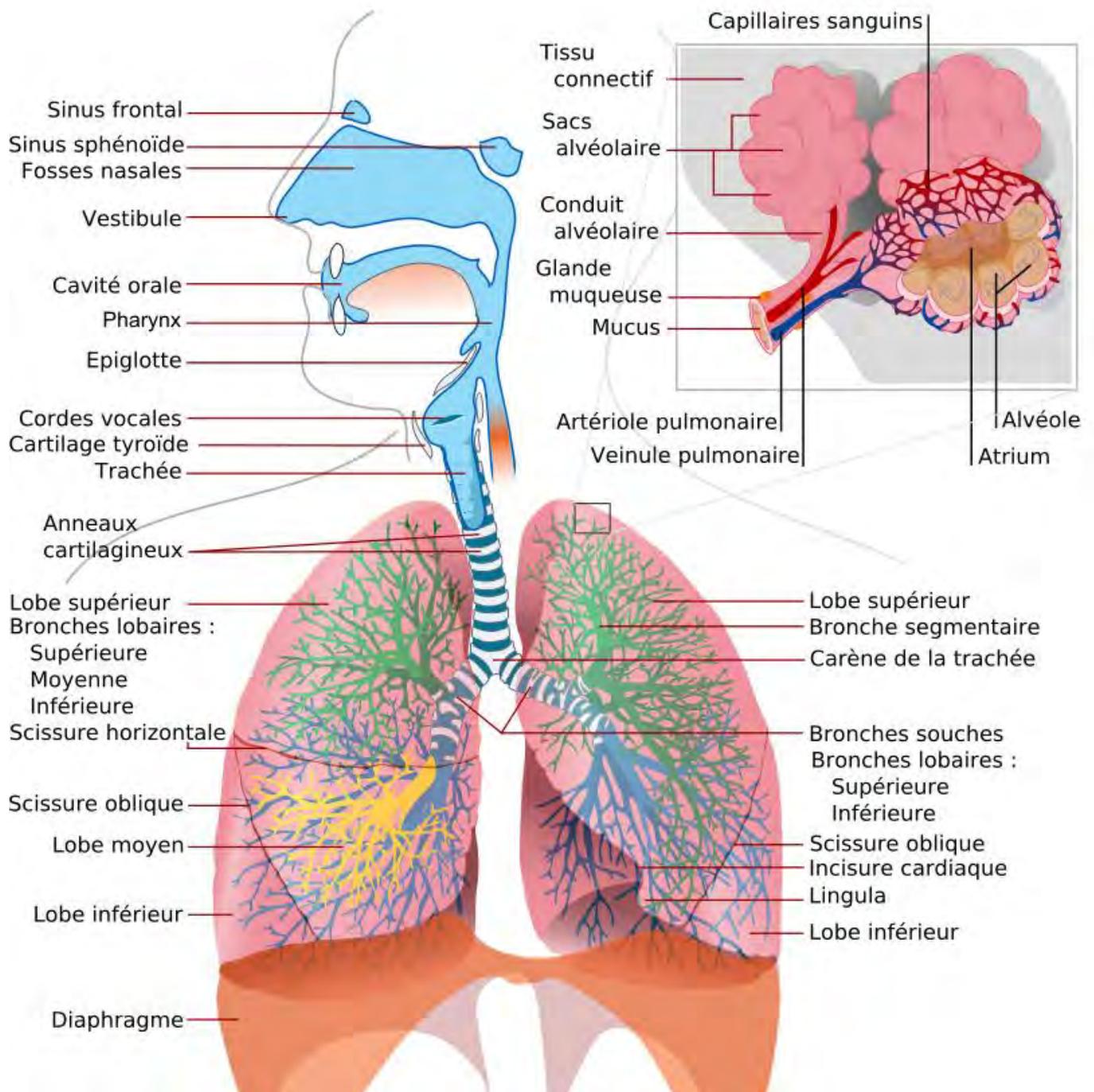


Schéma de l'appareil respiratoire de l'Homme
 (Auteur : LadyofHats traduction by Berru)

Les polluants de l'environnement intérieur

Exposition cumulée aux polluants de l'environnement intérieur susceptibles d'induire des affections respiratoires chroniques de l'enfant

Olivier BLANCHARD

Mots-clés : affections respiratoires, enfant, polluants, air intérieur, asthme, bronchite, bronchiolite, rhinite, aldéhydes, formaldéhyde, hexaldéhyde, acétaldéhyde, COV, benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, phtalates, contaminants biologiques, allergènes, produits dérivés chlorés, exposition cumulée, affections inflammatoires, voies respiratoires, toux, acroléide, conjonctivite, dermatite

L'air intérieur fait partie de la sphère privée, il est donc nettement plus difficile à investiguer que l'air extérieur alors que les concentrations de polluants peuvent y être élevées. Mais les polluants sont parfois très complexes à identifier et quantifier. La présente étude traite des maladies respiratoires chroniques de l'enfant en lien avec l'exposition aux polluants de l'air intérieur. Les symptômes les plus fréquemment observés sont : l'irritation des muqueuses nasales ou oculaires, l'eczéma, la toux et les sifflements respiratoires.

Les affections respiratoires chroniques de l'enfant

Ces dernières décennies, la prévalence des maladies respiratoires a augmenté dans tous les pays occidentaux. En moyenne, plus de 11 % des enfants âgés de 13 à 14 ans souffrent de symptômes asthmatiques dans l'ensemble de l'Europe. Cette progression a été constatée pour la période 1995-1996 par une étude internationale de l'asthme et des allergies chez les enfants⁷ puis, confirmée par des enquêtes successives. En France, les allergies respiratoires sont au premier rang des maladies chroniques de l'enfant.

- **Asthme**

L'asthme (gr. *asthma*, respiration difficile) est une maladie de cause souvent allergique, caractérisée par des crises récurrentes (toux irritante, sifflements, essoufflements, oppression thoracique...) qui surviennent lors d'une limitation provisoire du processus de respiration⁸ en réaction à une diversité de stimuli. Quel que soit le facteur déclenchant, les causes en sont souvent multiples : contact

avec des allergènes (acariens, animaux...), inhalation de substances polluantes (peintures, matériaux de construction...) et/ou de contaminants biologiques (champignons, moisissures...). L'inflammation chronique peut se manifester, dans la plupart des cas, chez les jeunes enfants de 4 à 5 ans. La « marche allergique »⁹ commence avec une sensibilité excessive au lait de vache, une allergie aux acariens, aux poils de chiens, de chats et à d'autres allergènes de l'air intérieur. Mais, nous ignorons pourquoi certains enfants dits « atopiques » (prédisposés) subissent la « marche allergique » et d'autres pas. Pourquoi ces maladies apparaissent moins souvent chez les filles que chez les garçons ?... Toutes les causes de l'asthme ne sont pas totalement identifiées.



Chez les enfants de 6 à 7 ans, en Europe, la prévalence¹⁰ de l'asthme varie entre 7,5 % pour la Belgique et 20,9 % pour la Grande-Bretagne. Elle est plus élevée dans le groupe des

⁷ ISAAC, *International Study of Asthma and Allergies in Childhood*.

⁸ Rétrécissement des bronches encombrées.

⁹ Installation lente et progressive de la maladie.

¹⁰ Pourcentage de la population (dans le cas évoqué ici, dans une tranche d'âge donnée) atteinte par une maladie donnée.

enfants âgés de 13 à 14 ans et peut alors atteindre aujourd'hui, 25 à 30 %. En France, la prévalence de l'asthme semble se stabiliser autour de 9 % pour ce segment de la population. Ce qui confirme l'efficacité de la prévention de l'asthme et des directives nationales de gestion de cette maladie.

- **Bronchite chronique**

La bronchite chronique est une inflammation des bronches qui provoque toux et sécrétions nasales ; elle est beaucoup moins bien documentée chez l'enfant pour lequel d'autres maladies (bronchiolites et bronchites allergiques) sont plus couramment diagnostiquées. La bronchite chronique se manifeste chez un enfant de 2 à 6 ans par de la toux durant des semaines, voire des mois : souvent depuis qu'il est en collectivité d'enfants (crèche, école...). Le pédiatre peut détecter des signes évocateurs d'atteinte bronchique mais la cause est parfois inexpliquée : virale ou bactérienne ? Si un doute persiste, il est amené à s'interroger sur les facteurs déclenchants et/ou d'aggravation (tabagisme, humidité, chauffage...).

L'étude européenne CESAR a conclu en 2002, que 7,6 % des enfants de 7 à 11 ans souffraient d'une toux productive¹¹ : estimation cohérente avec celle obtenue dans une étude américaine qui constatait qu'environ 7,2 % des enfants de 11 à 15 ans avaient une toux chronique productive.

- **Rhinite**

La rhinite, qu'elle soit allergique¹² ou non, est l'irritation et l'inflammation des muqueuses de la cavité nasale. Elle est en augmentation en Europe ; elle dépasse les 15 % chez les enfants de 13 à 14 ans en Belgique, Espagne et Italie. En France, pour les enfants de 9 à 10 ans, la rhinite allergique touchait 14 % des adolescents dans les années 1990 et au moins 20 % dix années plus tard. Les causes de cette augmentation de la prévalence ne sont pas bien connues : acariens, confort intérieur, éducation, habitat, pollution environnementale, tabagisme... Pouvons-nous faire un parallélisme avec l'asthme et la bronchite chronique ?

Les facteurs de risques

Les conditions de survenue de ces affections respiratoires de l'enfant, d'origine allergique ou non, sont complexes. Dans la mesure où ces maladies se superposent dans de nombreux cas, on peut se demander si elles ne sont pas la conséquence d'une interaction entre une prédisposition

génétique et l'environnement. Autrement dit, s'il n'y a pas de maladies respiratoires sans exposition cumulée aux polluants de l'environnement intérieur. Cette exposition pouvant survenir, par exemple, lors d'un contact avec un ou plusieurs produits chimiques. D'ores et déjà, plusieurs études ont démontré que l'exposition des enfants au tabac au domicile constituait un facteur de risque dans la survenue d'une toux chronique. Compte tenu du temps passé par les enfants dans les espaces clos¹⁴ (plus de 70 à 90 %), on s'interroge sur le rôle des polluants de l'air intérieur sur le développement des affections respiratoires chroniques chez l'enfant.



Environnement domestique
(Source : APPA d'après un schéma de J. Trouvet)

¹¹ Toux qui permet de rejeter des mucosités.

¹² Ex. rhume des foins.

¹⁴ Locaux d'habitation, crèches, écoles...

Les polluants de l'environnement intérieur

Outre la pollution provenant de l'extérieur (pollution atmosphérique urbaine, pollens...), les sources intérieures de polluants sont :

- **Les appareils à combustion** (monoxyde de carbone, dioxyde d'azote), les épurateurs d'air et autres équipements qui peuvent induire l'ozone ;
- **La présence humaine et les activités associées** : tabagisme, usage de produits d'entretien, désodorisants et parfums d'intérieur, bricolage, dispersion d'acariens, de moisissures, de mycotoxines, présence animaux de compagnie, etc. ;
- **Les constituants du bâtiment, incluant les équipements et le mobilier** (formaldéhyde, composés organiques volatils, bois traité, fibres, plomb des peintures anciennes et canalisations, etc.) ;
- **Les comportements individuels** qui amènent au confinement (obstruction des bouches de ventilation et d'aération, recherche de l'efficacité énergétique, etc.).

Le projet de recherche : Asthm'Child

L'originalité de ce projet tient à son intégration dans la cohorte Pélagie¹³ mise en place en Bretagne (Ille & Vilaine, Côtes d'Armor, Finistère) et qui inclut environ 3500 femmes (2002-2005). Ce projet vise une meilleure connaissance de l'exposition cumulée (chimique et biologique) susceptibles d'induire des affections respiratoires chroniques. Les mesures seront effectuées sur un sous-échantillon de 150 logements sélectionnés au sein de cette cohorte en sélectionnant des logements contrastés (urbain ou rural...).

L'enquête environnementale repose sur une campagne de prélèvements et de mesurage des produits dérivés chlorés, des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine), des phtalates, des musks synthétiques et des contaminants biologiques (moisissures et acariens), ainsi que du CO₂, indicateur global de confinement, de la température et de l'humidité relative. Un questionnaire sera couplé aux mesures et visera à recueillir de façon détaillée des données sur l'environnement intérieur des lieux de vie de l'enfant et de ses modes de vie.

Ces données feront l'objet d'une analyse statistique visant à identifier les déterminants des expositions. Ainsi, un modèle prédictif des niveaux de concentration des polluants basé sur les caractéristiques des logements et des familles sera proposé. Ce modèle sera ensuite utilisé afin de mener une étude épidémiologique cas-témoins¹⁵, visant à évaluer le lien entre les expositions cumulées à ces contaminants et la santé respiratoire d'enfants à l'âge de 6 ans (asthme, allergies, bronchites chroniques, rhinite).

L'équipe :

Olivier Blanchard

EHESP, Rennes

Isabella Annesi-Maesano

Inserm & UMPC Faculté de Médecine Saint-Antoine, Paris

Sylvaine Cordier

Campus de Beaulieu, Université Rennes 1, Rennes

Durée : 36 mois

Financement Ademe : 246.596 €

Contact : Olivier.Blanchard@ehesp.fr

¹³ Une cohorte est un ensemble de personnes qui font l'objet d'une enquête dans le but d'identifier des corrélations entre exposition ou comportement et survenue de maladies. La cohorte Pélagie a été mise en place spécifiquement pour l'étude des conséquences des expositions environnementales prénatales sur la grossesse et le développement de l'enfant.

¹⁵ Dans une cohorte on suit une population indépendamment de leur état de santé. Dans une étude cas témoins on étudie plus en détail le cas personnes malades pour essayer d'identifier des différences d'exposition avec une population témoins non malade. Dans ce cas, les cas témoins sont recrutés au sein de la cohorte Pélagie.



Les Composés Organiques Volatils (COV) : expertise de l'Anses

Guillaume BOULANGER et Marion KEIRSBULCK

Unité des milieux aériens (DER) - Anses

Mots-clés : composés, COV, benzène, formaldéhyde, styrène, toluène trichloroéthylène, cancer

Les Composés Organiques Volatils (COV) forment un ensemble de substances chimiques dont le point commun est de s'évaporer plus ou moins rapidement à la température ambiante, entraînant ainsi des impacts directs et indirects sur l'homme, les animaux et la nature. Les COV sont contenus dans de nombreux produits et matériaux tels les désodorisants, les laques, les vernis, les peintures, les colles, les parquets, les solvants, les cires, les produits nettoyants, etc. Parmi les plus connus, on peut citer à titre d'exemples : le benzène, le formaldéhyde, le styrène, le toluène ou le trichloroéthylène.

Des effets encore méconnus

L'exposition ponctuelle ou prolongée à certains COV peut présenter des risques pour la santé humaine. Leurs effets sont le plus souvent méconnus mais on attribue à certains d'entre eux, la faculté de causer des irritations de la peau, des muqueuses et du système pulmonaire mais aussi, des nausées, des maux de tête et vomissements : voire, des cancers et des altérations de la fertilité. Ainsi, le benzène et le formaldéhyde sont considérés par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) comme des agents cancérogènes certains¹⁶. D'autres composés comme le trichloroéthylène sont considérés comme des agents cancérogènes probables¹⁷. Certains éthers de glycol sont suspectés de porter atteinte à la reproduction.

De nombreux travaux scientifiques sont en cours pour mesurer l'exposition des populations, définir l'impact des COV sur la santé humaine et renforcer les capacités d'expertise scientifique. La loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement¹⁸ propose d'augmenter la lutte contre la pollution de l'air extérieur et intérieur. «En ce qui concerne l'air intérieur, il est prévu de soumettre les produits de construction et d'ameublement ainsi que les revêtements muraux et de

sol, les peintures et vernis et l'ensemble des produits ayant pour objet ou pour effet d'émettre des substances dans l'air ambiant à un étiquetage obligatoire à partir du 1er janvier 2012, notamment sur leurs émissions et contenus en polluants volatils, et d'interdire dans ces produits les substances classées cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction de catégories 1 et 2 (CMR 1 et CMR 2) au sens de la réglementation européenne »¹⁹.



L'expertise de l'Anses :

En 2009, l'Anses a proposé un protocole permettant de qualifier les émissions en COV issues des matériaux de construction et produits de décoration. Elle a ainsi retenu 165 composés principaux susceptibles d'être émis par les produits de construction et de décoration, et d'entraîner des effets sur la santé. Le protocole permet ainsi d'identifier les matériaux de construction et produits de décoration considérés comme « faiblement émissifs ».

Direction de l'Évaluation des Risques (DER) - Anses

¹⁶ Groupe 1 du CIRC.

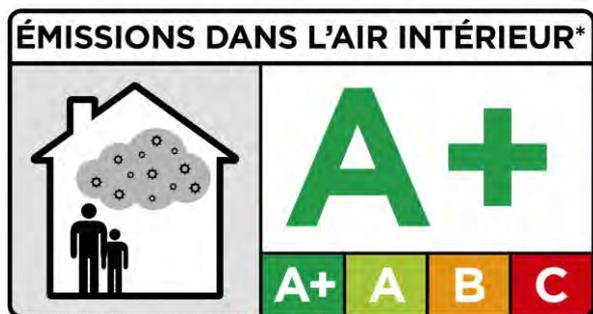
¹⁷ Groupe 2 du CIRC.

¹⁸ Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 parue au [JO n° 179 du 5 août 2009](#)

¹⁹ Extrait de l'article 40 de la loi citée ci-dessus.

Ces travaux de l'Agence ont été utiles aux autorités sanitaires pour élaborer la réglementation française concernant l'étiquetage des matériaux de construction et de décoration. Cette réglementation repose sur le même principe général de quantification des émissions.

Depuis le 1^{er} janvier 2012, les nouveaux produits de construction et de décoration destinés à un usage intérieur (revêtements divers, cloisons, matériaux d'isolation...) ne peuvent être mis sur le marché que s'ils comportent une étiquette relative aux émissions de polluants volatils¹. A terme, tous les produits vendus en France devront posséder une étiquette d'ici septembre 2013.



Ce nouvel étiquetage est le premier en matière de santé environnementale : il constitue un critère de sélection pour les usages des matériaux de construction et de décoration et permet aux consommateurs de sélectionner les produits les moins nocifs pour leur environnement intérieur.

En 2013, l'Anses a été saisie afin d'apporter un appui technique sur la mise au point d'une réglementation visant cette fois-ci à étiqueter les produits d'ameublement selon leurs émissions.

Pour être pleinement efficace, cette démarche d'étiquetage doit cependant être complétée par un effort sur les dispositions constructives (Ex. ventilation) et sur les comportements (Ex. aérer son logement, même l'hiver).

Des mesures de prévention individuelles

Il existe des mesures de prévention individuelles. Il s'agit de réduire l'exposition aux COV en utilisant, si possible, des produits à faible émission de COV, de respecter les consignes d'utilisation des produits (Ex. « ne pas utiliser dans un local fermé », « ne pas inhaler les vapeurs »...), d'aérer les vêtements après un nettoyage à sec et de ventiler largement et régulièrement les pièces.



L'impact des composteurs domestiques sur l'environnement intérieur

Impact des composteurs domestiques sur l'environnement intérieur

Sandrine ROUSSEL

Mots-clés : composteur, air intérieur, recyclage, déchets organiques, vers, terreau, compostage, compost, lombricomposteur

Chacun de nous produit 390 kg de déchets par an qui se retrouvent dans nos poubelles et conteneurs de tri qu'il s'agisse de déchets de cuisine, de déchets ménagers, etc. C'est deux fois plus qu'il y a 40 ans. Depuis le rapport Brundtland²⁰ qui a défini en 1987 le développement durable « comme un développement qui répond aux besoins présents sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs », chacun se sent concerné notamment par le pilier environnemental du développement durable. Comment préserver, améliorer et valoriser les ressources naturelles sur le long terme ?

Faire son compost est une des solutions, qui consiste à réduire localement ses déchets tout en nourrissant le sol. Ainsi, de plus en plus de personnes pratiquent le recyclage de leurs déchets organiques ménagers. Cette pratique permet une réduction allant jusqu'à 50 % de leur volume et la production de terreau.

Les déchets organiques

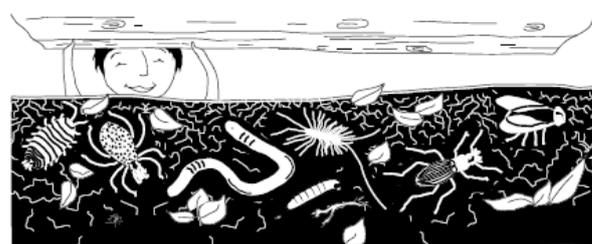
Tous les déchets organiques sont compostables à différents degrés :

- Les déchets de cuisine (épluchures, marc de café, os, noyaux, filtres en papier, pain, laitages, croûtes de fromage, fanes de légumes, fruits et légumes abîmés²¹...);
- Les déchets de jardin (tontes de gazon, feuilles, fleurs fanées, mauvaises herbes...);
- Les déchets de maison (mouchoirs en papier et essuie-tout usagés, cendres de bois, sciures et copeaux, plantes d'intérieur, cartons salis mais non souillés par des produits polluants...).

Pour réaliser un bon compostage, il faut mélanger des catégories opposées : les déchets riches en carbone avec ceux riches en azote, les humides avec les secs et les grossiers avec les fins. À l'abri des aléas climatiques, le compostage domestique peut être rapide : quatre à cinq mois.

Les composteurs domestiques

Les composteurs domestiques peuvent se présenter sous la forme d'une structure en bois ou en plastique. Si vous n'avez pas de jardin, le lombricomposteur est préconisé pour les balcons ou en intérieur (garage, véranda...), car les déchets sont moins importants. Dans ce dispositif, le compostage est effectué au contact de vers rouges (*Eisenia Foetida*, *Eisenia Andrei*) ainsi que divers micro-organismes qui se nourrissent naturellement, de matière organique et produisent deux sortes de compost : liquide et solide.



Le compostage à domicile
(Source : Ademe/Atelier des giboulées)

Les conditions de dégradation des déchets, en espace clos mais aéré, fournissent à la fois des températures²² et une hygrométrie²³ idéales pour la microfaune ainsi que des poussières organiques contenant un grand nombre d'agents biologiquement actifs.

²⁰ C'est une publication intitulée « Notre avenir à tous » issue de l'Organisation des Nations unies. Elle porte le nom de la norvégienne Gro Harlem Brundtland qui a présidé ce travail.

²¹ Attention, les graines de tomates, potirons et de quelques mauvaises herbes peuvent regermer lors du compostage.

²² Supérieures à 20°C.

²³ Supérieure à 60%.

Ces composteurs sont susceptibles d'émettre des bio-aérosols. Ceux-ci sont composés d'acariens, de bactéries, de champignons, de moisissures, de toxines d'origine biologiques, de virus, tout ceci étant en suspension dans l'air. Ils peuvent donc modifier de façon sensible la qualité de l'air intérieur.

Le projet de recherche : ICODE

Plusieurs travaux ont montré l'impact des composteurs industriels ou agricoles sur la qualité de l'air pour les travailleurs, mais également pour les populations alentours. Parmi les micro-organismes susceptibles de coloniser le milieu intérieur, notamment suite au compostage des déchets, on retrouve les acariens et les moisissures :

- Les acariens sont, dans certaines parties du monde, responsables de 65 à 90 % des asthmes chez les enfants et les jeunes adultes ;
- Les moisissures peuvent ensuite se développer sur des supports inorganiques (tapisseries, plâtres...).

En plus du risque allergique dû aux micro-organismes, il existe un risque infectieux important qui peut toucher les personnes immunodéprimées, lié à une exposition comme par exemple, à un champignon du genre *Aspergillus fumigatus*.

Leurs effets sont fonctions des niveaux de contamination ainsi que des substances produites. Afin de mieux définir et caractériser ce risque, il est important d'évaluer les répercussions de la pratique du compostage sur la qualité de l'air intérieur.

L'objectif de ce projet est de connaître l'écologie (en fonction du compostage effectué) ainsi que l'impact sur la santé des différents produits émis et transportés ; ce qui permettrait d'établir un protocole de gestion optimale des composteurs²⁴ ainsi que de l'habitat²⁵. Pour cela, 40 familles pratiquant le compostage et 20 familles témoins seront recrutés (sur la base du volontariat) dans le département du Doubs, en collaboration avec l'Ademe²⁶, et leur environnement fera l'objet d'un suivi pendant un an à l'aide de capteurs biologiques.

L'équipe :

Sandrine Roussel

UMR CNRS chrono-environnement Faculté de Médecine-Pharmacie, Besançon

Durée : 18 mois

Financement Ademe : 49.882 €

Contact : sandrine.roussel@univ-fcomte.fr

²⁴ Précaution d'utilisation, type de déchets domestiques à utiliser ou non...

²⁵ Types de ventilation du logement, rythme d'aération et températures.

²⁶ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie : www.ademe.fr

L'exposition aérienne aux micro-organismes dans la filière céréales : focus sur les champignons toxiques

Évaluation des risques d'exposition aérienne aux micro-organismes dans la filière céréales. Focus sur les champignons toxiques les plus fréquents dans l'hémisphère Nord : *Fusarium sp.*

Hélène NICULITA-HIRZEL

Mots-clés : blé, céréales, poussière de blé, fusariose, *Fusarium*, inhalation, champignons, bactéries, endotoxines, mycotoxines, grain, ouvriers, manutention, agriculteurs, rhinite, asthme, pneumopathie, bronchite, toux, dyspnée, poussières organiques, pathologies respiratoires, céréaliers, allergologie

L'agriculture est considérée comme une des professions les plus à risques, quant aux pathologies respiratoires aiguës ou chroniques, à cause des agents biologiques auxquels elle expose. Pour les agriculteurs qui travaillent dans la filière céréalière, la fréquence des maladies respiratoires est en nette augmentation depuis la mécanisation intensive de leur profession, qui permet de manipuler des volumes de céréales de plus en plus importants, en peu de temps. D'après les données de l'Agreste²⁷, 70 millions de tonnes sont manipulés et transformés en France par 225.000 travailleurs agricoles (soit 33 % des actifs de l'agriculture française). Ceux-ci sont exposés à la poussière de céréales, au moment de la moisson, de la fenaison, du déchargement dans les silos ou encore pendant la manipulation de la paille.

Tous ces travailleurs présentent, de plus en plus, de risques de pathologies respiratoires car la quantité de poussière de céréales libérée dans l'air est directement liée à l'augmentation de la production (maladie du poumon du fermier, syndrome des déchargeurs de silos...) chaque manipulation libérant des micro-organismes aéroportés dans l'environnement : champignons, bactéries, moisissures pathogènes du blé telles que les espèces du genre *Fusarium*, *Aspergillus* et *Penicillium*. Dans son *Essai sur les maladies des artisans*, Philibert Patissier expliquait déjà en 1822 que « vivant dans une atmosphère chargée de particules farineuses, les meuniers en avalent malgré eux une grande quantité. J'en ai vu devenir asthmatiques »²⁸.

La fusariose du blé

Les *Fusarium* sont des champignons qui infectent diverses céréales. Dans la banque de données *Mycobank*²⁹ qui fournit la documentation la plus complète possible sur tous les champignons, il existe plus de 1500 souches décrites en forme de fuseau (lat. *fusus*) : d'où le nom *Fusarium*. Plusieurs espèces sont impliquées dans des infections opportunistes chez l'animal ou l'être humain, regroupées sous le nom de « fusariose ». Le blé est ainsi soumis à des attaques par des micro-organismes tout au long de sa croissance et de son stockage : pourriture des semences, brûlure des semis, contamination des grains par les moisissures, etc.



Fusarium graminearum (Source : Hélène Niculita-Hirzel)

²⁷ Le Service de la statistique et de la prospective (SSP) au sein du Secrétariat Général du Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/>

²⁸ *Traité des maladies des artisans et de celles qui résultent de diverses professions*, d'après Bernardino Ramazzini (1633-1714).

²⁹ International Mycological Association : <http://fr.mycobank.org>

Certaines espèces de *Fusarium* sont connues pour coloniser de nombreuses céréales (grains, paille et foin), graminées et autres plantes. Elles peuvent s'adapter à différents substrats. Les concentrations les plus élevées se retrouvent dans les régions agricoles. Des traces subsistent également dans le sol ou dans l'eau : voire, en zone urbaine pendant l'été, en spores aéroportées.

D'autre part, certains *Fusarium* sont producteurs de puissantes mycotoxines³⁰ et peuvent donc poser des problèmes sérieux pour la santé, suite à des expositions environnementales ou par l'alimentation. Mais autant le risque alimentaire est reconnu, évalué au fur et à mesure de l'identification de nouvelles toxines, autant les risques d'inhalation sont méconnus du fait de leur complexité.



Déchargement de paille (Source : Hélène Niculita-Hirzel)

Les agriculteurs sont exposés. La plupart de ces particules fongiques reste en suspension dans l'air, lors de chaque manipulation du grain ou de la paille. En fonction de leur taille³¹, elles peuvent arrêter leur parcours au niveau du nez ou pénétrer dans les poumons. La question se pose d'analyser l'effet sur la santé d'une telle exposition.

Risques de problèmes respiratoires

Malgré une prévalence du tabagisme en baisse, les statistiques recueillies jusqu'à présent suggèrent que les agriculteurs ont un taux de morbidité et de mortalité dues à des affections respiratoires plus élevé que la population générale : rhinite, asthme, pneumopathie d'hypersensibilité, bronchite chronique, etc.

De plus, la prévalence de symptômes respiratoires (toux, respiration sifflante, dyspnée...) liés au travail est anormalement élevée chez les agriculteurs³² : de 23 à 50 %. La plupart des pathologies diagnostiquées sont :

- **Les pneumopathies d'hypersensibilité (PHS)** sont des maladies pulmonaires dues à une inflammation des alvéoles du poumon provoquées par une hypersensibilité à l'inhalation de poussières organiques. Aussi appelées alvéolites allergiques extrinsèques (AAE), elles peuvent être difficiles à diagnostiquer par l'absence de symptômes spécifiques (les symptômes observés sont en effet fatigue, perte d'appétit, amaigrissement, nausée, diminution des capacités respiratoires). Quatre à six semaines sont nécessaires après l'arrêt de l'exposition pour que le patient aille mieux ;
- **Les syndromes toxiques des poussières organiques (ODTS)**³³. Ceux-ci sont faciles à diagnostiquer car ils sont associés à une exposition épisodique à des concentrations très élevées de micro-organismes. Les victimes de ce syndrome se rétablissent dans les 36 heures.

Des études ont identifié la plupart des moisissures du blé comme des sensibilisants respiratoires. Il reste à déterminer leur potentiel allergène car elles présentent un large spectre d'agents capables de moduler leurs réactions. Si leurs métabolites³⁴ se révèlent toxiques pour l'homme ou l'animal, ils sont classés dans les mycotoxines. D'ores et déjà, onze mycotoxines produits par différentes espèces de moisissures ont été détectées dans différents échantillons de blé en Europe mais leurs effets par voie inhalable restent encore peu connus.

Le projet de recherche : AirFusTox

L'objectif principal de ce projet est la caractérisation de l'exposition au *Fusarium* des céréaliers (fermiers, moissonneurs, minotiers...) à différentes étapes de la récolte, du stockage et de la transformation du blé, cultivé dans différentes conditions de température et d'humidité.

Le deuxième objectif est d'évaluer le potentiel toxique et allergique des composants organiques sur l'épithélium (tissu) respiratoire ou les monocytes³⁵ de l'homme afin de développer un modèle *in vitro* des effets d'une exposition

³⁰ Substance chimique toxique générée par un champignon.

³¹ Plus ou moins de 10 µm.

³² Skórska et al. 1998, *Effects of exposure to grain dust in Polish farmers*.

³³ Organic Dust Toxicity Syndrome.

³⁴ Produit résultant de la transformation de ces agents dans l'organisme.

³⁵ Un type de globule blanc.

multiple aux micro-organismes présents dans l'environnement : y a-t-il interaction ou non ? Est-elle agoniste ou antagoniste ?...

Le troisième objectif est d'identifier quels composés biologiques spécifiques des poussières de blé, isolés au cours de l'enquête microbiologique, déclenchent une réponse immunitaire chez les différents groupes de travailleurs.

La méthodologie

Quatre populations de 25 personnes chacune, présentant différents niveaux d'exposition aux micro-organismes aéroportés du blé, ont été recrutées dans l'étude : les minotiers, les moissonneurs – botteleurs, les éleveurs de bétails, les agriculteurs cultivateurs. Deux populations servent de contrôle : les habitants des villes et des campagnes qui ne travaillent pas dans le milieu agricole.

L'échantillonnage des bioaérosols dégagés par la manipulation du blé est effectué dans l'environnement de travail de ces personnes. Les moisissures présentes dans ces poussières sont identifiées à l'aide d'outils de biologie moléculaire. La réponse immunitaire à ces moisissures est évaluée par titrage des immunoglobulines G spécifiques. Le profil métabolique de *Fusarium* sur le blé est déterminé à l'aide d'outils de chimie analytique. La toxicité des métabolites les plus caractéristiques (endotoxines, certains métabolites secondaires des *Fusarium sp* tel que les mycotoxines, etc.) est déterminée par test *in vitro* sur des cellules épithéliales bronchiales ou des monocytes dérivés humains.

Les partenaires :

Hélène Niculita-Hirzel

Institut Universitaire de Santé au Travail - Lausanne

Olivier Puel

Inra UMR 1331 Toxalim – Toulouse

Gabriel Reboux

CHU de Besançon

Durée : 36 mois

Soutien : 183.652 €

Contact : Helene.Hirzel@hospvd.ch

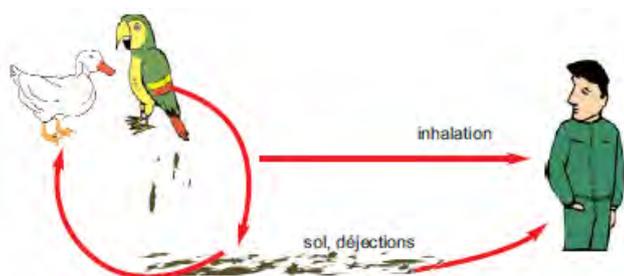
L'ornithose-psittacose en milieu professionnel avicole

Analyse du risque et des expositions à *Chlamydia psittaci*, agent de l'ornithose-psittacose, en milieu professionnel, secteur avicole

Karine LAROUCAU et Bertille De BARBEYRAC

Mots-clés : ornithose, psittacose, zoonose, aviculture, *chlamydia*, *chlamydia psittaci*, chlamydiose, oiseaux, volailles, canards, dindes, perruches, perroquets, pneumopathie

La psittacose est une zoonose transmise à l'homme par les oiseaux sauvages ou domestiques. Appelée aussi ornithose chez l'homme et chlamydiose chez les oiseaux, elle est due à une bactérie de petite taille : *Chlamydia psittaci*. La plupart des infections aviaires se traduisent par un portage asymptomatique. Les oiseaux extériorisent généralement la maladie lorsque leur résistance générale est amoindrie à la suite de facteurs de stress (surpeuplement, infections intercurrentes, conditions d'hygiène défectueuses, carences nutritionnelles, transport de longue durée...). Chez l'homme, c'est le plus souvent une maladie bénigne, qui s'apparente à un syndrome pseudo-grippal³⁶. Mais celle-ci peut s'aggraver sous la forme d'une pneumopathie³⁷ atypique sévère, qui peut être mortelle si un traitement antibiotique n'est pas rapidement mis en place. En France, en milieu professionnel, les sources de contamination les plus souvent incriminées sont les canards.



Transmission de l'ornithose-psittacose (fiche DGAL)

L'homme s'infecte par inhalation d'aérosols contaminés ou par contact direct avec des fientes ou des sécrétions respiratoires infectées.

Les activités à risque

La psittacose est souvent d'origine professionnelle, prédominante dans l'ouest et le sud-ouest de la France, et très fréquemment liée aux activités impliquant des canards. Depuis 1988, cette maladie est reconnue comme maladie professionnelle pour le malade ou ses ayants droits³⁸. Ce qui permet de recenser de premiers chiffres pour la période 1990-1999 :

- 16 cas déclarés à la Mutualité sociale agricole (MSA) ;
- 526 auprès de Groupama ;
- 23 auprès des Caisses d'assurance maladie (régime général).

De toute évidence, ces données sont sous-estimées car cette maladie passe souvent inaperçue (pseudo-grippe). D'autre part, pour confirmer le diagnostic, une seconde prise de sang doit être prescrite trois à quatre semaines après l'apparition des premiers signes cliniques. Ce qui est rarement fait, une fois le malade rétabli.

En milieu professionnel, les activités à risque sont :

- Les métiers en rapport avec les oiseaux vivants ou leur environnement souillé (élevages, animaleries...);
- Les métiers en rapport avec des oiseaux morts (abattoirs, laboratoires d'analyses vétérinaires...);
- Les métiers exposant à des fientes d'oiseaux sauvages (couvreurs, zingueurs, personnes travaillant dans des bâtiments désaffectés...).

³⁶ Avec des symptômes rappelant la grippe : Fièvre, céphalées, douleurs musculaires, toux sèche...

³⁷ Maladie des poumons.

³⁸ Tableau 87 RG SS et N° 52 du régime agricole.

Lors d'études conduites en France en 2004 dans la filière canard, des vétérinaires ont mis en évidence le portage de la bactérie *Chlamydia psittaci* chez plus de la moitié des échantillons analysés. Ceux-ci provenaient de lots de canards ne présentant pas de signes cliniques et étaient issus de départements et de couvoirs différents.



Dès lors, comment mettre en évidence l'infection chez l'animal ? Comment connaître le niveau de contamination de l'air environnant par *Chlamydia psittaci* dans différents espaces dédiés à l'élevage ? Quels moyens appropriés mettre en place pour lutter contre la psittacose ? Quelle conduite tenir ?...

Bien que peu de données animales existent dans les autres filières avicoles (dindes, poulets...) - la persistance d'épisodes épidémiques ou de plusieurs cas groupés, font que la psittacose demeure un sujet sensible dans le contexte professionnel.

Le projet de recherche : AIRCHLAM

Le projet de recherche « AIRCHLAM » consiste à :

- Réaliser de façon suivie des investigations, en prélevant des échantillons d'air, dans différents espaces fermés dédiés à l'élevage (couvoirs, bâtiments d'élevage, salles de gavage...) ou en abattoirs ;
- Examiner les œufs/animaux présents pendant les prélèvements pour relier le niveau de portage de la bactérie *Chlamydia psittaci* au niveau de contamination ambiant ;
- Connaître le niveau de portage de professionnels volontaires vis-à-vis de *C. psittaci* en fonction de différents lieux et/ou postes de travail ;
- Proposer la mise en place de bonnes pratiques et de méthodes de protection pertinentes³⁹ en fonction du risque encouru pour chacun des postes étudiés ;
- Disposer de données significatives visant à faire abaisser le niveau d'exposition des personnes travaillant au contact des animaux infectés.

Les prélèvements positifs seront systématiquement mis en culture et génotypés. Tous les cas suspects de psittacose qui surviendraient dans les entreprises participant à cette étude feront l'objet d'une investigation en collaboration avec la Médecine du travail et le Centre National de Référence (CNR) des *Chlamydia*.

Les partenaires :

Karine Laroucau

Laboratoire de Santé animale de Maisons-Alfort (Anses)

Bertille de Barbeyrac

Université Victor Segalen - Bordeaux

Durée : 24 mois

Soutien : 127.400 €

Contact : karine.laroucau@anses.fr

³⁹ Par exemple : limiter la mise en suspension des poussières, ventiler les bâtiments, port d'un masque de protection respiratoire...



Cancer broncho-pulmonaire et exposition professionnelle aux fumées de soudage

Cancer broncho-pulmonaire et exposition professionnelle aux fumées de soudage

Isabelle STUCKER et Mireille MATRAT

Mots-clés : cancer, poumon, soudage, expositions professionnelles

Le cancer broncho-pulmonaire (CBP) est la première cause de décès par cancer en France. Ainsi, en France, en 2005, on a dénombré 30.651 nouveaux cas (dont 78 % chez l'homme) qui ont conduit à 26.624 décès. Le tabac est sans aucun doute le facteur de risque majeur du cancer du poumon. Cependant, les cancers des voies respiratoires sont particulièrement concernés par les expositions professionnelles, car l'inhalation est la voie de pénétration de nombreuses substances présentes en milieu de travail. Le cancer du poumon constitue d'ailleurs le cancer le plus lié aux expositions professionnelles⁴⁰. Une publication récente à partir de l'étude Icare montre que près de 15% des cancers du poumon sont attribuables à une exposition professionnelle à des cancérogènes pulmonaires reconnus⁴¹.

Le soudage

Le soudage est une activité qui se rencontre dans une multitude de secteurs professionnels tels que la sidérurgie, le travail des métaux, la fabrication de machines et d'équipements, de matériels de transport, d'appareils électriques, d'instruments médicaux de précision, d'optique et d'horlogerie. En 2003, l'enquête Sumer⁴² estimait à 360.000 le nombre de personnes en France concernées par cette activité.

Le soudage est une opération d'assemblage de pièces, en général en métal, avec ou sans apport de métal supplémentaire, selon la technique utilisée. Diverses méthodes sont utilisées, pour provoquer la fusion du métal. On distingue ainsi :

- **Le soudage à l'arc**, le plus répandu, qui utilise la chaleur d'un arc électrique ;
- **Le soudage au chalumeau** qui utilise une flamme obtenue à partir d'un gaz (oxyacétylène ou propane) et l'oxygène ;
- **Le soudage par pression**
- **Et d'autres types de soudages tels que**
 - **Le soudage par faisceau d'électrons** dont l'énergie cinétique se transforme en chaleur ;
 - **Le soudage laser** où l'énergie est apportée sous la forme d'un faisceau laser, etc.



Les émissions polluantes dépendent du type de soudage et en particulier, des températures atteintes localement, des spécificités du procédé comme la composition du gaz et des métaux en présence, du revêtement ou des contaminants du métal soudé ce qui fait des fumées de

⁴⁰ Steenland K, Loomis D, Shy C, et al. Review of occupational lung carcinogens. *Am J Ind Med* 1996;**29**:474-90.2.

Siemiatycki J, Richardson L, Straif K, et al. Listing occupational carcinogens. *Environ Health Perspect* 2004;**112**:1447-59.

⁴¹ Guida F, Papadopoulos A, Menvielle G et al. Risk of lung cancer and occupational history: results of a French population-based case-control study, the ICARE study. *J Occup Environ Med* 2011 ; **53** : 1068-77

⁴² Surveillance médicale des risques professionnels : enquête mise en place par le Ministère du Travail, lancée et gérée conjointement par la Direction des Relations du Travail (Inspection médicale du travail) et la Direction de l'Animation de la Recherche, des Etudes et des Statistiques : www.travail-emploi.gouv.fr

soudage un mélange complexe. Ainsi, ces fumées émettent des nuisances gazeuses ou particulières telles que l'ozone, le formol, de nombreux oxydes notamment métalliques (chromates, fer, nickel, etc) des particules notamment sous forme nanoparticulaire.

L'inhalation des fumées de soudage

L'exposition aux particules métalliques diffère selon le type de matériaux soudés. Une exposition au chrome hexavalent (substance classée dans le groupe 1 par le Centre International sur le Cancer (CIRC), c'est à dire cancérigène certain chez l'homme) se rencontre particulièrement en cas de soudage manuel d'aciers inoxydables ou d'aciers faiblement alliés avec un métal d'apport inoxydable. D'autres substances peuvent également se rencontrer lors du soudage: nickel, fer, béryllium, cadmium... Les études épidémiologiques réalisées avant 1990 avaient conduit le CIRC à classer l'exposition aux fumées de soudage comme une activité **possiblement cancérigène** pour l'homme du fait de résultats discordants.

Le projet de recherche : Icare-Soudure

L'étude Icare est une étude cas-témoins⁴³, mise en place pour étudier le rôle des facteurs de risque professionnels et environnementaux dans la survenue de cancers broncho-pulmonaires (CBP) et de cancers des voies aéro-digestives supérieures. Dans ce projet, l'étude Icare a pour but de permettre :

- d'étudier en détail le rôle de l'exposition aux fumées de soudage dans la survenue de CBP, en fonction des caractéristiques de cette activité (type de soudure, technique de soudage, matériaux impliqués...);
- d'étudier les relations dose-effet en lien avec le temps passé à réaliser l'activité de soudage, le niveau d'exposition aux fumées, etc.

Les partenaires :

Isabelle Stucker

Inserm UM 1018 Équipe 6, Villejuif

Mireille Matrat

Centre Hospitalier Intercommunal de Créteil, Service de Pneumologie et Pathologie Professionnelle

Durée : 24 mois

Financement ITMO Cancer : 66.385 €

Contact : isabelle.stucker@inserm.fr

⁴³ Design d'étude qui compare la proportion de personnes exposées à l'exposition d'intérêt entre un groupe de sujets malades de la pathologie d'intérêt et un groupe de sujets non malades de cette pathologie (le plus recommandé une population saine).

Eau et agents biologiques

L'eau, un enjeu vital

La directive cadre européenne du 23 octobre 2000⁴⁴ précise dans son introduction : « L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel ». Cette courte phrase résume bien le caractère indispensable de l'eau au bon fonctionnement de l'organisme humain et plus généralement à la plupart des activités *humaines*, et donc l'importance accordée à sa disponibilité et à sa qualité.

La qualité de l'eau se définit le plus souvent par rapport à l'usage que nous en faisons. Les exigences de qualité sont ainsi différentes selon que l'eau est destinée à la consommation humaine ou à un autre usage. On peut de même évaluer la qualité de l'eau par rapport à son origine : eau de surface et eau souterraine. C'est pourquoi les mesures visant à garantir la salubrité de l'eau distribuée portent sur l'ensemble du processus : de la protection de la ressource naturelle aux techniques de traitement et de distribution. Des défauts dans cette qualité peuvent être source de risques, du fait de la présence d'agents chimiques ou biologiques.

- **En ce qui concerne les substances chimiques**, leur teneur dépend de facteurs naturels tel que la nature du sol et du sous-sol, et des activités humaines, celles-ci produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques : présence de composés perfluorés, rémanence des pesticides, résidus de médicaments dans les ressources utilisées pour la production d'eau de consommation, etc.
- **En ce qui concerne les agents biologiques**, ceux-ci peuvent être d'origines variées. Ils peuvent provenir des réseaux d'eaux usées et, incomplètement retenus par les procédés de traitement, se retrouver dans les eaux captées en vue de divers usages. Ces agents peuvent également provenir des activités humaines. D'autre part, comme le souligne le deuxième Plan National Santé Environnement (2009-2013), « une augmentation de la température de l'eau peut favoriser la prolifération d'algues libérant des toxines. » Cela pourrait nécessiter un renforcement de la qualité de la surveillance dans les eaux de loisirs et dans les ressources utilisées pour l'alimentation en eau potable.



La qualité des ressources utilisées pour l'alimentation en eau potable (Fotolia)

Un point important est le traitement des eaux usées. Celui-ci doit respecter les seuils de qualité des rejets

⁴⁴ Directive 2000/60/CE pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

d'eaux en milieu naturel afin de préserver la qualité des milieux aquatiques, utilisés éventuellement comme ressources pour la production d'eau potable ; il vise à éliminer la matière organique et les micropolluants et substances indésirables (pesticides, nitrates, ...), ainsi que les microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites).

Quels dangers ?

Les agents chimiques et biologiques peuvent avoir un impact sur la santé humaine :

- **Par consommation directe.** L'eau du robinet ou eau de consommation a pour origine des eaux de surface et des eaux souterraines qui subissent des traitements très poussés pour rendre l'eau potable. C'est l'un des produits destinés à la consommation humaine qui est le mieux surveillé. Il doit répondre à des critères de qualité très stricts, qui reposent sur de nombreux paramètres bactériologiques (l'eau ne doit comporter aucun germe nuisible à la santé), chimiques, physiques et organoleptiques (elle doit être limpide, sans goût ni odeur désagréable). Le principal risque sanitaire de l'eau du robinet a toujours été et reste encore microbiologique. De fait, la contamination de l'eau par des microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites)⁴⁵ est susceptible de provoquer des cas isolés de gastro-entérites, voire une situation épidémique. Les épidémies d'origine hydrique rapportées en France sont très rares⁴⁶.
- **Par la baignade.** La baignade est, en France, la plus répandue des activités récréatives en rapport avec l'eau. Les maladies associées à la baignade sont des infections causées par des microorganismes (bactéries, virus et protozoaires) ayant contaminé les eaux. Les symptômes les plus communs incluent la diarrhée, les infections ORL et des voies aériennes supérieures ainsi que des affections cutanées. L'ingestion d'eau contaminée est la principale source d'infections, mais d'autres voies d'exposition sont concernées lors d'une baignade comme la voie cutanée, par les oreilles, les yeux, le nez ou par la peau éraflée ou coupée.



- **Par inhalation.** Certaines bactéries peuvent être à l'origine de maladies graves telles que la légionellose en France. Cette maladie causée par l'inhalation de gouttelettes d'eau contaminée par la bactérie *Legionella pneumophila* atteint les voies respiratoires. Ainsi, 1170 cas de légionellose ont été déclarés en France⁴⁷ en 2011.

⁴⁵ Sur les dix épidémies de gastro-entérites aiguës investiguées par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), entre 1998 et 2006, les agents pathogènes identifiés sont représentés par, des bactéries du genre *Campylobacter*, des parasites du genre *Cryptosporidium*, des virus, majoritairement des *Norovirus*.

⁴⁶ Transposition de la Directive européenne 98/83/CE.

⁴⁷ Bilan des cas de légionellose survenus en France en 2011 : <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Infections-respiratoires/Legionellose/Donnees/Bilan-des-cas-de-legionellose-survenus-en-France-en-2011>

La présente édition des cahiers de la recherche traite de projets de recherche portant sur les agents biologiques. Quatre projets sont présentés qui constituent autant de « zooms » sur l'activité de recherche dans ce domaine.

- **Le traitement des eaux usées.** Aujourd'hui, on connaît mal, d'après Xavier Bertrand, « l'efficacité des stations d'épuration (STEP) dans la réduction des bactéries multi-résistantes⁴⁸ », dont les souches de *Escherichia Coli*. Rechercher et quantifier ces souches tout au long de la filière de captation, de traitement et de rejet issues du traitement des eaux usées constitue le premier objectif du projet « EUCOLIB » (pp. 28-29). Ainsi, lorsqu'un traitement par lagunage est utilisé comme procédé d'épuration, il peut faire parfois l'objet de proliférations et contribuer à l'émergence de certaines souches capables de produire des toxines. Selon les sites et les conditions, les proliférations peuvent être quasiment permanentes ou ponctuelles, rares ou fréquentes, c'est-à-dire largement imprévisibles dans l'état actuel des connaissances.
- **Rejets accidentels en cas de forte pluie.** Par temps de fortes pluies, les déversoirs d'orage entraînent des rejets (surverse des égouts) augmentant et favorisant le développement de bactéries opportunistes telles *Pseudomonas aeruginosa* qui colonisent tous les compartiments d'un cours d'eau (sédiments, végétations, eaux de surface). Certaines de ces bactéries peuvent provoquer plusieurs pathologies, dont gastro-entérites, otites et pneumonies. Benoit Cournoyer s'intéresse particulièrement à la persistance de *Pseudomonas aeruginosa* et à la remise en suspension de cette espèce en fonction des variations du régime hydrologique. Son projet de recherche « PYO-EAU » vise notamment à caractériser les génotypes de *P. aeruginosa* aquatiques et cribler les gènes de virulence pour éviter toute dérive (pp. 30-31).
- **Agents biologiques et activité agricole.** De la même manière, l'IRSTEA de Rennes a étudié en lien avec le laboratoire de Ploufragan/Plouzané (Anses) la dissémination des *Listeria monocytogenes* dans les lagunes de stockage des effluents d'élevages porcins en Bretagne. Après avoir mis en évidence une prévalence élevée de cette bactérie dans les fèces et les lisiers de porcs (52 % et 38 % des élevages analysés), l'étude « FEDELILAS » dirigée par Anne-Marie Pourcher a permis de constater la présence de cette même bactérie dans les lagunes de stockage destinées à l'arrosage ou à l'irrigation des cultures. D'où le risque d'un passage vers les animaux et la chaîne alimentaire. La recherche en microcosmes permet donc d'étudier le suivi des concentrations au cours du temps et d'apprécier l'influence de paramètres tels la température par exemple (pp. 34-35).
- **Prolifération dans les réseaux de distribution.** Certains genres bactériens tels les légionelles, peuvent survivre et se multiplier dans les réseaux d'eaux chaudes sanitaires. Ces bactéries peuvent être à l'origine de maladies graves telles que la légionellose en France. La maîtrise du risque sanitaire repose principalement par la mise en place de systèmes de traitement et de décontaminations des réseaux d'eaux, mais leur efficacité se heurte comme l'atteste Anne Vianney, à la formation de « biofilms » chez *L. pneumophila*, difficiles à éliminer. D'où l'intérêt du projet de recherche « BIOFILMLEGIO » qui vise l'inactivation ou la suppression des gènes agissant sur la formation de « biofilms » (pp.26-27).

⁴⁸ Aux antibiotiques.



La formation de biofilms de *Legionella pneumophila*

Rôle du di-GMP cyclique dans le contrôle de la formation de biofilms de *Legionella pneumophila*

Anne VIANNEY

Mots-clés : légionellose, légionelles, *Legionella pneumophila*, biofilms

En France, la légionellose est une maladie à déclaration obligatoire depuis 1987. C'est une pneumonie grave provoquée par des bactéries qui se développent dans des milieux humides⁴⁹, dont la plus connue est *Legionella pneumophila*. Cette maladie, mortelle dans 10 à 15 % des cas, se traduit par une infection pulmonaire, accompagnée dans les cas les plus sévères, par des troubles digestifs et une confusion mentale. Elle doit son nom à une épidémie survenue en 1976 chez des combattants de l'*American Legion* réunis en congrès à Philadelphie : légionellose ou maladie des légionnaires.

Les cas de légionellose

Les bactéries du genre *Legionella pneumophila* sont responsables de 99 % des cas d'infections. Ces microorganismes, en suspension dans l'air, proviennent soit des condensateurs à évaporation des systèmes d'air conditionné, soit des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans l'air ambiant⁵⁰ ou de l'eau stagnant par exemple dans les circuits d'alimentation des équipements de balnéothérapie. Malgré les progrès réalisés pour réduire l'incidence de la légionellose en France, cette affection des voies respiratoires reste un problème de santé publique.

La maîtrise du risque sanitaire repose principalement sur les mesures de prévention qui tendent à éviter la prolifération des légionelles :

- Maintenir la température de l'eau en dessous de 25°C ou en-dessus de 45°C ;
- Lutter contre l'entartrage et la corrosion des éléments de robinetterie ;
- Entretenir les réservoirs et circuits de distribution ;
- Supprimer les zones de stagnation.

Cependant, les mesures de décontamination des réseaux d'eaux se heurtent à la formation par les *Legionella pneumophila* de « biofilms », difficiles à éliminer.



Legionella pneumophila
(Source : CDC/ Public Health Image Library)

La formation de biofilms

Pour résister aux agressions extérieures (antibiotiques, biocides...), les bactéries peuvent se regrouper et se protéger en adhérant les unes aux autres ; elles forment alors un biofilm, généralement dans les milieux aqueux ou exposés à l'humidité. C'est par exemple le cas de la plaque dentaire. C'est aussi par ce mécanisme que *Legionella pneumophila* résiste aux antibiotiques ainsi qu'à la chloration des eaux domestiques.

Pour former ces biofilms, les bactéries perçoivent des signaux environnementaux ou bactériens encore méconnus à ce jour. Des études récentes ont établi que, dans certaines espèces bactériennes, le di-GMP⁵¹ cyclique jouait un rôle clé dans la transmission du signal en le

⁴⁹ Installations sanitaires (douches, robinets...), systèmes de climatisation, dispositifs de refroidissement par voie humide (tours aéro-réfrigérantes, circuits de refroidissement industriel...), bassins et fontaines, jacuzzi, eaux thermales, etc.

⁵⁰ Depuis fin 2004, les tours aéro-réfrigérantes (Tar) sont soumises à la réglementation des installations classées.

⁵¹ Di-guanosine monophosphate.

relayant à l'intérieur de la bactérie (on parle alors de second messenger bactérien).

Le projet de recherche : BIOFILMLEGIO

Les bactéries *Legionella pneumophila* possèdent 22 protéines susceptibles d'être des enzymes de synthèse et/ou de dégradation du di-GMP cyclique, et donc de participer à différentes voies de signalisation impliquant le di-GMPc comme messager secondaire. Elles sont associées à des domaines de perception de signaux qui pourraient influencer sur ces activités enzymatiques en réponse aux conditions environnementales.

Afin de comprendre le rôle joué par le di-GMP cyclique dans la formation de biofilms de *Legionella pneumophila*, il importe d'identifier les enzymes du métabolisme du di-GMPc responsables de la transmission des informations lors de la formation du biofilm bactérien. En d'autres termes : quelles sont les voies de signalisation impliquant le di-GMP cyclique réellement requises pour déclencher la formation de biofilm ? A quels signaux répondent-elles ? Les réponses attendues pourraient permettre de proposer des moyens de limiter la formation de biofilms de légionelles dans les structures à risques.

Dans ce contexte, et pour mieux comprendre les mécanismes moléculaires qui contrôlent la formation de biofilms de *Legionella pneumophila*, les objectifs de ce projet de recherche sont donc de :

- Identifier les protéines du métabolisme du di-GMP cyclique contrôlant effectivement la formation de biofilms de *Legionella*. Pour cela, l'impact sur la formation de biofilms de l'inactivation ou de la surexpression des gènes correspondants sera systématiquement évalué.
- Caractériser les voies de signalisation et les signaux environnementaux associés. Pour cela les domaines senseurs de signaux associés aux protéines d'intérêt seront analysés *in silico* et les signaux susceptibles d'être perçus seront testés lors de la formation de biofilms de *Legionella*.

Les partenaires :

Anne Vianney

Université Lyon 1 - CIRI U1111/ UMR5308, Villeurbanne

Christine Roques

Université Toulouse 3

Durée : 36 mois

Soutien : 192.900 €

Contact : anne.vianney@univ-lyon1.fr

Les bactéries multi-résistantes aux antibiotiques dans les réseaux d'eaux usées

Évaluation du rôle de la filière « eaux usées » dans l'épidémiologie de Escherichia coli producteur de BLSE

Xavier BERTRAND

Mots-clés : *Escherichia coli*, eaux usées, captage, épuration, STEP, épidémiologie, boues, épandage, bactéries, entérobactéries

L'eau et notamment l'eau potable est un élément indispensable à la vie et pour la plupart des activités humaines. Pour rendre l'eau potable, on applique des traitements depuis son point de captage (l'origine de l'eau) jusqu'à sa distribution aux usagers. Les microorganismes (bactéries, virus, parasites...) qu'elle contient sont, pour la plupart éliminés en plusieurs étapes successives. La qualité des eaux distribuées dépend de celle de l'eau qui est captée, donc indirectement des eaux rejetées par l'homme.



Station d'épuration (Fotolia)

Les réseaux d'eaux usées sont des écosystèmes bactériens complexes qui courent en France sur des milliers de kilomètres. La composition de ces écosystèmes reflète les caractéristiques des bactéries rejetées par l'homme, principalement dans les matières fécales. L'augmentation de la fréquence du portage humain de bactéries multi-résistantes aux antibiotiques se traduit par la présence croissante de ces bactéries dans les eaux usées. Ces eaux usées sont traitées dans des stations d'épuration (STEP) qui ont pour objectif principal de réduire la densité

bactérienne avant rejet dans l'environnement, afin de réduire la pollution des eaux de surfaces en bactéries fécales qu'elles soient sensibles ou résistantes aux antibiotiques).

L'épidémiologie de *Escherichia coli*

Escherichia coli (*E. coli*) est une bactérie normalement présente en grande quantité dans le tube digestif de l'être humain. La plupart des souches sont inoffensives. Mais certaines d'entre elles causent des infections (gastro-entérites, infections urinaires, septicémies...). Cette espèce est la plus fréquemment impliquée dans les infections communautaires ou nosocomiales (c'est-à-dire contractées à l'hôpital). Ces infections sont le plus souvent peu graves. Certaines souches de *E. coli* produisent des enzymes qui inactivent divers antibiotiques : les bêta-lactamases à spectre étendu (BLSE) et sont donc multi-résistantes. Celles-ci représentent un problème majeur de santé publique, et sont par exemple très présentes en milieu hospitalier (là où coexistent de nombreux patients et des antibiotiques).

Le projet de recherche : EUCOLIB

De nombreuses études montrent la présence fréquente (de l'ordre de 5%) de *E. coli* producteur de BLSE (ECBLSE) chez l'homme. Ces bactéries sont aussi présentes dans de nombreuses espèces animales ainsi que dans certains produits alimentaires d'origine animale (Ex. viande). La présence de cette flore intestinale dans les eaux usées est la conséquence directe de l'excrétion humaine. Les déterminants de la diffusion de ces souches demeurent mal connus et notamment le rôle potentiel de leur dissémination environnementale. Une autre source potentielle environnementale est représentée par l'eau : notamment, la filière de traitement des eaux usées.

Le projet EUCOLIB vise à une meilleure compréhension de ces phénomènes dans les eaux usées de diverses origines (hospitalières et communautaires). Aujourd'hui, les études visant à quantifier le rôle de l'hôpital dans l'augmentation des ECBLSE sont contradictoires. Pour comparer les eaux usées d'origine hospitalière à celle d'origine communautaire, des échantillons ont été collectés chaque semaine dans cinq points différents du réseau de la ville de Besançon : 2 points de sortie des égouts des 2 hôpitaux hospitaliers et 3 points d'égouts communautaires. Les eaux traitées étant rejetées dans le Doubs, cette rivière a également été prélevée en amont et en aval de la station d'épuration. Les boues issues des processus d'épuration ont également été analysées.

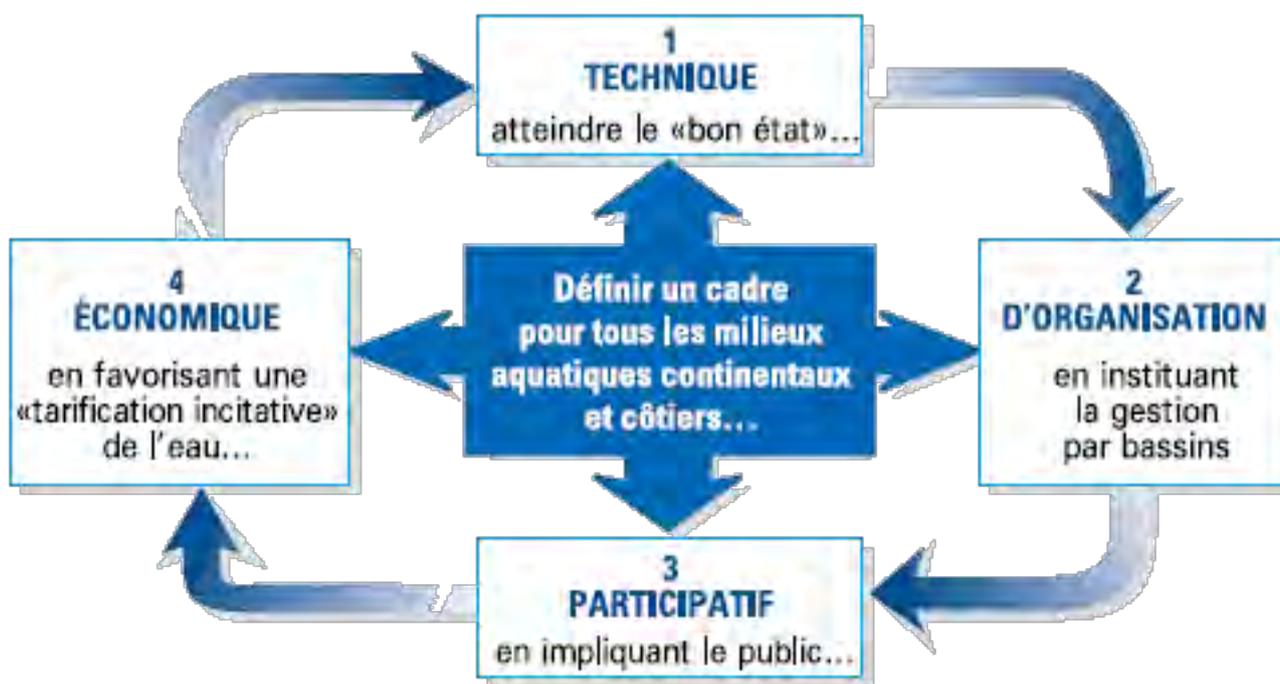
Les résultats obtenus permettront d'approfondir nos connaissances sur l'épidémiologie de *E. coli* BLSE en apportant des réponses sur un aspect jusqu'alors peu exploré : rôle potentiel de la filière "eaux usées" dans la dissémination environnementale de cette bactérie multi-résistante.

Équipe : CHU Besançon

Durée : 24 mois

Soutien : 106.796 €

Contact : xbertrand@chu-besancon.fr



*Les enjeux de la Directive Cadre Européenne 2000/60/CE ou DCE
(Source : Office International de l'Eau)*

Les habitats préférentiels et la dangerosité des bactéries pathogènes opportunistes de l'espèce *Pseudomonas aeruginosa*

*Habitats préférentiels et dangerosité des *Pseudomonas aeruginosa* introduits dans les cours d'eau par les rejets d'eaux usées par temps de pluie*

Benoit COURNOYER

Mots-clés : *Pseudomonas aeruginosa*, eaux usées, déversements, déversoirs, orage, pluie, égouts, baignades artificielles

Par temps de fortes pluies, les agents infectieux deviennent une préoccupation sanitaire importante en raison des pratiques de gestion développées pour éviter la montée en charge des réseaux unitaires, et prévenir les transferts de polluants chimiques via les eaux de ruissellement vers les milieux naturels. En effet, ces pratiques peuvent concentrer les micro-organismes véhiculés par les eaux de ruissellement dans un même lieu i. e. les bassins de rétention/infiltration ou induire la surverse des égouts et micro-organismes d'origines fécales par les déversoirs d'orage dans les milieux naturels. Or, si des indicateurs de qualité microbiologique ont été définis pour évaluer la qualité des eaux de surface dans un contexte de baignade et du risque de contracter une gastro-entérite, ils ne permettent pas une appréciation satisfaisante du danger pour des espèces pathogènes fortement adaptées aux milieux hydriques et également retrouvées en portage rectal.



Les bactéries *Pseudomonas aeruginosa*

Les bactéries *Pseudomonas aeruginosa* sont responsables de pathologies graves : endocardites, otites, pneumopathies, septicémies, infections cutanées ou urinaires...

Elles sont d'autant plus dangereuses qu'elles sont très résistantes aux antibiotiques. Malgré les plans de surveillance, elles restent une préoccupation majeure pour les personnes atteintes de mucoviscidose ou immunodéprimées.

Bien que ces bactéries soient adaptées aux environnements hydriques, on ignore tout de leur devenir en milieu naturel. Quels sont leurs habitats préférentiels : eaux récréatives, eaux continentales, sites et sédiments pollués ? Comment se comportent-elles ? Quelles sont les conséquences de ce cycle environnemental sur leurs propriétés de virulence et dangerosité ?...

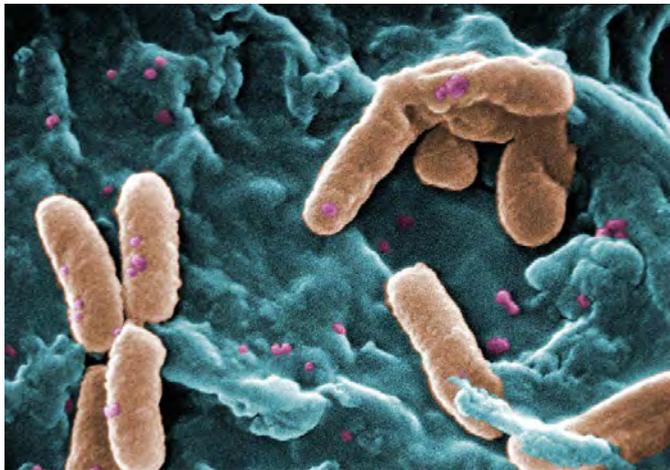
La station expérimentale de la Chaudanne

Grâce à un partenariat avec le Grand Lyon et l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, des travaux de recherche peuvent être menés *in situ*, en bénéficiant des structures de la station expérimentale de la rivière Chaudanne. Depuis 1990, l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU) a organisé un réseau qui permet le suivi à long terme, de mesures de pluie, de débits et de flux de pollution pour étudier différents procédés de gestion de l'eau affectant les cours d'eau et nappes souterraines dont les systèmes des déversoirs d'orage. Le débit moyen de la rivière Chaudanne est de 30 litres par secondes (l/s) mais il peut atteindre 1500 l/s lors de gros orages – les déversements les plus importants ayant principalement lieu en période estivale.

Le projet de recherche : PYO-EAU

Les rejets d'un déversoir d'orage constituent une source ponctuelle de contaminants chimiques et microbiologiques. Ils favorisent, entre autres, le transfert des *Pseudomonas aeruginosa* vers les cours d'eau naturels.

Les zones impactées par des déversoirs d'orage peuvent donc être utilisées pour améliorer nos connaissances sur le tropisme de ces pathogènes pour certains supports aquatiques et tester des hypothèses concernant la résistance de ces milieux face à ce type de micro-organismes (capacité d'auto-épuration). Il est tout particulièrement important de pouvoir relier les phénomènes de dissémination et persistance de ces bactéries aux descripteurs du fonctionnement d'un cours d'eau dont les débits et morpho faciès.



Pseudomonas aeruginosa
(Source : CDC/Janice Haney Carr)

Outre la colonisation des supports de surface d'une rivière, les microorganismes peuvent également migrer plus ou moins rapidement dans l'hyporhéos, c'est-à-dire la zone d'écoulement des eaux souterraines de la rivière. Les échanges dans cette zone permettent des transferts de nutriments et peuvent donner naissance à des conditions de croissance favorables à certaines espèces microbiennes. Ces échanges, sont très variables dans le temps et dépendent des forces hydrauliques et morpho faciès du cours d'eau⁵².

Les objectifs du projet de recherche sont de :

- Estimer les quantités de *P. aeruginosa* rejetées par un déversoir d'orage en fonction des intensités pluviales ;
- Étudier la répartition des *P. aeruginosa* déversées au sein des compartiments d'un cours d'eau récepteur et définir les habitats préférentiels ;
- Définir les conditions favorables à la persistance et au développement des bactéries *P. aeruginosa* en milieux aquatiques ;
- Préciser la spécificité des interactions entre *P. aeruginosa*, les algues et/ou les plantes aquatiques ;
- Dédire la dangerosité des formes aquatiques de *P. aeruginosa* en fonction de leur potentiel de virulence.

L'originalité de ce projet repose non seulement sur les études de terrain et les jeux de données obtenus mais aussi sur le caractère interdisciplinaire du consortium de recherche regroupant hydrologues, géomorphologues et microbiologistes et biologistes. Ce consortium rend possible l'étude de ce type d'espèces pathogènes en situation réelle et d'améliorer la compréhension de leur écologie.

Les partenaires :

Benoit Cournoyer

Université Lyon 1 – CNRS UMR 5557 Villeurbanne

Pascal Breil

IRSTEA – Lyon

Laurent Schmitt

Université Lyon 2 – Bron

Claire Prigent-Combaret

CNRS UMR 5557 Écologie microbienne, Université Lyon 1, Villeurbanne

Gudrun Bornette

CNRS UMR 5023 LEHNA, Université Lyon 1, Villeurbanne

Durée : 36 mois

Soutien : 185.000 €

Contact : Benoit.Cournoyer@univ-lyon1.fr

⁵² Grandeur qui dépend du carré de la vitesse d'écoulement et de la hauteur de l'eau dans la rivière.

La valeur limite en *P. aeruginosa* liée aux baignades artificielles : expertise de l'Anses

Pascale PANETIER et Carole CATASTINI
Unité Eaux (DER) - Anses

Mots-clés : eaux, baignades artificielles, risques sanitaires, réglementation, *Pseudomonas aeruginosa*, pathologies

De nouvelles baignades dites « artificielles » se développent de plus en plus en France et connaissent un fort engouement du public. Il s'agit de baignades où l'eau captée est maintenue captive par des moyens artificiels (Ex. réservoirs, barrages, gravières ou bassins à marée...) ainsi que les baignades à traitement par filtration biologique, souvent appelées « piscines naturelles, biologiques ou écologiques ». Or, à ce jour, aucune de ces baignades ne fait l'objet d'une réglementation spécifique.

L'Agence a été saisie par les ministères en charge de la santé, de l'écologie et du développement durable, afin d'évaluer les risques sanitaires liés à ces baignades non encadrées par la réglementation en vigueur, en portant une attention particulière aux installations publiques commercialisées sous l'appellation « piscines biologiques ou écologiques ».

L'expertise de l'Anses :

L'expertise a permis d'identifier un certain nombre de dangers sanitaires, notamment :

- **Les micro-organismes pathogènes apportés par les baigneurs** pouvant être à l'origine de contaminations inter-baigneurs et responsables de la plupart des épidémies déclarées en eaux récréatives ;
- **Les toxines de micro-algues et de cyanobactéries**, dont la prolifération est amplifiée dans les baignades artificielles par des conditions particulièrement propices ;

- **Les micro-organismes et les pollutions chimiques apportés par l'environnement** (Ex. *Pseudomonas aeruginosa*), via l'eau de remplissage de la baignade, les ruissellements d'eau, l'intrusion d'animaux, etc.

Les voies d'exposition des baigneurs aux dangers précités concernent l'ingestion d'eau, l'inhalation d'aérosols et/ou le contact cutané-muqueux. Toutes les populations susceptibles de fréquenter les baignades artificielles sont concernées par ces expositions et particulièrement, certaines populations sensibles comme telles que les enfants, les femmes enceintes, les personnes âgées et les personnes vulnérables aux infections, de même que les professionnels intervenant régulièrement sur les sites de baignade artificielle.



Les pathologies dues à *P. aeruginosa* en lien avec la baignade

Les pathologies dues à *P. aeruginosa* qui sont les plus couramment associées aux baignades (piscines⁵³, bains à remous⁵⁴, baignades naturelles et artificielles...) sont

⁵³ Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines – Partie I : piscines réglementées, Avis et rapport d'expertise de l'Afsset, juin 2010.

⁵⁴ Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines – Partie II : bains à remous, Avis et rapport d'expertise de l'Anses, janvier 2013.

constituées par les otites externes, les conjonctivites et les kératites (souvent chez les porteurs de lentilles de contact) les folliculites ou dermites des piscines.

- **Otites**

P. aeruginosa n'est pas un composant habituel de la flore auriculaire mais il est responsable de près de 70 % des cas d'otites externes, et il est très souvent associé à la baignade. Les otites externes concernent plus particulièrement les nageurs fréquentant souvent et longtemps les piscines ou les baignades et qui nagent en immergeant la tête. Les enfants sont davantage touchés, vraisemblablement du fait d'une activité aquatique plus intense.

- **Kératites et conjonctivites**

Les kératites dues à *P. aeruginosa* sont les plus communes parmi les infections oculaires. Elles peuvent, dans certains cas, conduire à la cécité. D'après la note complémentaire de septembre 2010, « environ 50 % des ulcérations de la cornée ont pour cause *P. aeruginosa*. Le port de lentilles de contact constitue le principal facteur prédisposant à ces infections. »

- **Folliculites**

La dermite des piscines survient généralement 48 heures après la baignade et concerne l'ensemble du corps. Elle se caractérise par des lésions prurigineuses évoluant en pustules plus ou moins profondes. Elle peut s'accompagner d'une sensation de malaise, d'une otite externe ou d'une conjonctivite.

Ces pathologies, le plus souvent bénignes chez les sujets sains, peuvent être graves chez les sujets dont l'immunité est compromise (diabète, maladies hématologiques, grands brûlés, transplantation d'organes, sida...).

La publication en juillet 2009 du rapport d'expertise concernant ces risques sanitaires, assorti de recommandations a donné lieu à plusieurs questionnements, notamment sur les risques liés à de possibles dépassement de la valeur limite en *Pseudomonas aeruginosa*. La note complémentaire de septembre 2010 a pour vocation de préciser les raisons qui ont conduit les experts à recommander le suivi de la concentration en *P. aeruginosa* dans l'eau des baignades artificielles et à proposer une valeur limite⁵⁵ de 10 UFC/100mL.

Cette valeur maximale proposée par l'Agence⁵⁶ a été retenue par les experts sur la base de la réglementation et des recommandations allemandes. *P. aeruginosa* étant connu pour sa pathogénicité, particulièrement vis-à-vis des individus sensibles, ce seuil a été fixé à un niveau considéré comme protecteur pour ces catégories de personnes.

L'Agence a été saisie dernièrement pour avis sur le projet de décret relatif aux baignades artificielles.

⁵⁵ UFC : Unité Formant Colonie.

⁵⁶ *Risques sanitaires liés aux baignades artificielles*, Avis et rapport Afsset, juillet 2009.



Dissémination des *Listeria monocytogenes* dans l'environnement agricole

Dissémination de *L. monocytogenes* dans l'environnement agricole : étude des facteurs environnementaux régulant la survie des listeria dans les lagunes de stockage des effluents d'élevages porcins

Anne-Marie POURCHER

Mots-clés : *Listeria monocytogenes*, pollution bactériologique, effluents d'élevage, élevages porcins, lisiers, porcs, entérocoques, déjections animales, lagunes de stockage, traitement du lisier

Les effluents rejetés par la population *via* les stations d'épuration mais aussi par d'autres activités comme l'élevage peuvent véhiculer des germes pathogènes (virus, bactéries ou parasites) susceptibles de transmettre des maladies. Les élevages porcins génèrent du lisier qui est épandu directement, ou après traitement biologique, sur les terres agricoles. Certaines filières de traitement du lisier produisent un effluent liquide qui, après un stockage dans un bassin de rétention (lagune) est recyclé à travers l'arrosage ou l'irrigation des cultures. Le lisier mais également les effluents issus des lagunes seraient à même de participer à la dissémination de *Listeria monocytogenes* dans l'environnement, bactérie pathogène pour l'Homme.

Les effluents d'élevages porcins

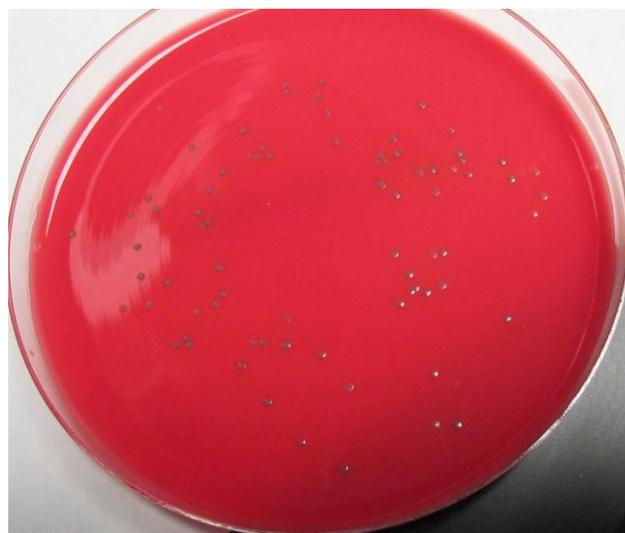
Deux études menées en 2008 et 2009⁵⁷ ont mis en évidence un pourcentage important de *L. monocytogenes* dans les excréments et les lisiers de porcs. Respectivement, 47% et 38% des élevages analysés étaient contaminés. La présence de ces bactéries dans les lagunes de stockage, constituées du liquide surnageant du lisier décanté après traitement (digestion aérobie⁵⁸), suggère qu'elles sont capables de survivre dans ce type d'effluent et qu'elles peuvent être disséminées dans l'environnement et contaminer indirectement les végétaux.

Comment les bactéries *L. monocytogenes* survivent-elles dans les lagunes de stockage ? Pourquoi leur fréquence de détection est-elle plus élevée dans ces bassins que dans les lisiers bruts ? Quels types de facteurs favorisent leur développement ? Ces souches sont-elles d'origine porcine ?...

Si les publications concernant le comportement de la bactérie dans les produits alimentaires sont nombreuses, il existe peu de données susceptibles d'expliquer sa présence dans les effluents des lagunes de stockage.

Le projet de recherche : FEDELILAS

Le projet de recherche FEDELILAS vise à étudier les facteurs environnementaux qui régulent la survie des *Listeria monocytogenes* dans les lisiers et les bassins de stockage des effluents d'élevages porcins. Les premiers résultats obtenus sur une année de suivi mensuel de deux filières de traitement du lisier montrent une présence quasi systématique de *L. monocytogenes* dans le lisier et dans la moitié des échantillons prélevés dans les lagunes. La prévalence de la bactérie semble indépendante de la saison, contrairement aux données rapportées par la littérature.



Listeria monocytogenes en culture (Source : James Folsom)

⁵⁷ Les laboratoires de Ploufragan (Anses) et Irstea de Rennes.

⁵⁸ Modification sous l'influence de bactéries utilisant de l'oxygène.

L'originalité du projet qui se situe dans sa continuité des deux études menées par les laboratoires de l'Anses de Ploufragan et de l'Irstea de Rennes en 2008 et 2009 citées ci-dessus, consiste à étudier sur le terrain le comportement et la diversité génotypique de *L. monocytogenes* et à mieux comprendre les facteurs influençant la survie de cette bactérie par une étude menée en microcosmes au laboratoire.

- La première étape (15 mois), réalisée sur le terrain, permettra d'améliorer les connaissances sur cet agent pathogène : identifier les facteurs favorisant la dynamique et la dissémination de *L. monocytogenes* dans l'environnement (suivi mensuel), estimer la diversité génétique des souches persistantes⁵⁹ ; et vérifier l'origine des souches retrouvées dans les lagunes (porcine ou autres).

- La deuxième étape (21 mois), réalisée en laboratoire, consistera à ensemencer des lisiers et des effluents de lagunes avec deux souches de *L. monocytogenes* isolées lors de la première étape et à comparer leur comportement au cours du temps. Le dénombrement des germes par méthode culturale et l'analyse de l'ADN permettront de différencier les états physiologiques des souches inoculées et d'évaluer l'influence de différents paramètres tels la température, le pH, etc.

Les partenaires :

Anne-Marie Pourcher

IRSTEA – Rennes

Martine Denis

Anses, Laboratoire de Ploufragan/Plouzané Unité HQPAP

Durée : 36 mois

Financement Ademe : 196.562 €

Contact : anne-marie.pourcher@irstea.fr

⁵⁹ Sérotypage (technique de reconnaissance fondée sur l'immunologie) et génotypage (analyse de l'ADN).



Le Programme national de recherche en Environnement-Santé-Travail (PNR EST)

Lancé en 2006, le Programme national de recherche en Environnement-Santé-Travail (PNR EST) ambitionne de conduire les communautés scientifiques à produire des données utiles aux différentes phases de l'analyse du risque sanitaire et, ainsi, à rapprocher recherche et expertise scientifique. Il vient en appui aux politiques publiques dans les domaines de la santé environnementale et de la santé au travail.

Dans ce cadre, des appels à projets de recherche sont lancés chaque année, grâce à des fonds confiés à l'Anses par les ministères chargés de l'Écologie et du Travail auxquels s'ajoutent le produit de la taxe sur les émetteurs radiofréquences, et les fonds provenant d'établissements partenaires. Ainsi, l'appel à projets de recherche 2013 de l'Anses est lancé en association avec l'Agence de la maîtrise de l'énergie et de l'environnement (ADEME), l'Institut thématique multi-organismes cancer (ITMO cancer) dans le cadre du Plan Cancer 2009-2013, l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), au titre du Plan Écophyto porté par le ministère chargé de l'agriculture et, pour la première fois, ce même ministère au titre du Plan Écoantibio 2017.

Les projets de recherche soumis par la communauté scientifique sont sélectionnés pour leur originalité et leur qualité scientifique. Ils doivent également conduire au renforcement des connaissances, notamment sur des points critiques en évaluation ou gestion des risques sanitaires. Ces trois dernières années, le PNR EST a ainsi permis de financer 113 projets. Parmi eux, 16 portaient sur des agents biologiques, 28 sur des agents chimiques (dont 10 sur les perturbateurs endocriniens et 4 sur les produits phytosanitaires), 14 sur le thématique « nanomatériaux et fibres », 17 sur les agents physiques (radiofréquences, bruits, UV). Sur cet ensemble 29 couvraient explicitement la thématique Santé-Travail.

Le PNR EST décline des priorités de recherche en recherchant des synergies des plans de santé publique. Pour ce qui concerne le domaine traité par ce numéro des cahiers de la recherche sont impliqués **le Plan National Santé Environnement, le Plan au santé-travail et le Plan cancer.**



Le Deuxième Plan National Santé Environnement (2009-2013)⁶⁰

Le deuxième plan national santé environnement (PNSE 2) a succédé au premier PNSE prévu par la Loi de santé publique du 9 août 2004. Comme l'indique le site du ministère de la santé : « *Il décline les engagements du Grenelle de l'environnement, en matière de santé environnement [...] Il définit un ensemble d'actions communes et concertées, tant au niveau national que local* ». Ce programme se décline en 58 actions. Le PNR EST s'inscrit dans plusieurs d'entre elles, notamment celles qui mentionnent l'amélioration des connaissances (particules, air intérieur, air et eau...), et l'action 49 qui traite du renforcement de la recherche.



Le Deuxième Plan Santé au Travail (2010-2014)⁶¹

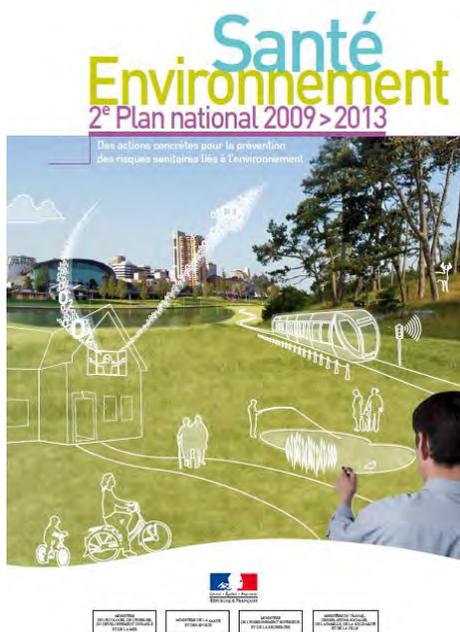
Comme l'indique l'introduction du texte constituant le deuxième Plan Santé au travail « *Le développement de la santé et du bien-être au travail et l'amélioration des conditions de travail constitue un enjeu majeur pour notre politique sociale dans les années présentes et à venir. Ceci passe par la mise en œuvre effective d'actions visant à réduire les accidents du travail et les maladies professionnelles, à prévenir les risques professionnels, l'usure au travail et la dégradation de la santé, ainsi qu'à permettre le maintien dans l'emploi.* » Ce plan programme se décline en quatre axes, dont le premier, « améliorer la connaissance en santé travail », concerne directement le PNR EST.

⁶⁰ <http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/PNSE2.pdf>

⁶¹ <http://travail-emploi.gouv.fr/espaces,770/travail,771/dossiers,156/sante-et-securite-au-travail,301/plans-de-sante-au-travail-pst,548/plan-de-sante-au-travail-2010-2014,1629/>

Le Plan Cancer (2009-2013)⁶²

Ce deuxième plan s'inscrit dans la continuité du Plan cancer 2003-2007. Il contient de nouvelles propositions qui visent notamment à susciter de nouveaux efforts de recherche, mieux prendre en compte les inégalités de santé face au cancer, à améliorer la coordination des soins et à mieux accompagner les personnes pendant et après le cancer. Ce plan repose sur un ensemble de 30 mesures. Le PNR EST grâce à des financements de l'ITMO cancer s'inscrit dans la mesure 3 « Caractériser les risques environnementaux et comportementaux ».



PNSE 2



PST 2



Plan Cancer

⁶² <http://www.plan-cancer.gouv.fr/>



Les Actions de l'Anses : la qualité de l'air et de l'eau

L'expertise collective.

Parmi les collectifs d'experts qui travaillent sur la thématique Santé Environnement, deux sont directement impliqués dans l'évaluation des risques liés aux milieux aériens et hydriques :

- **Évaluation des risques liés aux milieux aériens :** Les domaines d'expertise du comité d'experts spécialisé (CES) « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » sont : la pollution atmosphérique urbaine et rurale, les indicateurs et valeurs limites de pollution atmosphérique, ainsi que la qualité de l'air dans l'environnement professionnel et dans les environnements intérieurs non professionnels.
- **Eaux :** Le comité d'experts spécialisé (CES) « Eaux » évalue les risques sanitaires, pour la population générale et les travailleurs, relatifs à la présence de microorganismes ou de contaminants chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine, les eaux récréatives, les eaux usées, les eaux de surface et souterraines. Il évalue également l'innocuité des matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution des eaux destinées à la consommation humaine, ainsi que l'innocuité et l'efficacité des produits et procédés de traitement des eaux (destinées à la consommation humaine, usées, de piscines).



La qualité de l'air

L'air, qu'il s'agisse de l'air extérieur ou de celui des environnements clos, est susceptible d'être pollué par des substances chimiques, des bio contaminants ou des particules et fibres pouvant nuire à la santé. Ces polluants peuvent être d'origine naturelle (Ex. pollens, émissions de volcans...) ou être liés à l'activité humaine (Ex. particules issues des activités industrielles, de l'agriculture ou du transport routier ; composés organiques volatils émis par les matériaux de construction...). Pour l'air intérieur, la nature des polluants dépend notamment des caractéristiques du bâti, des occupants et de leurs comportements. L'Anses travaille tant sur l'air intérieur qu'extérieur pour évaluer les risques liés aux polluants présents dans ces environnements.

Dans le domaine de la pollution de l'air, des travaux sur les allergènes (en particulier les pollens) et sur les risques liés aux particules dans l'air intérieur et extérieur, notamment d'origine diesel vont être initiés, poursuivis ou publiés cette année. Un travail sera également réalisé sur la qualité de l'air des espaces ferroviaires souterrains, en vue d'évaluer les risques pour les travailleurs et les passagers.

ZOOM 2013 :

- **Connaissance et impact des particules émises par le trafic.** De nombreuses études attestent des effets de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé de la population. D'après des données récentes françaises issues du projet européen Aphekom, coordonné par l'institut de veille sanitaire (InVS), l'espérance de vie à 30 ans pourrait augmenter de 3,6 à 7,5 mois selon la ville concernée, si les concentrations moyennes annuelles de particules fines (PM2.5) respectaient la valeur guide de l'OMS ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$). L'Agence souhaite s'intéresser aux risques pour la santé de la population, associés aux particules issues du trafic routier, dont les véhicules diesel, en considérant notamment l'évolution des émissions de particules issues du trafic, du fait du développement de nouvelles technologies de motorisation.
- **Pollution de l'air des enceintes de transports ferroviaires souterrains.** Depuis le début des années 2000, les études de la qualité de l'air dans des enceintes ferroviaires souterraines ont mis en évidence des niveaux élevés de particules en suspension, avec des concentrations significatives en PM10, ainsi que la présence de divers polluants chimiques. Dans ce contexte l'Agence a engagé en 2012 des travaux visant à produire : 1) un état des connaissances (pollution, toxicité des polluants, exposition des travailleurs et risques associés, politiques de gestion), 2) une évaluation des risques sanitaires chez les travailleurs, si celle-ci s'avère réalisable, 3) des propositions d'axes de recherches et de pistes de gestion.

L'approvisionnement en eau potable et l'assainissement ont fortement contribué à l'amélioration de la santé publique, à l'expansion de la vie sociale et économique. De ce fait, l'eau qu'elle soit destinée à l'alimentation, la boisson, les usages domestiques, les loisirs de baignade est l'un des produits sur le marché les plus surveillés. La qualité de l'eau demeure en effet une préoccupation prioritaire pour les citoyens et les autorités publiques, notamment au regard des molécules émergentes (résidus de médicaments, perturbateurs endocriniens, *etc.*) détectées à l'état de traces grâce aux progrès analytiques, de l'accroissement des populations vulnérables et de l'apparition de nouvelles pratiques (réutilisation d'eau usée traitée, *etc.*).

La protection de la santé publique.

L'Anses évalue les risques de centaines de contaminants chimiques vis-à-vis de l'environnement aquatique, AVANT que ceux-ci n'obtiennent l'autorisation d'être commercialisés sous formes de produits, qui sont destinés aussi bien aux professionnels qu'aux consommateurs. Cette évaluation de risque résulte d'accords entre États européens pour ce qui relève des réglementations⁶³ en vigueur.

Il s'agit d'identifier les dangers (la toxicité) que des contaminants chimiques présentent vis-à-vis de groupes d'organismes que l'on rencontre dans les milieux aquatiques, et d'établir si un contact peut survenir entre le composé et les organismes ciblés (c'est ce que l'on appelle l'exposition). Pour identifier les dangers, il est nécessaire de s'appuyer sur les résultats de tests réalisés dans les mêmes conditions pour chaque contaminant. Ces tests de laboratoire sont harmonisés au niveau international. Ils évoluent régulièrement, tout comme les méthodes d'évaluation des risques, pour prendre en compte les nouvelles connaissances scientifiques. Ces tests ciblent autant les poissons que les invertébrés aquatiques, les organismes présents dans les sédiments et les végétaux. Ils se déroulent sur des durées variables permettant de renseigner le niveau de toxicité aiguë ou de toxicité chronique.

Afin de diminuer le niveau d'exposition des écosystèmes aquatiques lorsque les résultats de l'évaluation de risque mettent en évidence des risques potentiels, des mesures de protection sont proposées pour le contaminant étudié. Dans certains cas, lorsque les risques pour les écosystèmes aquatiques sont trop importants, il est tout simplement interdit de commercialiser le produit évalué.

La qualité des eaux de la ressource est un sujet sensible avec de multiples implications tant pour ce qui concerne les usages domestiques (production des eaux destinées à la consommation humaine ou EDCH) que pour d'autres usages notamment en ce qui concerne les pratiques agricoles d'élevages et de cultures. Elle requiert dans ce cas des approches transversales pour appréhender les impacts sanitaires éventuels directs et indirects liés à des phénomènes de pollution ponctuelle ou diffuse et souvent plus anciennes, pour des substances réglementées (thallium, baryum, chlorures, *etc.*) ou non réglementées. Ces travaux sont conduits, selon le cas, en étroite collaboration avec les unités chargées de fournir des expertises sur les risques alimentaires pour l'homme ou l'unité chargée d'expertise en santé animale.

À cet égard, l'agence apporte une contribution scientifique aux tutelles pour identifier les substances prioritaires qui pourraient être prises en compte dans des futures campagnes de mesure à l'échelon national (eaux brutes et EDCH) en lien avec **le laboratoire national d'hydrologie (Nancy)**. Ce laboratoire concourt à assurer la qualité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine ou entrant dans la chaîne alimentaire. Il apporte un appui scientifique et technique aux décideurs publics pour le compte de la Direction Générale de la Santé.

ZOOM 2013 :

- **L'évaluation des risques associés aux résidus de médicaments humains ou vétérinaires** dans les eaux est poursuivie en 2013. Des travaux sont conduits en fonction de la demande des autorités compétentes concernant des

⁶³ Directive Biocides 98/8/CE qui sera abrogée par le règlement (UE) 528/2012, dont l'entrée en vigueur est prévue au 1 septembre 2013.

Règlement (CE) n°1107/2009 concernant les préparations phytopharmaceutiques.

Règlement (CE) n°1907/2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques.

demandes exceptionnelles d'utilisation d'eaux ne respectant pas les limites de qualité pour certains paramètres microbiologiques ou physico-chimiques.

- Dans le cadre de la mise en œuvre du plan national d'adaptation au changement climatique, une expertise a été engagée en 2013 pour effectuer une évaluation qualitative des **risques sanitaires liés à la recharge artificielle de nappes d'eau souterraines**. Ce travail visera à documenter la nature des nappes en déficit, leurs localisations, les techniques, les modifications induites par les pratiques de recharge, la qualité de la recharge, les traitements mis en œuvre pour utiliser la recharge.
- Les risques sanitaires liés à la réutilisation d'eaux de qualité « non potable » pour des usages domestiques recouvrent deux champs : **eaux grises** et eaux de pluie. C'est dans le premier de ces deux domaines que l'Agence a entrepris un travail d'expertise en 2012 qui se poursuit cette année.
- Des évaluations de risques sanitaires particulières sont conduites s'agissant d'EDCH mais aussi des eaux de loisirs, concernant des **microorganismes spécifiques**. Une expertise se poursuit sur les risques sanitaires liés à la présence de *Naegleria Fowleri* dans des eaux de baignade à la suite d'un cas de méningo-encéphalite amibienne primitive suivie d'un décès, en Guadeloupe. Les travaux d'expertise sur les risques liés aux pathogènes en milieu marin s'organisent transversalement pour prendre en compte le risque lié à la baignade et celui lié à la consommation de produits de la pêche à pied et de coquillages dans les territoires concernés. Dans le cadre du plan national d'adaptation au changement climatique, l'Agence réexaminera en fonction des publications nouvelles l'ensemble des enjeux sanitaires associés à des **proliférations algales** ou de type cyanobactéries qui justifient parfois des éléments de gestion et d'appréciation des risques.

A

AAE	Alvéolites allergiques extrinsèques. Maladies pulmonaires dues à une hypersensibilité à l'inhalation de poussières organiques
Acariens	Animaux microscopiques
Ademe	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
Aérobic (fermentation)	Fermentation se produisant présence d'air
Amendement organique	Substance organique ou minérale incorporée au sol en quantité notable pour le rendre plus fertile.
Atopie	Prédisposition personnelle et/ou familiale à devenir sensibilisé et à produire des anticorps IgE spécifiques en réponse à une exposition naturelle à des allergènes, en général des protéines.

B

Baignade artificielle	Il s'agit de baignades où l'eau captée est maintenue captive par des moyens artificiels, comme par exemple, les réservoirs, barrages, gravières ou bassins à marée, ainsi que les baignades à traitement par filtration biologique, souvent appelées « piscines naturelles, biologiques ou écologiques ».
BBP	Butylbenzyl phtalate. Molécule utilisée comme plastifiant.
Bioaérosol	Aérosol qui est composé d'organismes vivant (microorganismes aéroportés ») omniprésents dans notre environnement. Il peut s'agir de virus, de bactérie, de moisissure.
Biofilm	Communauté de micro-organismes (bactéries, champignons, etc.) adhérant entre eux, fixée à une surface et caractérisée par la sécrétion d'une matrice adhésive et protectrice.
BTEX	Sigle regroupant le benzène et des molécules proches : le toluène, l'éthylbenzène et le xylène. Ce sont des composés organiques volatils toxiques.

C

Captage	Dérivation d'une ressource en eau. Au sens restreint, désigne tout ouvrage utilisé couramment pour l'exploitation d'eaux de surface ou souterraines.
CBP	Cancer broncho-pulmonaire
CES	Comité d'experts spécialisés
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer. Agence intergouvernementale créée par l'Organisation mondiale de la santé et située à Lyon.
Compostage	Transformation dans des conditions contrôlées de matières biodégradables en présence d'eau et d'oxygène par le biais de micro-organismes. Le produit obtenu est un amendement organique comparable à l'humus, très utile en agriculture et en jardinage.
COV	Composés organiques volatils
Cyanobactérie	Microorganisme photosynthétique semblable à une micro-algue mais qui, étant dépourvu de noyau cellulaire, doit être considéré comme une bactérie. Beaucoup d'espèces de cyanobactéries ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique (capacité qui n'existe pas chez les plantes et les algues). La prolifération des cyanobactéries est souvent stimulée en eau douce et en eau saumâtre lorsque trop de nutriments sont présents dans l'eau. Ce phénomène est indésirable car plusieurs espèces fabriquent des toxines.

D

DC	Produits dérivés chlorés
Déchets ligneux	Il s'agit de déchets constitués de bois (tailles et branchages).
DEHP	Di (2-éthylhexyle) phtalate, composé utilisé comme plastifiant.
DJT	Dose journalière tolérable
Dyspnée	Difficulté respiratoire

E

EDCH	Eaux destinées à la consommation humaine.
Éosinophiles	Globules blancs. Ils représentent 2 à 4 % de la totalité des globules blancs. Leur noyau

(polynucléaires)	comprend généralement deux lobes. Leur rôle consiste à assurer la défense contre certains parasites.
Érosion	Altération du sol sous l'effet de l'écoulement de l'eau, du vent, du gel...
Escherichia coli	La bactérie <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) est naturellement présente parmi la microflore digestive de l'Homme et des animaux à sang chaud. Certaines souches d' <i>E. coli</i> sont pathogènes parmi lesquels les <i>E. coli</i> entérohémorragiques ou EHEC. Chez l'Homme, les EHEC sont responsables de troubles variés allant d'une diarrhée bénigne à des formes plus graves comme des diarrhées hémorragiques et/ou des atteintes rénales sévères appelées syndrome hémolytique et urémique principalement chez le jeune enfant.
Étiologie	Discipline qui étudie les causes des maladies.
Étude cas-témoins	Étude qui compare le niveau d'exposition à un agent particulier ou à un facteur de risque d'un groupe de personnes présentant une maladie ou un événement (cas), à un autre groupe de personnes, similaire autant que faire se peut au premier groupe, mais qui n'est pas atteint par la maladie étudiée (témoins).
Étude de cohorte	Étude dans laquelle un groupe de personnes (saines ou ne présentant pas de signe de la pathologie étudiée) est suivi pendant un certain temps. Les sujets choisis sont répartis en différents groupes d'exposition, au début ou pendant l'étude. Cette population est suivie pendant une certaine période et les incidents de santé sont identifiés.
Exposition (humaine)	On peut la décrire comme la co-existence d'un individu et d'un polluant dans le même micro-environnement. L'exposition s'exprimera différemment suivant le mode d'exposition considéré : par exemple, en concentration inhalée, ou bien en quantité de polluant ingéré par jour et par kilogramme de poids corporel.
F	
Facteur de confusion	Variable liée à la fois à la maladie ou à un autre événement de l'étude lié à la santé et au facteur de risque, ce qui est susceptible d'induire un biais dans l'analyse du lien (entre maladie et facteur de risque), produisant ainsi de fausses associations. La recherche et la prise en considération de ces facteurs confondants sont essentielles dans le cadre d'une étude sur une cohorte.
Facteur de risque	Caractéristique individuelle ou collective, associée de manière causale à l'augmentation de l'incidence de la maladie ou à un problème de santé dans une population et par conséquent à l'augmentation de la probabilité d'un développement individuel de la maladie ou d'un problème de santé.
Fibrose pulmonaire	Transformation fibreuse des cellules du poumon
Flux aérien	Mouvement et trajet de l'air dans l'appareil respiratoire au cours de la respiration.
H	
Humus	Matière terreuse de couleur sombre présente dans la couche superficielle du sol, l'humus provient de la décomposition et de la recombinaison partielle des déchets animaux et végétaux.
Hygiénisation	Traitement par des procédés physiques ou chimiques qui réduit à un niveau acceptable la présence de tous les micro-organismes pathogènes dans un milieu.
Hyporhéos	Zone se situant sous une rivière où s'échangent eau et matière.
I	
Immunoglobuline	Protéine naturelle présente surtout dans le plasma faisant généralement partie des gammaglobulines ayant des fonctions d'anticorps.
Incidence (Taux d'incidence)	L'incidence cumulée mesure le risque de survenue d'une maladie ou de tout autre événement dans une population donnée sur une période donnée. Il est calculé en divisant le nombre de nouveaux cas dans une population spécifique, durant une période de temps connue, par la population au début de la période.
InVS	Institut national de Veille sanitaire.
IRSTEA	Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

L

Légionellose	Pneumonie grave provoquée par un bacille <i>Legionella pneumophila</i> . Les manifestations cliniques sont celles d'un état grippal accompagné, dans de nombreux cas, de troubles gastro-intestinaux, neurologiques et d'insuffisance rénale passagère. Les principales sources de contamination par le bacille sont des condensateurs à évaporation des systèmes de refroidissement et l'eau stagnant dans les pommes de douche ou dans les circuits d'alimentation des équipements de balnéothérapie.
---------------------	---

M

Manifestations cliniques	Ensemble des signes directement détectables lors de l'examen du malade.
Mastocyte	C'est un globule blanc présent dans les tissus qui fabrique des granules riches en médiateurs chimiques comme l'histamine, la sérotonine et l'héparine. Lorsqu'il entre en contact avec un allergène, il libère ces médiateurs.
Mésothéliome	Tumeur maligne rare qui se développe le plus souvent sur la plèvre dans le thorax, plus rarement sur le péritoine dans l'abdomen.
Morbidité	Indicateur de mesure de la fréquence des maladies ou des états de mauvaise santé d'une population. Écart subjectif ou objectif vis-à-vis de l'état de bien-être idéal. La morbidité est mesurée par des taux de prévalence (% de cas dans une population donnée) ou d'incidence (apparition de nouveaux cas dans une population donnée, dans une tranche de temps donnée).
MPOC	Maladie pulmonaire obstructive chronique. Maladie chronique qui limite progressivement le débit de l'air respiré.

N

<i>Naegleria fowleri</i>	Amibe vivant dans les eaux douces stagnantes et la terre humide.
---------------------------------	--

O

ODTS	Syndrome toxique aux poussières organiques.
OMS	Organisation mondiale de la Santé.

P

Paillage (ou mulch)	Opération consistant à recouvrir le sol, au pied des plantes cultivées avec des matières végétales opaques mais laissant passer l'air et l'eau. Cette pratique protège la structure de la terre et limite les pertes d'eau et la croissance des mauvaises herbes.
PCP	Pneumonie à <i>Pneumocystis</i>
PHS	Pneumopathies d'hypersensibilité (voir AAE).
PM	« Particulate matter » : abréviation anglaise qui désigne les particules en suspension. On indique leur taille, par exemple : PM10 désigne les particules dont le diamètre est inférieur à 10 microns.
PNSE 2	Deuxième plan national santé environnement (2009-2013)
Prévalence	Nombre de cas d'une maladie, ou de tout autre problème de santé, dans une population définie à un moment donné.
Proinflammatoire	Qui favorise l'inflammation, c'est-à-dire un processus complexe de réactions cellulaires et humorales qui participent à la défense de l'organisme contre une agression.
Protozoaires	Microorganismes unicellulaires
PST 2	Deuxième plan santé au travail (2010-2014)
PVC	Chlorure de polyvinyle. Matière plastique.

S

SBS	"Acronyme anglais pour " syndrome du bâtiment malsain". C'est en ensemble de symptômes inexplicables associés à un bâtiment.
Smog	Mélange de fumées et de brouillard qui est une forme de pollution de l'air. C'est un mot qui est la combinaison de « smoke » (fumée) et « fog » (brouillard).
Sol meuble	Se dit d'un sol souple (facile à bêcher = labourer)
sp.	(Indiqué après le genre d'un micro-organisme) : abréviation de <i>species</i> au singulier utilisée pour indiquer une espèce particulière du genre mais non déterminée.

Support de culture	Matériau permettant l'ancrage des racines de la plante et la circulation des substances fertilisantes, jouant ainsi le rôle de support.
Synergie	Interaction de plusieurs substances ou processus dont l'effet est supérieur à la somme des effets individuels de chaque substance ou processus.
T	
THM	Trihalométhanes, composés chimiques utilisés comme réfrigérants ou solvants. Ils sont également produits lorsque l'on utilise du chlore pour désinfecter de l'eau.
Toxicité bactérienne	Aptitude à produire des molécules toxiques pour l'hôte, à savoir des endotoxines qui sont caractéristiques de l'espèce et/ou des exotoxines sécrétées à l'extérieur de la bactérie.
U	
UFC	Unité Formant Colonie. Pour dénombrer des microorganismes, on peut les cultiver. Les microorganismes forment alors des colonies, qu'il suffit de dénombrer.
V	
VMC	Ventilation mécanique contrôlée. Dispositif mécanique qui assure la circulation d'air dans les bâtiments.
Z	
Zoonose	Toute maladie infectieuse pouvant se transmettre à partir de l'animal (sauvage ou domestique) à l'homme



Mentions légales

Ce dossier a été réalisé par l'Agence nationale de sécurité sanitaire Alimentation Environnement Travail (Anses) dans le cadre de l'animation et de la valorisation du Programme National de Recherche en Environnement-Santé-Travail (PNR EST) et des rencontres scientifiques du 16 avril 2013 à Paris.

Nous remercions l'ensemble des contributeurs, et plus particulièrement Fabrice Coutureau, Hélène Desqueyroux, Laëtitia Dubois, Paulina Cervantés, Marie Fillon, Solédine Jacquier, Delphine Lascar, Gérard Lasfargues, Louis Laurent, Alima Marie, Thierry Mercier, Jean-Nicolas Ormsby, Pascale Parisot, Valérie Pernelet-Joly, Hervé Pernin, Véronique Poulsen, Pascale Robineau, Pirouz Shirali, Olivier Thomas et Anne Tilloy.



Directeur de la publication :

Marc MORTUREUX (Directeur Général, Anses)



Conception et réalisation :

Nathalie RUAUX (Direction Recherche et Veille, Anses)



Remerciements pour les crédits photographiques :

Sauf mention contraire, les illustrations proviennent de la banque d'images Getty. Les photographies fournies par les chercheurs sont libres de droit et/ou disponibles selon les termes de la *Creative Commons Paternité version générique 2.5* ou versions ultérieures (inspirés des termes de la GNU Free Documentation Licence) : <http://creativecommons.org/licenses/>



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



aviesan
alliance nationale
pour les sciences de la vie et de la santé



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
27-31 avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr