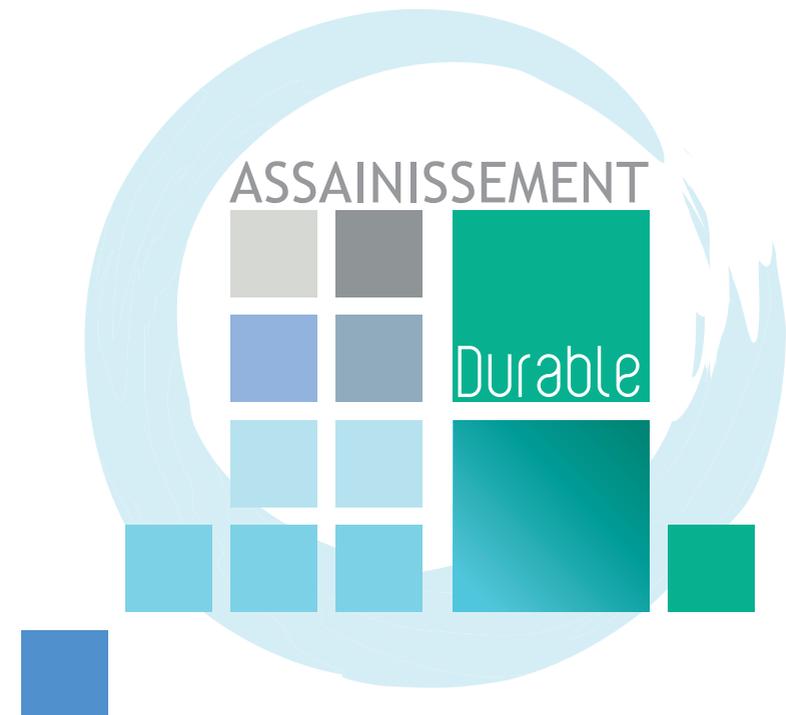


Samuel Lanoë

Remerciements

A Jean-Claude et Françoise, pour leur soutien sans faille tout au long de ce travail militant.

A tous les autres contributeurs directs ou indirects, auteurs de travaux de recherche, relecteurs, compagnons de débats réguliers ou occasionnels...
Je signe pour tous, et ne l'oublie pas.



Sommaire

Préface de Marc Laimé.....p.7

Prologue.....p.10

Première partie Vous avez dit durable ?.....p.15

Chapitre 1 Besoins fondamentaux des premières populations urbaines.....p.16

Chapitre 2 Urbanisation et cycle de l'eau domestique...p.18

Chapitre 3 Urbanisation et cycle de la matière.....p.24

Chapitre 4 L'approche systémique des enjeux de l'assainissement.....p.32

Seconde partie Les effluents domestiques.....p.37

Chapitre 5 Consommation d'eau potable, rejet d'eaux usées.....p.38

Chapitre 6 L'effet shaker du tout-à-l'égout.....p.40

Chapitre 7 Un cocktail aux effets indigestes.....p.41

Troisième partie L'assainissement conventionnel est-il durable ?.....p.49

Chapitre 8 La collecte des eaux usées.....p.50

Chapitre 9 Les stations d'épuration des eaux usées domestiques.....p.53

Chapitre 10 La gestion des boues d'épuration.....p.65

Chapitre 11 Privée ou publique : L'organisation des services de l'assainissement.....p.71

Chapitre 12 Éloigné des réseaux, l'assainissement devient autonome.....p.73

Chapitre 13 L'assainissement conventionnel dans l'impasse. ...p.77

Quatrième partie Construire l'alternative.....p.87

Chapitre 14 Changement de paradigme.....p.88

Chapitre 15 Collecter.....p.94

Chapitre 16 Hygiéniser.....p.102

Chapitre 17 Valoriser.....p.107

Chapitre 18 Quid des eaux grises ?.....p.108

Conclusion Révolutions culturelles.....p.124

Le coin des spécialistes.....p.131

Lexique.....p.154

Références.....p.156

Bibliographie.....p.165

PREFACE

Les politiques publiques de l'eau sont en crise. Crise environnementale, crise sanitaire, crise financière, crise de gouvernance... A l'échelle européenne comme à l'échelle française, aux espoirs qu'avaient fait naître l'émergence de politiques de l'eau intégrées, symbolisées par la gestion par bassin versant qui s'est développée dès l'orée des années soixante, une doctrine qui fait désormais figure de modèle dans le monde entier, a succédé une inquiétude croissante. Pollutions de l'eau, risques sanitaires, augmentation continue du montant de la facture, fuite en avant technologique et promotion à outrance de techniques de dépollution de plus en plus sophistiquées et dispendieuses... Le spectre d'un service public de l'eau à plusieurs vitesses, d'une balkanisation des territoires, d'inégalités nouvelles qui affecteront les plus démunis, n'est plus une vue de l'esprit.

Scientifiques, professionnels de l'eau, politiques, associations, ONG..., n'ont cessé depuis une vingtaine d'années de tirer la sonnette d'alarme. Leur constat est unanime. Faute de remettre en cause radicalement notre organisation sociale et notre modèle de développement, soumis au dogme d'une croissance indéfinie, nous continuerons à endommager des ressources en eau, vitales, dont l'état témoigne, année après année, qu'elles subissent tant des pressions quantitatives que des dégradations qualitatives qui ne sont plus soutenables.

Même si des efforts considérables ont été accomplis depuis 1970, d'innombrables pollutions d'origine industrielle continuent à affecter gravement, et parfois de manière quasi irréversible, fleuves et réserves souterraines, comme en témoigne la crise des PCB, révélée en 2007. Tous les fleuves français sont contaminés par ce polluant organique persistant, dont nous nous ne débarrasserons pas avant des dizaines d'années, à condition d'y consacrer plusieurs milliards d'euros.

En Bretagne, le cancer des algues vertes, rançon d'un élevage hors-sol dévastateur, défigure des centaines de kilomètres de plages, menace le tourisme, la conchyliculture, à déjà tué des

dizaines de chiens, et en juillet 2009 un cheval, empoisonné par des émanations d'anhydride sulfureux. Son cavalier qui tentait de lui porter secours, n'a eu la vie sauve que par miracle.

Ailleurs en France, dans les régions de grande culture céréalière, l'usage immodéré des pesticides menace désormais la santé humaine. Agriculteurs et résidents y sont les premières victimes d'un modèle agricole productiviste qui semble avoir échappé à tout contrôle.

On pourrait multiplier les exemples témoignant d'une véritable catastrophe environnementale dont nous sommes encore loin d'avoir pris toute la mesure.

En témoigne l'abandon de l'ambition qui symbolisait les politiques publiques depuis une décennie. Conformément aux obligations découlant de la mise en œuvre de la Directive-cadre européenne sur l'eau adoptée en octobre 2000, la France s'était engagée à recouvrer un bon état écologique et chimique de toutes ses masses d'eau en 2015. Cet objectif est désormais repoussé à 2021 ou 2027...

C'est dans ce contexte inquiétant que le livre de Samuel Lanoë fait figure de manifeste. Les institutions et les collectivités locales en charge des politiques de l'eau et de l'assainissement sont encore très loin d'avoir pris la mesure d'un véritable phénomène de société qui monte en puissance depuis quelques années, et qui va bouleverser les fondamentaux de la gestion de l'eau.

D'usagers passifs, les citoyens sont de plus en plus nombreux à se réapproprier les enjeux de la gestion de l'eau, partout en France.

Refusant une fatalité imposée, ils innovent, expérimentent, inventent, partagent. se mobilisent pour sauver une rivière, surveillent leur consommation, proscrivent l'usage des produits phytosanitaires, plébiscitent les produits issus de l'agriculture biologique, récupèrent l'eau de pluie, s'organisent pour promouvoir, à l'échelle de leur commune, des pratiques et des usages respectueux de l'eau.

Pratiques minoritaires ? Plus vraiment. Des dizaines de milliers de citoyens et de collectifs ont pris conscience qu'il s'agissait là d'un enjeu majeur.

Dans le domaine de l'assainissement, trop souvent oublié, et qui est au cœur de ce livre, plus de 5 millions de foyers français, qui n'ont pas été raccordés à un réseau d'assainissement collectif, sont aujourd'hui confrontés à l'obligation de remise aux normes de leur équipement autonome, afin de combattre les pollutions diffuses issues de ces installations, qui endommagent le milieu naturel.

L'affaire a été gérée de telle sorte par les pouvoirs publics que l'assainissement non collectif est aujourd'hui un problème politique majeur. Des millions de foyers ne comprenant pas pourquoi ils vont devoir dépenser jusqu'à 10 000 euros avant 2012 pour remettre leur installation aux normes.

Face à cette crise systémique, le livre de Samuel Lanoë a l'immense mérite de rappeler des évidences que l'industrialisation de la gestion de l'eau nous avait fait oublier. La gestion de l'eau est l'affaire de tous, nous concerne tous. Toutes et tous pouvons, à notre échelle, améliorer les choses. Pour peu que nous en ayons la volonté et que nous en trouvions les moyens.

Le passionnant voyage auquel nous invite cet ouvrage, qui rappelle dans un premier temps les grandes étapes historiques de l'épuration des eaux usées, avant de nous proposer des alternatives crédibles à un système aujourd'hui en échec, fait à ce titre œuvre de salubrité publique.

Nous ne sommes pas condamnés irrévocablement à voir rivières, fleuves et nappes souterraines continuer à se dégrader.

Face à l'eau, pour peu que nous le voulions, là aussi
« Yes, we can ».

Marc Laimé
Journaliste et consultant

PROLOGUE

Créativité musicale, créativité sociale

Lorsqu'il compose, un musicien cherche avant tout à satisfaire des ambitions esthétiques, artistiques. Par un arrangement de sons et de silences dans le temps, des capacités humaines de sensibilité et de créativité sont sollicitées.

Toutefois, il ne s'agit pas là d'une activité irrationnelle, guidée par la seule inspiration du compositeur. Consciemment ou inconsciemment, celui-ci se soumet à des règles ou systèmes de composition, intimement liés au contexte des œuvres (rythme, mélodie, harmoniques...) et définissant ce qui apparaît comme agréable, juste, «harmonieux» à l'oreille de ses contemporains.

La créativité musicale est ainsi certes réponse à des besoins d'expression artistique, mais associée à un espace de contraintes musicales conjoncturelles.

Afin de faciliter l'appréhension de telles contraintes et d'en codifier les exigences, des outils de notation musicale ont été développés. En musique occidentale, c'est là un des objectifs du solfège.

Je ne suis pas compositeur. Pas même musicien...

Mais j'aime proposer ce parallèle entre créativité musicale et créativité sociale, entre une démarche de création artistique individuelle et celle de création collective.

La créativité sociale désigne généralement la capacité des individus à imaginer collectivement des solutions, des idées ou des concepts, à organiser une réponse à des besoins, non plus artistiques mais fondamentaux des populations: besoins physiologiques (manger, boire, se réchauffer...) ou sociaux (se laver, se loger, se vêtir, avoir accès à l'éducation, aux soins etc.).

Elle conduit à l'aménagement du monde extérieur, par un déploiement de systèmes agricoles, d'équipements de gestion de l'eau, de l'énergie, des services, l'urbanisation etc.

Consommant ou mobilisant des ressources naturelles contingentes ou parfois inaccessibles, ces aménagements ont rapidement confronté l'Homme à la notion de rareté, le condamnant à une utilisation rationnelle et efficace des ressources.

Outil de gestion de cette rareté par excellence, l'économie est venue réguler l'échange de biens, dont la valeur s'indexe sur la disponibilité.

Ainsi se construisent les civilisations, organisant et structurant la réponse à leurs besoins, par un exercice de créativité sociale confronté à un espace de contraintes.

Développement, solidarité, durabilité

Ces formes d'organisation collectives sont, pour certains, le produit d'une compétition entre des logiques et intérêts individuels, miraculeusement détournés vers l'intérêt général. La métaphore de la main invisible ou de la fable des abeilles, par les interprétations qui en ont été faites, ont souvent convaincu que « toute action mue par le seul intérêt individuel est bonne pour la collectivité ».

Si tel était le cas, l'Homme serait encore chasseur-cueilleur, en compétition avec ses pairs pour un accès à la nourriture.

Les théories de Darwin pourraient alors être transposées aux sociétés humaines, toujours subordonnées aux lois de la jungle...

Or, force est de constater que de puissants motifs ont, au contraire, su souder l'Humanité, la pousser à faire preuve d'inventivité et de productivité pour précisément résister à la concurrence. De là, elle a pu s'émanciper des processus de sélection naturelle en protégeant les plus fragiles, exposés ou démunis, puis se transcender. C'est en facilitant et généralisant l'accès à la nourriture (par l'agriculture, l'élevage) que les chasseurs-cueilleurs, mêmes les moins efficaces, ont pu se consacrer aux activités

autres que celles de subsistances. C'est en cherchant remède à des pathologies n'affectant que quelques individus que la médecine, dans son ensemble, progresse. Etc.

Les finalités des démarches de créativité sociale, d'organisation des sociétés, sont donc bien collectives. Elles sollicitent des mécaniques de solidarité entre individus d'une même région, d'une même génération, afin de permettre à chacun de satisfaire ses besoins, notamment fondamentaux. Il s'agit là d'une relation substantielle entre développement et solidarité.

Enfin, depuis quelques décennies, les ressources jusqu'alors rares se révèlent également non renouvelables, par l'utilisation qui en est faite. La pollution des eaux, des sols, l'épuisement des ressources fossiles, la chute de la biodiversité - promettent aux générations prochaines la gestion d'un difficile héritage. Reconnaisant aux générations futures le droit à disposer d'une biosphère viable, la solidarité devient trans-générationnelle. Il est dès lors attendu du développement qu'il devienne durable.

Développement durable : perte et reconquête de sens

Comme pour ce qui est complexe - car le développement durable est un concept complexe - nombreuses sont les tentatives de simplification, de représentations schématisées ou de reformulations des contenus.

Il est ainsi actuellement pour habitude de symboliser le « durable » comme intersection de trois cercles, trois problématiques : économiques, environnementales et sociales.

Les activités qui, par cette représentation, se découvrent durables se multiplient. Satisfaire un cahier des charges environnemental, puis proposer quelques emplois en insertion, suffit aujourd'hui à créditer un projet économique de durabilité. Mais quid de l'objectif de ce projet? Répond-il réellement aux besoins des populations? Contribue-t-il au développement de sociétés, à la solidarité, au « mieux vivre ensemble »? En fait, considère-t'il l'Homme comme finalité du développement?

Le développement durable, tel défini aujourd'hui, n'éclaircit en rien les relations entre le projet humain, son espace de contraintes (l'environnement) et l'outil de gestion de ces contraintes (l'économie) !

La dimension sociale n'est pas projet et l'économie reste objectif plus qu'outil. Rappelons que, trop souvent, le « développement » d'un pays s'évalue par son seul Produit Intérieur Brut.

Le compositeur devrait-il ainsi assimiler son activité artistique à un exercice technique, à une production musicale décousue, sans fard, mais simplement respectueuse des règles du sol-fège ?

Derrière ces différentes tentatives de définition se démènent les promoteurs d'un développement indissociable de sa finalité humaine, d'un développement non plus seulement qualifié de durable, mais également de « solidaire ».

Réponse à l'inepte objectif d'équilibre entre croissance économique et impératifs environnementaux, le développement durable et solidaire défend un projet sociétal, d'équité entre individus, et de responsabilité envers les générations futures.

C'est de cette approche que se réclame ce travail de présentation de la gestion de l'eau, et plus particulièrement de l'assainissement des eaux usées domestiques.

Il invite le lecteur à décrypter les partitions jouées par les dispositifs d'assainissement conventionnels et à en repérer les fausses notes. Ceci afin d'évaluer leur capacité à garantir un accès viable aux ressources, aux populations d'aujourd'hui et de demain.

Je vous souhaite dès lors une bonne écoute. Pardon.
Une bonne lecture...

Vous avez dit durable ?

Puisque l'énoncé de problématiques claires doit-être démarche préalable à toute réflexion, prenons le temps de formuler celles qui nous préoccupent dans les pages à venir...

Ainsi, qu'est-ce que l'assainissement ?

A quelles conditions peut-il prétendre être durable ?

Par un survol rapide de l'histoire des aménagements et des découvertes liées à la gestion d'effluents domestiques, d'hier à aujourd'hui, cette première partie retrace les différentes étapes sur lesquelles s'est construite notre compréhension des enjeux de l'assainissement...

Besoins fondamentaux des premières populations urbaines

Au début de sa sédentarisation il y a quelques millénaires, l'homme s'installe principalement non loin des ressources indispensables à ses besoins physiologiques. Les premières zones d'habitat se situent pour cette raison aux abords de zones agricoles et de points d'eau.

De faibles densités de populations s'organisent sur de petites échelles de proximité, permettant de satisfaire les besoins en eau et alimentation. L'aménagement des territoires est dit intégré : aucune ressource n'entre ou ne sort des territoires.



Au Néolithique, puis au cours de l'Antiquité, se développent les premières villes. Celles-ci organisent toujours les territoires, à mesure que leurs populations augmentent.

Des ressources alimentaires sont alors acheminées vers les cités, depuis les zones agricoles alentours. Parallèlement, d'efficaces systèmes d'adduction de l'eau sont inventés, dès les grandes civilisations de l'antiquité. Les aqueducs laisseront place bien plus tard aux systèmes de canalisations souterraines.

Les villes, espaces de consommation et d'utilisation des ressources, se dissocient alors progressivement des espaces de production alimentaires ou de prélèvement d'eau. L'aménagement n'est dès lors plus intégré à un territoire, mais se polarise sur des échelles géographiques toujours plus importantes...



Chapitre 2

Urbanisation et cycle de l'eau domestique

L'assainissement des rues

La concentration géographique de populations dans les villes provoque celle de deux effluents : les eaux domestiques et les déjections humaines. Afin d'éviter ensevelissement et inondation des rues, les premiers dispositifs d'évacuation hors des villes de ces effluents sont mis en place.

Des systèmes de collecte des eaux domestiques très perfectionnés sont ainsi développés dès les grandes civilisations de l'Antiquité. Si les premiers systèmes d'égouts ont été Romains, des équipements de collecte beaucoup plus anciens, ceux des civilisations de l'Indus ou en Crète, sont également connus.

L'évacuation des déjections humaines préoccupe également les premières cités. En -4000, le palais de Cnossos en Crète, l'Inde et l'Irak développent les premiers dispositifs de toilettes [1]. La Rome antique s'équipe de latrines, privées et publiques, connectées à des égouts [2].

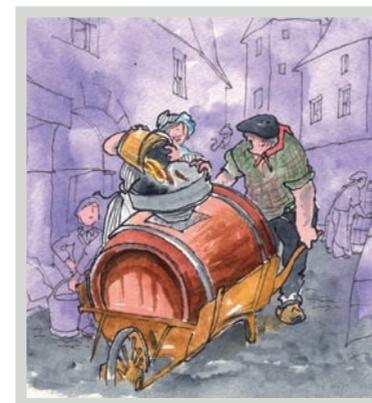
Mais ces attentions se relâchent avec le Moyen Âge. La pratique du « tout à la rue » est dominante. Eaux usées et pot de chambre sont vidangés au hasard de rues utilisées comme latrines à ciel ouvert. Il faut attendre le XVI^{ème} siècle pour qu'avec le début des protestations, un certain moralisme se mette en place. Les villes, après les premières initiatives interrompues de l'antiquité, s'intéressent de nouveau à la gestion des excréta. Des celliers privés souterrains puis plus tard, les fosses de décantation se développent alors en Europe.

Ces premiers objectifs de lutte contre la salubrité sont bien-

tôt rejoints par ceux de préservation de la santé publique. Au XVIII^{ème} siècle, tandis que les épidémies de peste et de choléra sont courantes, de nombreux observateurs établissent une relation entre les maladies et la mauvaise évacuation des eaux usées et des excréta. Les inondations récurrentes propagent les épidémies. L'éloignement rapide des effluents devient un objectif prioritaire des cités.

Paris développe alors son réseau de rigoles, au centre des rues, puis ses premiers égouts à ciel ouvert, permettant l'évacuation des eaux ménagères et pluviales vers la Seine. En parallèle, les dispositifs de fosses continuent de se développer. Les matières stockées dans des réservoirs souterrains sont régulièrement collectées par des « vidangeurs » puis déversées dans les cours d'eau ou sur les terres avoisinantes...

Par ce rapide exposé historique, nous comprenons que l'assainissement a d'abord été celui des rues. Des exigences d'hygiène et de santé publique ont motivé les premiers équipements, visant la collecte et l'évacuation des eaux usées et des déjections humaines hors des villes.



Deux révolutions en une !

Au XIX^{ème} siècle, l'hygiène devient une obsession. On parle alors même d'hygiénisme. L'évacuation immédiate des effluents, loin des villes, mais aussi loin des yeux, conduit au développement de nouveaux équipements.

Les dispositifs de toilettes avec réservoir d'eau et chasse, mis au point en Angleterre au siècle dernier, se généralisent. La «chasse» est pour le moment collectée dans des fosses vidangeables. Parallèlement, les premiers réseaux d'égouts modernes (souterrains) font leur apparition. En France, Haussmann équipe Paris d'un réseau complet d'égouts, selon des principes qui perdurent encore aujourd'hui : au moins un pour chaque rue. Destinés tout d'abord à la collecte des eaux ménagères seules, ces égouts s'avèrent finalement très commodes pour l'évacuation d'eaux provenant de toilettes à chasse. Eaux de toilettes et eaux ménagères sont dès lors collectées ensemble.

L'égout devient le tout-à-l'égout.

Ces deux innovations conjointes, toilettes à chasse et tout-à-l'égout, révolutionnent véritablement les principes de l'assainissement. L'eau, jusqu'alors destinée à l'alimentation et au nettoyage, devient un vecteur de transport des excréta hors des domiciles, puis hors des villes.

En dépit des critiques émises, dénonçant un gaspillage des ressources et des coûts élevés, le législateur accélère la généralisation des toilettes à eau. L'expérimentation de systèmes alternatifs est abandonnée. Les découvertes de Pasteur en matière d'hygiène marquent ensuite les esprits. Les fosses d'aisance, « véritables réservoirs à virus », sont alors définitivement interdites sur Paris et le raccordement des toilettes au tout-à-l'égout est rendu obligatoire.

L'hygiène restera une priorité au XX^{ème} siècle et quelques décennies suffiront pour que s'impose le binôme toilettes à eau / tout à l'égout comme solution universelle des zones urbaines.

La mise en place de l'épuration¹

Avec le tout-à-l'égout, les effluents sont acheminés à l'extérieur des villes, puis déversés dans les milieux naturels, en quantité toujours plus importante. Si les rues sont devenues propres, la pollution se retrouve dans les cours d'eau, là où les égouts se déversent.

Les protestations des riverains contre ces flux nauséabonds, associés aux travaux de Pasteur qui affirmait il y a peu « nous buvons 90 % de nos maladies », font prendre conscience de la dégradation de la qualité des cours d'eau et, de fait, de la ressource à disposition pour les hommes. L'usage de l'eau à des fins domestiques contraint donc à un «nettoyage» des eaux usées avant leur restitution au milieu. L'assainissement ne doit plus se limiter à celui des villes, mais s'étend alors à celui des eaux.

Les premiers procédés de traitement des eaux usées sont expérimentés avec la construction de stations d'épuration: adjonction de produits chimiques désinfectants, séparation des solides et liquides par décantation, etc.

Les progrès scientifiques s'accéléraient, notamment en microbiologie, une ère de l'épuration biologique succède rapidement à celle de l'épuration chimique. La découverte de la capacité des micro-organismes à dégrader les polluants révolutionne alors les approches. Un premier modèle de station d'épuration biologique à boues activées apparaît en 1914 et devient référence dans les villes d'Europe et des Etats-Unis. En France, le programme d'installation des stations d'épuration prend réellement son essor à partir des années 60.

¹ Voir fiche technique n° I

Les grandes étapes historique de l'assainissement [3]

5000 - 3000 av JC	Des conduits et des semi-tuyaux en argile cuite servent à l'évacuation des eaux urbaines dans la vallée de l'Euphrate
2500 - 1500 av JC	Salles de Bain, toilettes et égouts dans la civilisation de l'Indus
2000 av JC	Conduites pour l'approvisionnement en eau, bassins de collecte des eaux de pluie et dispositifs destinés aux eaux usées dans le palais de Cnossos
300 av JC	Extension des égouts de Rome
1591	Propositions pour le traitement des eaux usées de Londres
1660	Toilettes fonctionnant avec de l'eau (WC = « Water Closet ») en Angleterre et en France
A partir de 1760	Champs d'épandage des eaux usées
1830	Grave épidémie de choléra à Londres
1840 - 1850	Construction des égouts de Londres
1848	Premiers égouts modernes de Hambourg
Vers 1908	Premières études biologiques sur la pollution des rivières et lacs par les eaux usées
1884	Épidémie de Typhus à Zurich
1888	Loi sur la pêche en Suisse, premières instructions pour la protection des eaux
1892	Procédé biologique d'épuration des eaux usées en Angleterre
1895	Premier bassin de décantation en Allemagne
Vers 1908	Premières études biologiques sur la pollution des rivières et lacs par les eaux usées

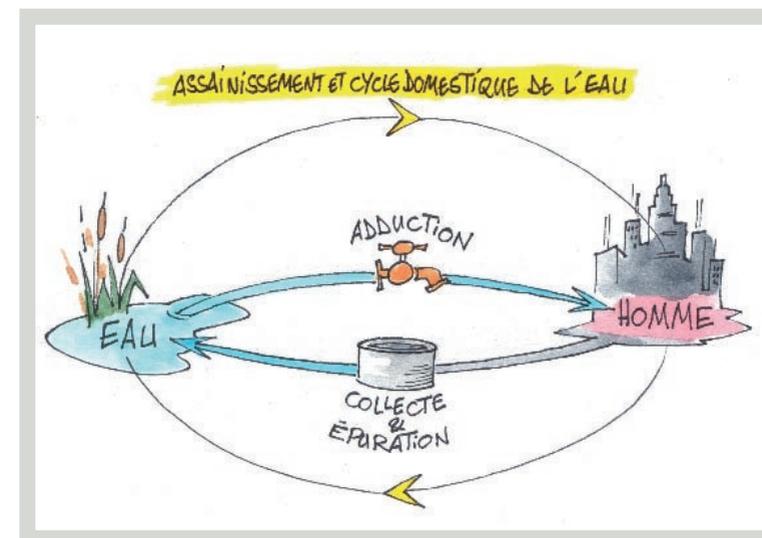
Urbanisation et cycle de l'eau :

Hygiène, santé et préservation de la ressource en eau

L'assainissement a d'abord consisté en celui des villes, répondant aux enjeux fondamentaux d'hygiène et de santé publique (équipements de collecte d'eaux usées domestique, vidange de fosses puis tout-à-l'égout).

La mise en place de l'épuration intervient ensuite avec la prise de conscience d'une dégradation de la ressource en eau, par les rejets du tout-à-l'égout. Depuis des réservoirs naturels (lacs, fleuves, rivières) jusqu'aux villes, puis de nouveau aux réservoirs, la circulation des eaux domestiques forme une «boucle»: les zones de prélèvements sont directement ou indirectement liées aux zones de rejet.

L'usage de l'eau exige donc, rétroactivement, une gestion de la qualité des rejets par l'épuration, afin que soit maintenu un accès à une ressource de qualité.



Urbanisation et cycle de la matière

Cet aperçu des différentes étapes historiques, de l'Antiquité à aujourd'hui, permet de comprendre comment s'est progressivement construite l'approche «traditionnelle» de l'assainissement. Cette approche traditionnelle s'intéresse à la gestion du cycle domestique de l'eau. Il n'est plus possible aujourd'hui de s'en satisfaire. Plusieurs décennies de pratiques généralisées amènent à de nouveaux constats : l'assainissement prend part aux perturbations des circulations de matières en surface terrestre et dévoile des liens avec un autre compartiment de l'environnement: les sols.
Explications...

L'état d'équilibre

[...] et pourtant, tout ce qui quitte le sol doit y revenir [...]. C'est de ce retour que dépend la qualité de nos plantes cultivées puisque tout est cycle, que rien ne se crée et tout se transforme.

Claude et Lydia Bourguignon, Agro-écologues

En surface de la Terre, la matière minérale est la matière inerte du sol, composée d'éléments solides ainsi que d'une fraction d'éléments dissous. On y retrouve entre autre, sous des formes minérales, de l'azote et du phosphore.

Exception faites de quelques micro-organismes, les végétaux sont les seuls êtres vivants capables d'assimiler directement la matière minérale (par leur système racinaire).

Une fois ces matières minérales prélevées dans les sols (azote,

phosphore...), les végétaux, par une succession de réactions chimiques et biologiques internes, les assemblent à des molécules d'eau, ainsi qu'à du dioxyde de carbone et du dioxygène provenant de l'air. Des molécules complexes sont alors formées : les molécules organiques.

Les molécules organiques constituent les «briques» de construction du vivant : elles permettent la croissance des végétaux, la production de légumes, fruits ou céréales. L'énergie solaire, par la réaction de photosynthèse, apporte l'énergie nécessaire à ces processus d'assemblages moléculaires, de fabrication de la matière organique.

Contrairement aux végétaux, l'homme, les animaux et la plupart des micro-organismes ne peuvent fabriquer de matières organiques. Ils utilisent donc, directement ou indirectement, celles synthétisées par les végétaux.

Une fois consommées, ces matières organiques sont transformées en substances nutritives qui pénètrent dans les cellules. Les substances nutritives fournissent aux hommes et aux animaux la matière pour grandir et se reproduire, mais également l'énergie nécessaire au fonctionnement des organismes.

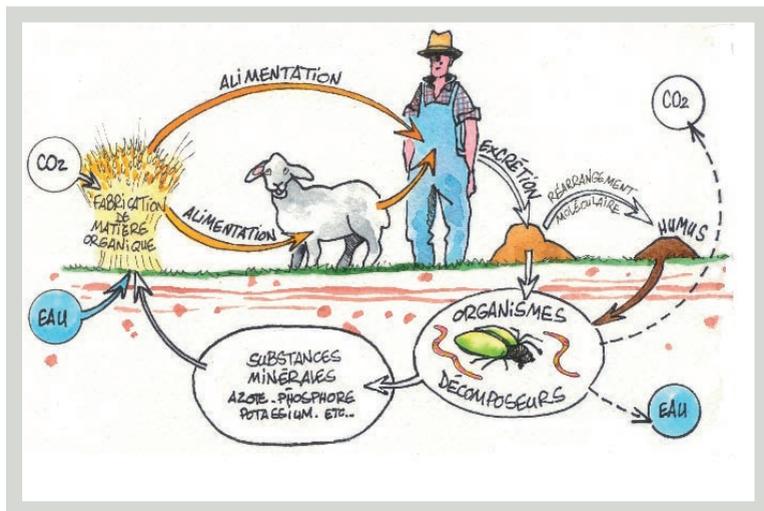
La matière organique est ensuite évacuée des organismes par l'excrétion, sous forme d'aliments non digérés, de cellules mortes et de substances nutritives.

A l'état naturel, la matière organique composant les débris d'origine animale (déjections et cadavres) ou végétale se retrouve au contact du sol.

Elle est alors progressivement fragmentée par une immense diversité d'organismes décomposeurs (vers, insectes, champignons, algues, bactéries...) à mesure de sa pénétration dans le sol.

Les constituants rejoignent au final leurs formes minérales initiales (dioxyde de carbone, azote, phosphore, eau, etc.), à l'emplacement d'origine. Leur quantité totale n'a pas varié.

Cette description schématique des échanges de matière entre les sols et les êtres vivants permet de comprendre que naturellement, la circulation entre le minéral et l'organique - entre le vivant et l'inerte - est à l'état *d'équilibre*. Par un véritable cycle de la matière, rien ne se perd, rien ne se crée, mais le tout est en transformation permanente...



Le sol, interface cruciale du cycle

La Terre est connue...le sol ne l'est pas.

Association Française pour l'étude des sols

Par ses quelques dizaines de centimètres, le sol, fine couche de la surface terrestre, frontière diffuse entre l'organique et le minéral, recueille en permanence les résidus du vivant.

Afin d'évoquer la complexité des réactions à laquelle se confronte l'étude des sols, disons que seuls 5% des micro-organismes qui s'y trouvent nous seraient connus, et qu'entre cent millions et un milliard de bactéries occuperaient chaque gramme de sol !

Toute matière organique en surface des sols est, nous l'avons vu, inéluctablement destinée à rejoindre un état minéral, dans les couches inférieures, sous l'action d'un ensemble interdépendant de réactions chimiques et biologiques.

Cette «minéralisation» intervient sur deux échelles de temps différentes.

La matière organique peut tout d'abord être rapidement décomposée. Dans ce cas, les éléments libérés vont, tel un engrais, venir «recharger» les sols en éléments nutritifs (azote, phosphore...), disponibles pour les plantes.

Mais le sol peut également, s'il ne présente pas de besoins en éléments nutritifs immédiats, retarder cette minéralisation. Une partie de la matière organique est alors conservée en surface. De complexes transformations biologiques, assurées par des organismes présents en surface des sols, associent cette matière à des déchets fibreux, au cours de processus de formation d'humus.

L'humus, savant mélange de matières organiques, minérales, d'air et d'organismes vivants, remplit deux fonctions. En tant qu'amendement améliorant les propriétés physiques des sols, il augmente la capacité de rétention d'eau, stabilise les structures et endigue les phénomènes d'érosion. En tant qu'engrais il constitue une ressource en substances nutritives, à disposition pour une minéralisation ultérieure : les éléments nutritifs qu'il contient sont minéralisés au rythme des besoins des couches inférieures des sols, évitant ainsi l'indigestion nutritive des sols.

Le retour au sol des matières organiques remplit en résumé deux fonctions.

Sur le court terme, il permet de nourrir les plantes.

Sur des échelles de temps plus longues, en surface, il nourrit les sols en participant au processus biologique d'humification, véritable régulateur biologique des circulations entre l'organique et le minéral. C'est, dans ce cas, le sol qui est nourri.

Rupture des équilibres, appauvrissement des sols...

Tout comme la loi sur l'eau de 1992 avait déclaré l'eau patrimoine de la nation, il paraît nécessaire aujourd'hui de qualifier à son tour le sol, patrimoine de la nation.

Gérard MIQUEL, Membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

A l'état naturel, les êtres vivent et meurent globalement sur une même zone géographique. Chaque milieu se caractérise donc par un état d'équilibre, entre consommation et rejet de matières organiques.

Mais, par la polarisation de ses activités sur les territoires, l'homme est à l'origine de déséquilibres : les vastes zones de production de matière organique (les zones de culture) sont séparées des zones denses de consommation et de rejet (les zones urbanisées et les zones d'élevage).

Preuve de l'insuffisance de flux correcteurs de ces déséquilibres géographiques, l'appauvrissement des sols en matières organiques se généralise...

En France, toutes les régions sont concernées. Le déficit global est évalué entre 3,7 et 5,5 millions de tonnes de matières organiques humides [4].

Les conséquences sur tous les milieux et être vivants en relation avec les sols sont considérables. Les régimes hydrologiques sont perturbés par une moins bonne rétention d'eau (crues, inondations), l'activité microbiologique est modifiée - voire limitée - sur et dans les sols etc.

L'agriculture en est également perturbée. Un déficit des retours de matières organiques entraîne en profondeur celui des substances nutritives, indispensables à la croissance de cultures. Afin que soient maintenus les niveaux de production, un recours massif aux engrais commerciaux, chimique ou miniers, recharge artificiellement les sols.

Ces engrais ne participent absolument pas à la lente restructu-

ration organique de surface, mais seulement au «dopage» chimique des sols. Des effets sur le court terme et sur les cultures sont recherchés. Or, des sols appauvris en matières organiques fixent plus difficilement les apports fertilisants. Une grande partie de ces engrais est ainsi généralement lessivée, et rejoint nappes et cours d'eau. Ainsi, plus le retour en matière organique sera faible, plus la dépendance aux engrais sera forte ...et dans le même temps, leur transfert aux milieux aquatiques aggravé.

La reconnaissance de l'état d'urgence est unanime [5].

Associé au labour, au surpâturage, à la déforestation, à l'urbanisation non maîtrisée (...), l'insuffisant retour aux sols des matières organiques entraîne une destructuration générale des sols et menace, directement ou indirectement, l'agriculture et la capacité d'alimentation des populations.

Parallèlement à un inévitable changement des pratiques culturelles, tous les gisements de matières organiques vont devoir être rapidement mobilisés et reconduits, autant que possible, sous forme d'amendements stabilisés.

Les besoins de restauration sont tels, que la valorisation de l'intégralité des gisements de matières organiques actuellement mobilisables (provenant de l'élevage et d'origine urbaine) serait même insuffisante [6].

Revenons à notre problématique de l'assainissement...

Les eaux usées prennent en charge une partie des matières organiques issues de l'activité humaine et notamment celles contenues dans nos excréta. Les liens entre assainissement des eaux usées domestiques et les cycles de la matière deviennent immédiat : la valorisation agricole du gisement de matières organiques contenu dans les effluents urbains doit participer au maintien et la restauration de la qualité des sols.

...et crise annoncée du phosphore

Compte tenu de l'urgence de ce besoin, le silence qui a enveloppé le mot phosphore lors des débats sur le développement durable au niveau mondial est alarmant.

NWP (Netherland Water Partnership), Pays-Bas

Appliquons à présent les cycles de la matière, précédemment explicités, au cas du phosphore seul.

Le phosphore est un élément très présent naturellement dans les sols. C'est un élément clé dans la production de cultures. Toutefois, il est rarement disponible sous des formes assimilables par les plantes (on le trouve souvent lié à d'autres éléments, telles les roches phosphatées). Le maintien des rendements agricoles exige bien souvent l'injection de phosphore assimilable par les cultures dans les sols, et ainsi, un recours à des engrais phosphatés.

Ces engrais sont fabriqués à partir de phosphore d'origine minière. Près de 80% des quantités de phosphore extraites dans le monde sont ainsi destinées à la fabrication de matières fertilisantes, le reste étant partagé entre les détergents, les aliments du bétail et quelques applications marginales [7].

Au rythme actuel croissant d'extraction et d'utilisation, les réserves de phosphore devraient s'épuiser d'ici 60 à 130 ans [7], entraînant bien avant cette échéance une hausse du coût de cet élément indispensable, rappelons-le, à la production alimentaire. Les gisements, étant géographiquement concentrés dans quelques régions du monde - majoritairement le Maroc, la Chine et l'Afrique du Sud - des crises géopolitiques liées au phosphore sont à attendre. Le conflit actuel entre le Maroc et le Sahara Occidental en est déjà une des conséquences [7].

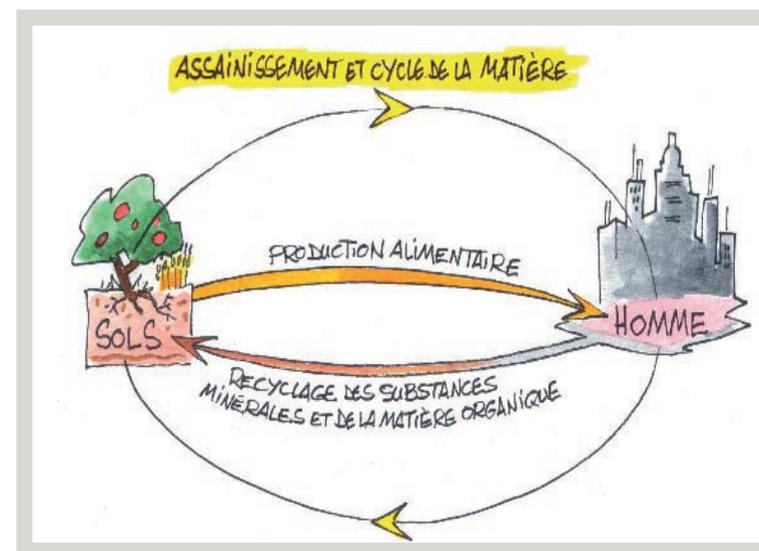
La multiplication des alertes et des organismes dédiés au recyclage du phosphore témoignent de la prise de conscience de l'état de crise [9]. Cette perspective de raréfaction du phosphore doit inévitablement conduire à la mise en place de dispositifs d'utilisation rationnelle, de récupération et de recyclage de cet élément.

Ici encore, précisons les liens entre cycle de la matière et assainissement. La quantité de phosphore minéral présente dans les effluents urbains, pour partie sous forme valorisable, est de 0,75 à 2 kilogrammes par an et par habitant [8]. L'extraction de ce gisement est un enjeu inévitable de l'assainissement, afin d'éviter une dangereuse dépendance aux apports extérieurs d'engrais phosphatés.

Urbanisation et cycle de la matière : Préserver l'état des sols

Si l'on résume, les sols fournissent le support et la matière nécessaire à la production alimentaire. Un retour aux sols de ces matières (contenues notamment dans les déjections humaines) est nécessaire au recyclage des substances nutritives (et surtout du phosphore) et au maintien de l'architecture organique des sols.

Tel l'usage domestique de l'eau, l'exploitation des sols par l'agriculture impose à l'homme une rétro-gestion de la ressource prélevée.



L'approche systémique des enjeux de l'assainissement

Avec le rapport Brundtland, publié en 1987 par la commission mondiale sur l'environnement et le développement, le concept de développement durable est défini pour la première fois comme « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ». Depuis ce rapport, les prises de conscience se généralisent et une responsabilité nouvelle, trans-générationnelle, est affirmée et reconnue. La durabilité de nos différentes activités est progressivement évaluée, dans leur capacité à maintenir un accès pérenne aux ressources. L'assainissement ne doit pas faire exception ! Il doit être - ou tendre - vers le durable. Pour ce faire, assurons nous d'appréhender l'intégralité de ses enjeux et de leurs interactions.

Une troisième pièce manquait au puzzle !

Les deux chapitres précédents ont décrit les interactions entre l'homme et l'eau (cycle de l'eau domestique) puis entre l'homme et les sols (cycle de la matière), en lien avec l'assainissement.

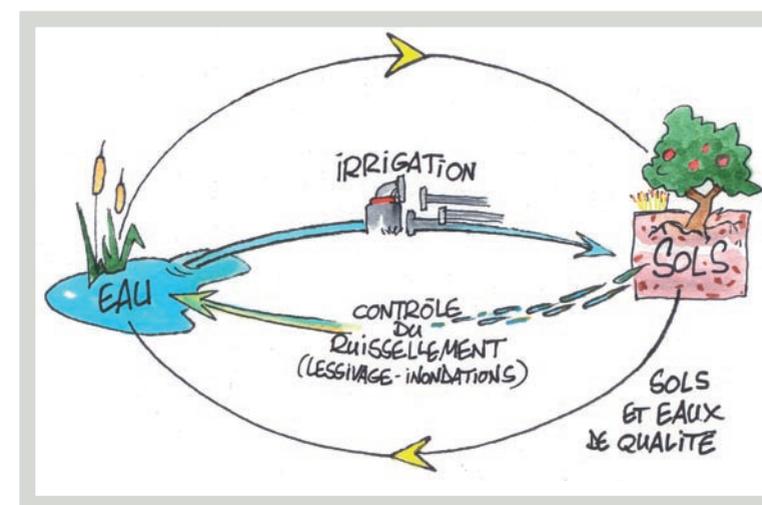
Relevons ici quelques unes des interactions, plus générales, entre les eaux superficielles et les sols agricoles :

L'eau est indispensable à la vie dans et sur les sols. Les activités agricoles ont ainsi de grands besoins en eau. Plusieurs milliards de mètres-cubes sont prélevés tous les ans pour l'irrigation, dont les trois-quarts, en France, dans les eaux superficielles [10].

En surface des sols, une partie des eaux pluviales et des eaux d'irrigation s'infilte, une autre est absorbée par les plantes, une partie s'évapore...et enfin, une dernière partie ruisselle, par-

fois jusqu'à rejoindre les cours d'eau. Un sol pauvre en matière organique voit ses capacités de rétention des eaux amoindries. L'infiltration est pénalisée au profit du ruissellement, favorisant bien souvent les inondations. La rétention des substances nutritives, des engrais et des pesticides par les sols appauvris en matière organique est également plus difficile. D'importantes quantités de ces produits agricoles sont charriés vers les cours d'eau, qui servent parfois de réservoirs pour l'irrigation.

Nous pouvons alors représenter là de nouvelles interaction, entre les sols et l'eau.



L'assemblage du puzzle d'interactions

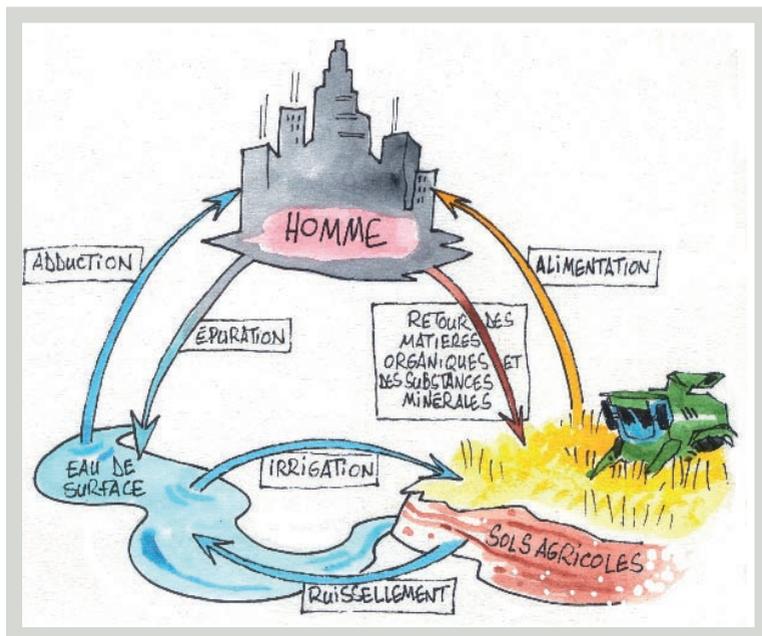
Tour à tour, nous avons ainsi pris connaissance des interactions suivantes :

L'eau acheminée dans les villes par des équipements d'adduction et affectée à différents usages domestiques, doit être évacuée afin de répondre aux exigences d'hygiène et de santé publique, puis épurée afin que soit préservée la qualité des zones de prélèvement.

Les productions alimentaires transférées des zones agricoles vers les zones urbaines contiennent une partie des matières prélevées dans les sols. Des flux compensatoires doivent être respectés, par une valorisation de gisements organiques et un retour au sol des substances nutritives.

Dans le cycle de l'eau globale, les sols régulent débit et qualité des eaux de ruissellement. Ces eaux de ruissellement rejoignent les eaux superficielles, qui elles même peuvent être sollicitées pour l'irrigation des sols agricoles.

Essayons alors de représenter sur un même schéma l'ensemble de ces interactions :



Par cette nouvelle représentation, les trois «compartiments»² - l'eau, les sols et l'homme - nous dévoilent leur interdépendance.

On comprend ainsi que, en lien avec l'assainissement, notre accès à une eau de surface de qualité dépend de l'épuration, et en même temps de la qualité des eaux de ruissellement. La qualité des eaux de ruissellement est, quant à elle, tributaire de la bonne santé des sols. Cette bonne santé des sols, conditionnant le maintien de notre niveau de production agricole, est liée aux quantités de matières organiques et de substances nutritives extraites des effluents urbains puis valorisés. Ouf!

Nous voici donc au coeur d'un éco-système, d'un ensemble dans lequel l'eau, les sols et l'Homme sont interdépendants. Puisque toute perturbation d'une partie du système en affecte l'ensemble, l'appréhender partiellement n'a pas de sens !

Dès lors, pour être durable, l'assainissement doit maintenir l'ensemble de ce système en équilibre. Il doit en conséquence intégrer conjointement de multiples problématiques. On parle ainsi d'approche systémique.

Au cours des pages à venir, différents dispositifs et différentes filières d'assainissement vont être décrits. Au delà de leurs performances techniques, nous garderons en mémoire que seule leur aptitude à répondre en même temps aux problématique d'hygiène et de santé publique, de qualité des eaux et de qualité des sols participe au développement d'un assainissement véritablement durable.

² Par souci de clarté, les relations avec l'atmosphère n'ont pas été exposées dans ce document.

Les effluents domestiques

Pour comprendre désormais pourquoi les effluents domestiques doivent être pris en charge par l'assainissement avant leur rejet dans les milieux, cette seconde partie fait état de quelques connaissances indispensables relatives aux effets polluants potentiels des ingrédients composant ces effluents.

Consommation d'eau potable, rejet d'eaux usées

En France, 165 litres d'eau potable sont consommés en moyenne par jour et par habitant [11]. Exception faite de l'eau alimentaire ou de celle destinée au jardinage, l'essentiel sera évacué après utilisation par le tout-à-l'égout. Les volumes d'eau consommés seront donc globalement ceux rejetés. Entre 20% et 30% de la consommation totale est utilisé pour les toilettes. Associés aux excréta, les eaux de toilette viennent former les eaux noires. Ensuite 15% des quantités consommées sont utilisées pour le lavage du linge, 12% pour la vaisselle et 50% pour les bains et douches [12]. Ces eaux de nettoyage ou d'hygiène constituent les eaux grises. Eaux noires et eaux grises forment ensemble les eaux usées.

Les eaux grises

Les eaux grises comportent avant tout des résidus de lessives, de produits d'entretien ou de savons. Seuls 15% des composants de ces produits ont, par leur propriétés détergentes³, réellement vocation à nettoyer. Pour le reste, une multitude d'additifs répond aux attentes des consommateurs: colorants, conservateurs, parfums, désodorisants, antimousses, séquestrants, dispersants, enzymes et agents de blanchiment pour les lessives, etc.

Les eaux grises contiennent également des macro-déchets alimentaires, des graisses et des huiles provenant des cuisines. Enfin, dans des moindres proportions, nos éviers sont souvent propices à l'évacuation de produits techniques à usage spécifique, périmés ou usagés (eau de javel, produits de bricolage, fonds de flacons de produits phytosanitaires, peintures...), et composés essentiellement de molécules de synthèse.

Les eaux noires

Chaque utilisation des toilettes associe de 6 à 12 litres d'eau potable à des matières fécales, de l'urine et du papier hygiénique.

Le papier hygiénique est rejeté à raison de 9 kg par an et par habitant. Composé pour l'essentiel de cellulose, quelques additifs chimiques peuvent y être associés si le produit est parfumé ou coloré.

Les matières fécales, ou fèces, résultent d'une dégradation d'aliments après leur passage dans le système digestif. Constituées par 65 à 80% d'eau, on y retrouve ensuite des éléments minéraux et organiques, des cellules mortes du tube digestif et un nombre incommensurable de micro-organismes (plusieurs milliards par gramme) présents dans les intestins. La quantité quotidienne excrétée varie en fonction de paramètres physiologiques et culturels (alimentation) propres à chaque individu. Une moyenne de 140 grammes par personne et par jour est admise pour les Européens [13].

Les urines permettent l'évacuation par le corps humain des déchets du métabolisme cellulaire et des toxiques à élimination rénale présents dans le sang. Intégrant 95% d'eau, l'urine se compose, dans ses 5% restants, de matière organique (urée), d'éléments minéraux, d'hormones naturelles et d'enzymes. L'urine peut également véhiculer des résidus de médicaments et d'hormones de synthèse (généralement, seuls 30 à 40% des composés actifs constituant ces produits sont utilisés par les organismes, le reste étant évacué par les urines). La composition varie fortement d'un individu à l'autre et même d'un moment de la journée à un autre, selon l'activité du métabolisme (différente par exemple le jour et la nuit). Un individu excrète en moyenne 1,5 litres [13] par jour.

³ Les détergents sont des molécules dotées de propriétés tensioactives, c'est à dire capables de décrocher des salissures de leur support. Il existe des détergents naturels et totalement biodégradables, tels ceux présents dans le savon de Marseille, préparés à base d'huile végétale et de soude. Toutefois, l'essentiel des détergents sont désormais d'origine industrielle et composés de matières organiques de synthèse, généralement issues de la pétrochimie.

Au delà de ces composants présents naturellement, urine et matières fécales sont également porteurs d'une pollution de fond à laquelle le sujet est soumis (air, eau) ou présente dans sa nourriture (pesticides, médicaments et hormones vétérinaires pour bétail, additifs alimentaires...).

Chapitre 6

L'effet shaker du tout-à-l'égout

Le principe du tout-à-l'égout s'est rapidement généralisé au cours du XXème siècle. Eaux noires, eaux grises : le tout va désormais à l'égout (précisément !).

A l'échelle d'une année et d'un individu, 500 litres d'urine et 50 litres de matières fécales, évacués par 15 000 litres d'eau de chasse, rejoignent 30 000 litres d'eau ménagères [14]. Deux effluents de composition et de quantités très variable - les eaux noires et les eaux grises - se retrouvent associés, formant un «cocktail» d'effluents, pris en charge par un réseau de canalisation unitaire⁴.

A ce principe de *mélange* s'ajoute celui de *dilution*. Chacun des composants - parfois présents en de très faibles quantités - se disperse dans un total de 45 000 litres d'eaux usées. La matière fécale (en volume, 50 litres par an et par personne) est, par exemple, diluée dans 750 fois son volume initial !

Cet exemple est précisément marquant : la matière fécale apporte aux eaux usées l'essentiel des germes ou micro-organismes, potentiellement pathogènes⁵ et liés à la problématique d'hygiène et de santé publique de l'assainissement. Non contents de se voir offrir un terrain de jeu 750 fois plus im-

portant que celui initial et dans lequel ils se dispersent, ces germes trouvent dans les eaux usées des conditions propices à leur conservation : température plutôt basse, oxygène rare et fixation difficile. D'importantes quantités de substances nutritives autorisent également la reproduction et la croissance des colonies bactériennes [15].

Ainsi, après l'effet shaker de *mélange* et de *dilution* des polluants, le tout-à-l'égout provoque une *amplification* des pollutions pathogènes, en favorisant conservation et propagation des germes.

Chapitre 7

Un cocktail aux effets indigestes

Les effets polluants des différentes molécules présentes dans les eaux usées ne s'observent pas tous aux mêmes concentrations. Les macro-polluants, molécules de grande taille, présents naturellement dans les milieux ou apportées par l'activité humaine, ne présenteront pas d'inconvénients à des concentrations limitées (de l'ordre du milligramme par litre). A l'inverse, les micropolluants ont des effets toxiques même à de très faibles doses, de l'ordre du microgramme par litre pour les micro-polluants organiques ou minéraux, ou de l'unité pour les polluants microbiologiques.

⁴ Aujourd'hui, le réseau de collecte parcourant nos sous sols ne se destine plus uniquement à la collecte des eaux usées domestiques. Des eaux industrielles peuvent y être rejetées lorsqu'elles ne présentent plus de dangers pour les canalisations et ne risquent pas de perturber pas le fonctionnement des stations d'épuration. Par ailleurs, si une collectivité choisit de traiter ses eaux pluviales et ne dispose pas de réseau séparatif, le réseau de collecte des eaux domestiques peut également être sollicité.

⁵ Pathogène: Susceptible de causer de troubles chez l'homme

La très grande diversité des molécules potentiellement présentes dans les eaux usées interdit une caractérisation dans le détail de leurs effets. Communément, on classe dès lors ces molécules en six grandes catégories.

Les matières en suspension

Les matières en suspension sont les fines matières insolubles (non dissoutes) contenues dans les eaux usées. Rejetées dans les cours d'eau, elles génèrent un milieu turbide, entravant la pénétration de la lumière solaire, indispensable à la survie de nombreux êtres vivants aquatiques et à la croissance des végétaux aquatiques. Les matières en suspension peuvent également être responsables d'une mortalité piscicole par le colmatage des branchies.

Ce n'est donc pas tant leur composition chimique que leur capacité à modifier physiquement le fonctionnement d'un écosystème qui confère aux matières en suspension leur caractère polluant.

Les matières organiques

D'une manière générale, que ce soit en milieu terrestre ou aquatique, l'essentiel de la matière organique est condamnée, plus ou moins rapidement, à une minéralisation, c'est à dire une dégradation faisant retourner ses composants à l'état de dioxyde de carbone, d'eau et de matières minérales⁶. La voie de dégradation la plus commune est l'oxydation (dégradation par l'oxygène).

Dans les rivières se trouve de l'oxygène à l'état dissous, mais généralement peu, et difficilement renouvelable, sa dissolution dans l'eau depuis l'air étant un phénomène lent. Sitôt que se retrouve un peu trop de matière organique oxydable dans un cours d'eau, l'oxygène disponible est consommé par l'activité de dégradation, à un rythme pouvant être supérieur à celui de

son renouvellement. C'est l'asphyxie à brève échéance, les animaux aquatiques en étant les premières victimes. Ce phénomène est appelé l'eutrophisation des cours d'eau.

Les substances nutritives: azote et phosphore

L'azote et le phosphore sont indispensables à la croissance des plantes, ce qui explique qu'ils soient les deux éléments principaux des engrais utilisés en agriculture. Ressources pour le sol, ce sont en revanche de véritables polluants pour les eaux...

L'utilisation excessive d'engrais est principale responsable des transferts d'azote et de phosphore au cours d'eau. Toutefois, chaque usager rejette quotidiennement dans ses eaux usées 9 à 12 g d'azote (essentiellement contenu dans les urines) et 3 à 4 g de phosphore (provenant des matières fécales et des produits ménagers). S'ils ne sont pas ou partiellement retirés des eaux usées au niveau des stations d'épuration, ces substances nutritives, une fois dans les cours d'eau, vont être responsables d'effets en cascade.

En quantités importantes, ils vont tout d'abord permettre aux végétations présentes (algues, végétaux flottants, ...) de proliférer, coloniser les cours d'eau et générer des marées vertes, phénomènes restreignant l'usage des plans d'eau (pêche, loisirs), et diminuant la qualité des eaux destinées à une potabilisation.

Une fois les stocks de substances nutritives consommés, ces végétaux meurent. Composés de matières organiques oxydables, leur dégradation mobilise alors l'oxygène disponible et génère des phénomènes d'asphyxie tels décrits précédemment.

Par ailleurs, cette dégradation libère de nouveau de l'azote et du phosphore; le problème des marées vertes réapparaît. Un cycle absorption-relargage se met ainsi en place tout au long du cours d'eau, et se poursuit jusque dans l'océan.

Une fois rejetées en milieu marin, l'azote et le phosphore des fleuves peuvent conduire à une prolifération du plancton. Certaines espèces de plancton sécrètent des toxines auxquelles

⁶ Voir chapitre 3, Urbanisation et cycles de la matière

l'homme est sensible, pouvant se retrouver concentrées dans des coquillages.

Ultime étape, le plancton se dépose sur de vastes surfaces de fonds marins et provoquent leur stérilisation.

Les micropolluants organiques de synthèse

Les micropolluants organiques d'origine domestique recouvrent une large gamme de molécules chimiques utilisées dans la vie quotidienne et véhiculées par les eaux grises (détergents de synthèse, additifs des lessives et produits d'entretien, solvants, produits cosmétiques...) ou par les eaux noires (rejet d'hormones ou résidus médicamenteux par les urines). En union européenne, 100 000 produits chimiques différents sont enregistrés, dont près de 3300 sont utilisés à des fins médicales [16]. La majeure partie de ces molécules de synthèse, en milieu aquatique, ne sont pas dégradables (elles ne peuvent pas être oxydées, telles les matières organiques décrites précédemment), du moins à l'échelle de mois, voire d'années.

La toxicité de ces polluants a généralement été testée en laboratoire sur des bactéries, des algues et des poissons. Un effet aigu⁷ est peu probable, car de telles molécules ne sont utilisées qu'à de très faibles concentrations. Mais en raison de leur faible dégradabilité, ces molécules se bio-accumulent le long des chaînes alimentaires et peuvent perturber le métabolisme d'organismes aquatiques (mortalité précoce, dysfonctionnement du système reproducteur...).

Certaines substances à effet endocrinien, telles les hormones naturelles ou médicamenteuses sont par exemple responsables de la féminisation de population de poissons [16]. La présence d'antibiotiques dans les milieux aquatiques accroît quant à elle la résistance bactérienne, puis la dissémination des gènes de résistance [17].

La toxicité pour l'homme dépend des molécules et de la dose reçue, mais elle reste encore mal évaluée. Ces molécules, souvent trop petites pour être retenues par les filtres des stations de

potabilisation, suscitent des inquiétudes croissantes sur la santé humaine, notamment en raison de leur capacité à s'accumuler dans le temps et de leurs inter-réactions suspectées.

Les micropolluants minéraux

Les micropolluants minéraux, ou éléments métalliques retrouvés dans les eaux de surface proviennent pour l'essentiel de rejets d'activités industrielles, de pesticides ou d'engrais transférés par ruissellement des eaux pluviales. La part des apports d'origine domestiques est donc à nuancer.

En très faibles quantités, les éléments métalliques faisant partie du métabolisme humain (fer, chrome, zinc, nickel) peuvent être présent dans les excréta humains. Mais les principales sources de métaux dans les eaux usées domestiques sont les eaux de nettoyage et de lavage des vêtements [18]. Les rejets de produits pharmaceutiques, de bricolage [19], d'engrais, de phytosanitaires ou de produits cosmétiques [20] et l'utilisation de canalisations en cuivre ou plomb peuvent en augmenter la charge.

Une fois en milieu aquatique, ces polluants s'accumulent le long des chaînes alimentaires (bioaccumulation), si un maillon y est exposé.

Les polluants microbiologiques

De nombreux germes potentiellement pathogènes (bactéries, parasites intestinaux, protozoaires, champignons et virus), principalement d'origine fécale et intervenant dans les systèmes digestifs humains, se retrouvent également dans les eaux usées. Les bactéries fécales pathogènes appartiennent aux genres *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia*, *Listeria*, *Yersinia*. Elles peuvent être responsables, si elles colonisent des eaux desti-

⁷ Effet aigu: Dommage grave ou mortel, malgré une exposition unique ou à de faibles doses

nées à la consommation, de gastro-entérites, septicémies ou méningites. Dans les pays pauvres⁹, elles sont la cause d'épidémies de choléra ou de typhoïde [21].

Si le virus de l'hépatite A, présentant un risque pour les cultures, a longtemps été la préoccupation principale lors de l'épandage d'eaux usées ou de boues d'épuration, l'attention portée au virus de l'hépatite E est de plus en plus marquée [21].

Les protozoaires (*Cryptosporidium parvum* et *Giardia intestinalis*), d'abord présents dans les matières fécales sous forme de kystes, provoquent des diarrhées en cas d'ingestion et peuvent s'avérer mortels pour les personnes immuno-déprimées [22].

La présence de ces germes dans les cours d'eau a un effet évident sur la qualité de ces derniers, pouvant les rendre impropres à la baignade et aux activités nautiques, voire à la production d'eau potable. Malgré le pouvoir réputé aseptisant de l'eau de mer (à nuancer ! [23]), des restrictions de pêche des coquillages peuvent également être formulées aux abords de rejets de stations d'épuration côtières.

Origines principales et effets des différentes catégories de polluants domestique

Origines principales des polluants domestiques présents dans les eaux usées		
	Eaux noires	Eaux Grises
Macro-polluants	Matière fécale, papier hygiénique	Déchets alimentaires (apports mineurs)
	Matière fécale, urine	Déchets alimentaires, produits ménagers
	Urine	Déchets alimentaires (apports mineurs, 3% de la charge)*
	Matière fécale, papier hygiénique	Produits ménagers (apports mineurs, 10% de la charge)*
Micro-polluants	Urine (hormones, médicaments)	Détergents, additifs des produits ménagers
	Matière fécale (résidu du métabolisme)	Produits pharmaceutiques et techniques
	Matière fécale (résidu du métabolisme)	Apports mineurs
Effets observables si présence en milieu aquatique		
Macro-polluants	Matières en suspension	Inhibition de la flore aquatique, mortalité piscicole
	Matières oxydables	Eutrophisation des cours d'eau
	Azote	Marées vertes, eutrophisation
	Phosphore	Marées vertes, eutrophisation
Micro-polluants	Micropolluants organiques	Effets imprévisibles et rémanents
	Micropolluants minéraux	Toxicité parfois aiguë, bioaccumulation
	Micro-organismes	Contaminations diverses des populations

⁹ L'expression pays pauvres sera utilisée dans cet ouvrage pour désigner les pays dont les capacités financières n'ont pas permis le déploiement de dispositifs d'assainissement satisfaisants

L'assainissement conventionnel est-il durable ?

Nous connaissons désormais la composition de nos eaux usées, et savons que l'assainissement, pour prétendre être durable, doit se confronter à un système d'enjeux. Forts de ces outils d'analyse, intéressons-nous dans cette troisième partie aux pratiques conventionnelles de l'assainissement et à ses trois grandes étapes: la collecte des effluents, l'épuration des eaux usées, puis la gestion des produits générés par l'épuration.

La collecte des eaux usées

Les équipements de collecte canalisent les eaux usées de chacun de nos évier, douches et toilettes vers des collecteurs, puis des équipements d'épuration. Depuis janvier 2006, l'intégralité des logements ont réglementairement du être raccordés à des dispositifs de collecte. En zones très urbanisées, l'assainissement est obligatoirement collectif. Des équipements ont été centralisés. Squelette de cette centralisation, des réseaux de canalisations ont progressivement maillé nos sous-sols.

La course au raccordement

Le taux de raccordement est un indicateur représentant la part de la population dont les eaux usées sont collectées par un réseau de canalisation collectif. En France, de 48% des logements en 1962 [24], cet indicateur est passé à 81% en 2004 [25]. Cette progression est la conséquence d'un titanesque chantier mené durant les dernières décennies et au cours duquel 280 000 kilomètres de canalisations [25] ont été posés. Néanmoins, «seuls» 4 600 kilomètres ont été en installés en 2004 [25], preuve d'un ralentissement dans le déploiement du réseau.

Pour près de 100 000 kilomètres, le réseau est unitaire : une seule et même canalisation recueille les eaux usées et les eaux pluviales [25]. La collecte unitaire est un choix généralement ancien, ou poursuivi par les petites communes de moins de 2000 habitants ne pouvant financer un double réseau. Mais ceci expose les stations à des difficultés de fonctionnement, notamment en cas de fortes pluies.

Coûts et entretien des réseaux: d'inquiétantes perspectives

Les réseaux représentent la plus lourde part des investissements lors de l'installation de dispositifs d'assainissement collectifs, avec des coûts cinq fois supérieurs à ceux de stations d'épuration [26].

Pour une agglomération urbaine, la valeur du mètre linéaire de conduites d'eaux usées est de 350 euros si le réseau est unitaire, et de 420 euros si le réseau est séparatif [27] (double canalisation). Une très grande variabilité de ces coûts est observée en zone d'habitat dispersé.

En France, le «patrimoine» réseau d'assainissement est évalué à 64,5 milliards d'euros [28].

Une fois posés, les réseaux sont soumis à plusieurs risques de dégradation liés aux comportements des terrains ou à l'effluent transporté. Ils perdent alors leur étanchéité et diffusent les eaux polluées dans les sols, ou au contraire, permettent aux eaux claires infiltrées de pénétrer dans les réseaux. Le maintien en bon état des canalisations est donc un enjeu réel de préservation des milieux et d'efficacité globale de l'épuration.

Par ces diverses altérations, la durée de vie des réseaux est limitée. On estime que les portions de réseau mises en place avant 1980, avec des canalisations de qualité médiocre, vont lâcher petit à petit et n'assureront plus leur fonction vers 2015-2020 [29]. Pour les réseaux plus récents, un programme de réparations ponctuelles et de surveillance permet de maintenir l'ensemble des fonctionnalités du réseau sur 50 à 60 ans.

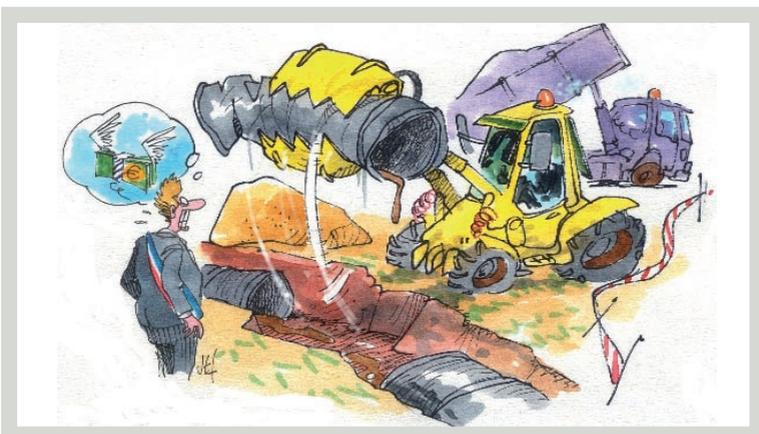
L'âge du patrimoine est toutefois mal connu, voir même inconnu pour 17% de la longueur du réseau [30]. Deux tiers des canalisations auraient été posés avant 1980 [30].

En 2004, seules 40% des communes effectuaient des mesures de contrôle - contre 30% en 2001 - et un tiers d'entre-elles avaient mis en place un programme d'entretien [31]. Le remplacement des canalisations a représenté, en 2004, 2 300 kilomètres soit seulement 0,8% de la longueur totale du réseau [31].

Les travaux de rénovation et de renouvellement font généralement appel à de lourds moyens logistiques et à des budgets conséquents. En 2002, on estimait que 7 milliards d'euros de travaux seraient à programmer en priorité, alors qu'un investissement de 800 millions à 1,3 milliards d'euros par an serait nécessaire dans les prochaines décennies [32].



Les petites agglomérations s'étant équipées de stations n'auront probablement plus la capacité financière d'investir dans les réseaux de collecte et de les entretenir; elles devraient se retrouver dans la situation absurde de stations d'épuration ne pouvant être exploitées, faute de raccordement de la population [33].



Chapitre 9

Les stations d'épuration des eaux usées domestiques

En 2004, un français sur deux ignorait que traitement des eaux usées et production d'eau potable se faisaient dans deux usines différentes [34]. Anticipons donc toute méprise : les stations d'épuration ne produisent pas d'eau potable, mais visent à réduire le niveau de pollution des eaux usées, afin d'en autoriser le rejet dans des cours d'eau naturels. Les eaux rejetées ne satisfont en aucun cas des critères de potabilité !

Comment quantifie t-on la pollution des eaux usées ?

Conventionnellement, trois indicateurs principaux sont utilisés pour la mesure des taux de pollution et le suivi des performances de l'épuration : DBO, DCO et MES. Ils sont parfois complétés par les teneurs en azote et en phosphore.

La concentration de matières en suspension ou MES (exprimée en mg par litre) est l'indicateur le plus ancien. Il renseigne sur les teneurs en matières non dissoutes contenues dans les eaux.

La demande chimique en oxygène, ou DCO (exprimée en mg d'oxygène par litre) quantifie les matières oxydables, c'est à dire susceptibles de consommer de l'oxygène au cours de leur dégradation par oxydation. Cet indicateur est représentatif de l'essentiel des matières organiques et des sels minéraux oxydables. Il donne une idée de la charge polluante globale d'une eau et des risques quant au développement de phénomènes d'asphyxie des milieux de rejets.

Une fraction des matières quantifiées par la DCO est biodégradable (principalement des matières organiques naturelle) : elle peut être dégradée rapidement sous l'action de micro-organis-

mes épurateurs (bactéries). La demande biologique en oxygène ou DBO (exprimée en mg d'oxygène par litre) est ainsi la fraction de la DCO qu'il va être facile et rapide de traiter par voie biologique au cours de l'épuration. La demande biologique en oxygène est généralement évaluée sur une période de 5 jours, et notée DBO_5 .

Enfin, l'Equivalent-Habitant (EH) complète cette batterie d'indicateurs. L'EH quantifie la pollution théorique produite par habitant et par jour et correspond à 60 grammes de DBO_5 par jour. La capacité de traitement d'une station est traditionnellement exprimée en E.H.

En résumé,

La MES quantifie la pollution non dissoute

La DCO quantifie la pollution oxydable

La DBO quantifie la pollution biodégradable (dégradable par des micro-organisme)

La charge pathogène et la concentration en micropolluants (organiques ou minéraux) ne sont conventionnellement pas quantifiés dans les eaux usées domestiques.

Les performances épuratoires à atteindre

Issues d'une directive européenne de 1991¹⁰, les exigences réglementaires de performances des stations d'épuration portent sur la MES, la DBO et la DCO. Ces exigences ne sont pas les mêmes pour toutes les stations et dépendent de :

- La taille des stations (supérieure¹¹ ou inférieure¹² à 2000 EH)
- La sensibilité des cours d'eau dans lesquels sont rejetées les eaux traitées (zone normale ou zone dite sensible).

En zone sensible s'ajoutent généralement des objectifs sur l'azote et le phosphore aux indicateurs de base.

Les objectifs de performances des stations peuvent être exprimés de deux manières :

- En rendement épuratoire : on indique le pourcentage de pollu-

tion que la station doit au minimum retirer des eaux.

- En concentration : on précise la teneur maximale de polluants admise dans les eaux de rejet.

Lorsque l'eau épurée est rejetée dans des zones de baignade, de pêche à pied ou d'élevage de coquillages, un arrêté préfectoral peut exiger des normes de rejets spécifiques, quelque soit la taille de la station (réduction de l'azote, du phosphore, traitement des pathogènes).

Épuration : Jusqu'à cinq étapes de traitement !

En station, l'épuration des eaux usées se déroule par étapes, des pré-traitements jusqu'à d'éventuels traitements quaternaires.

1- Les pré-traitements

Les pré-traitements préparent les eaux usées aux différentes étapes de traitement suivantes. Le désablage, le dégrillage et le tamisage retiennent les éléments les plus grossiers. Le dégraissage élimine les matières grasses, susceptibles de limiter l'efficacité des traitements ultérieurs.

2- Les traitements primaires

Cette plus ancienne des étapes de l'épuration consiste en une décantation (séparation des éléments liquides et solides sous l'effet de la gravité). Cette décantation peut être stimulée par des coagulants, additifs chimiques provoquant l'agglomération des matières en suspension et accélérant leur décantation. Les matières, en se déposant au fond d'un décanteur, viennent former des boues primaires.

A noter que les traitements primaires, spécifiques aux matières en suspension, retirent indirectement une fraction des matières oxydables, des micropolluants et des germes fixés sur des particules en suspension.

10 Directive 91/271/CEE du Conseil, du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux urbaines résiduaires

11 et 12 Voir fiche technique n° 2

3- Les traitements secondaires

L'épuration s'évertue ensuite à réduire la DBO. Les matières organiques biodégradables sont alors soumises à l'action biologique de bactéries épuratrices. Une partie des matières organiques biodégradables est décomposée en dioxyde de carbone, en azote et phosphore (encadré ci-dessous). Une autre partie est assimilée par les bactéries, et permet leur reproduction (la matière organique sert ainsi à la «fabrication» de nouvelles bactéries).

Dégradation biologique par des bactéries épuratrices

La matière organique, composée d'eau, de carbone, et de substances minérales dont l'azote et le phosphore - constitue une nourriture de choix pour les bactéries épuratrices. A l'instar des mécanismes se déroulant en surface des sols, les bactéries décomposent la matière organique et libèrent les différents constituants. Le carbone est minéralisé, relargué sous forme de gaz (CO_2) et rejoint rapidement l'atmosphère. L'azote et le phosphore sont quant à eux libérés dans les eaux usées en cours de traitement.

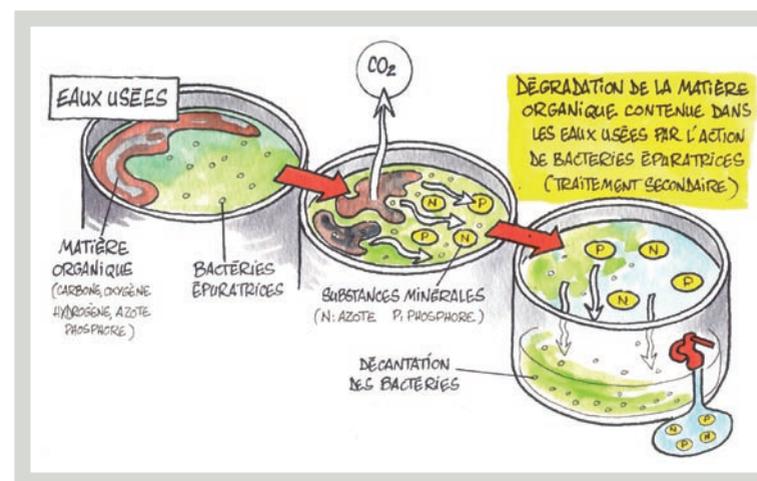
Ainsi, de notre stock initial de matières organiques biodégradables :

- Une partie est dégradée et libérée dans les eaux en cours de traitement sous forme d'azote et de phosphore
- Une autre partie est transférée comme constituant de nouvelles bactéries épuratrices, prenant à leur tour part au travail de dégradation.

En fin de traitement secondaire, une décantation permet de concentrer les bactéries épuratrices en fond de bassin, formant les boues d'épuration secondaires.

En France, 95 % des stations d'épuration comportent un traitement biologique (par bactéries épuratrices). 60 % fonctionnent selon le principe des boues activées [35] : une culture bactérienne est main-

tenue dans des bassins circulaires en béton, aérés et brassés.



4- Les traitements tertiaires

Au cours des traitements secondaires, la dégradation de matières organiques par des bactéries épuratrices a libéré de l'azote et du phosphore dans les eaux en cours de traitement. Cet azote et ce phosphore rejoignent des quantités initialement présentes dans les eaux usées. Des traitements tertiaires - dits d'« affinage » - sont parfois parfois sollicités en complément. Ces traitements peuvent être biologiques ou physico-chimiques.

- Traitement tertiaire biologique : Si elles y sont exposées suffisamment longtemps, des bactéries épuratrices consomment la pollution azotée et phosphorée. Une partie de l'azote est minéralisé et évacué sous forme de gaz (N_2). L'autre partie est assimilée avec le phosphore par la biomasse bactérienne. Après décantation des bactéries, des boues tertiaires sont obtenues en fond de bassin.

- Traitement tertiaire physico-chimique : L'élimination du phosphore peut parfois se faire par procédés physico-chimiques:

l'ajout de réactifs (coagulants métalliques) conduit à une précipitation de phosphates insolubles, puis leur décantation en fond de bassin d'épuration.

5- Les traitements quaternaires

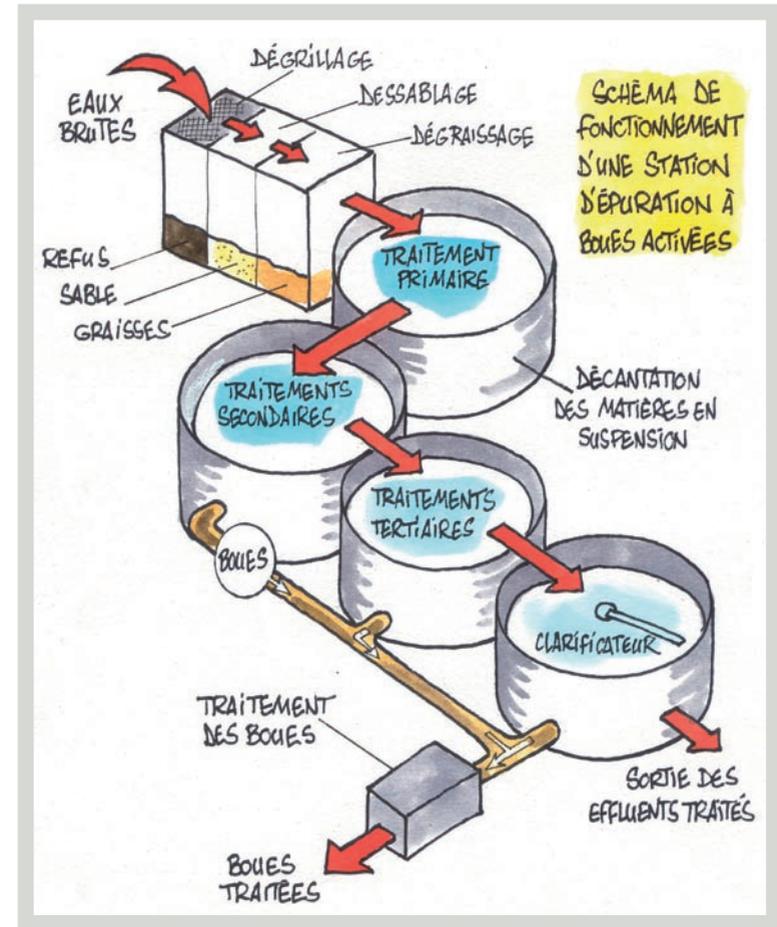
Indirectement, les différentes étapes de l'épuration éliminent une partie des germes, ou les transfèrent dans les différentes boues.

Mais à ce stade, la pollution microbiologique des eaux reste généralement très importante.

Des traitements de désinfection spécifiques sont malgré tout très rarement appliqués, généralement réservés aux eaux rejetées en zone sensible, de baignade ou de pisciculture.

Les procédés de désinfection spécifiques sont alors de 10 à 10 000 fois plus efficaces pour l'élimination des germes que les traitements primaires ou secondaires [36].

Une désinfection se fait classiquement par ajout d'un réactif (chlore, ozone, brome) ou par exposition des eaux à des rayonnement ultra violets. La chloration est la technique la plus utilisée. Elle reste délicate, car libère des composés organiques toxiques pour les milieux aquatiques. Cette technique doit alors s'accompagner d'une déchloration.



Des performances conformes, mais...

La construction du parc français de station d'épuration a été un des grands chantiers des dernières décennies.

En 1978, le Ministère de l'environnement estimait que la pollution des eaux superficielles était due pour 45% à l'émission d'eaux usées par les agglomérations [37]. L'effort d'équipement pour réduire cette pollution a depuis lors été considérable : de 2 115 stations en 1970 [38], nous sommes passés à 17 300 en 2004,

pour une capacité d'épuration théorique globale de 89 millions d'équivalents-habitants [39]. Parallèlement, la recherche a rapidement fait progresser les techniques de traitement¹³.

Quelques 2% des stations, parmi les plus importantes (supérieure à 50 000 EH), concentrent à elles seules 57% de la capacité d'épuration nationale.

Ces dernières années, la construction de nouvelles stations a principalement concerné les petites agglomérations. Ainsi, près d'une station sur deux a désormais une capacité théorique inférieure à 500 EH [39].

1- De bons résultats affichés

En 1991, le plan national pour l'environnement prévoyait pour l'horizon 2000 la collecte de 80 % de la pollution urbaine et l'élimination de 80% de la DCO reçue par les stations d'épuration. Au premier janvier 2006, l'intégralité des eaux usées devait être collectées et traitées par des dispositifs d'assainissement collectifs ou autonomes.

En 2004, le bilan officiel des performances de l'assainissement en France, réalisé par l'IFEN [39], est éloquent. Avec un taux de collecte des eaux usées domestiques de 95% et des performances épuratoires moyennes de 90% de la DBO¹⁴, le taux de dépollution global est évalué à 85%. La quasi totalité (99,2%) des effluents entrés en station a été soumis à des traitements secondaires, et plus de la moitié a reçu un traitement tertiaire.

Ces chiffres officiels sont toutefois à appréhender avec prudence. En 2007, « le SNE-FSU a dénoncé les menaces écrites et les sanctions de la direction de l'Ifen à l'égard du personnel qui protestait contre des manipulations de données par la direction »[40].

Ces chiffres sont également en contradiction avec plusieurs observations. « En 2003, les résultats étaient très inférieurs aux

objectifs dans la plupart des régions. Le retard se constatait tant dans le taux de collecte que dans les rendements, avec des retards fréquents dans la mise aux normes des stations et des retards d'équipement » [41].

Le 23 septembre 2004, la France est condamnée par la Cour de Justice des Communautés européennes, pour retard de mise en conformité des installations d'assainissement, ainsi que pour insuffisance de délimitation des zones sensibles. Le 31 janvier 2008, la commission européenne envoie un nouvel avertissement, invitant la France à une mise aux normes européennes rapide de ses installations de traitement, afin d'éviter une seconde condamnation. La commission estime par ailleurs que nombre de zones sensibles ont hâtivement été déclassées en 2006, assouplissant les exigences auxquelles sont soumises certaines collectivités [42]. -

2- Au delà d'une apparente conformité...

Véritables bons résultats ou contre-performances masquées, la question est-elle bien là ? Nous l'avons vu, les indicateurs de suivi portent principalement sur les matières en suspension, les matières oxydables et parfois les nutriments azotés ou phosphorés. Les germes potentiellement pathogènes ne sont que très rarement spécifiquement traités ; les micropolluants ne le sont jamais.

Peu de stations sont effectivement concernées par des traitements de désinfection, réservés à des rejets en zone sensible. Une importante quantité de micro-organismes est alors confiée aux milieux aquatiques, parallèlement à des apports en matières organiques résiduelles, propices aux phénomènes d'amplification : les germes se multiplient dans des proportions incompréhensibles par rapport à ce qu'ils auraient pu faire dans des eaux propres. Dans la Seine, le nombre de coliformes fécaux passe ainsi de 1 000 à 1 million par millilitre, 60 kilomètres après Paris [43].

Cette pollution microbiologique a un effet sur la qualité du cours

¹³ Voir fiche technique n° 1

¹⁴ Ces chiffres incluent également l'assainissement non collectif

des eaux, qui deviennent parfois impropres à la baignade et aux activités nautiques. Seuls 46 % des eaux douces seraient ainsi de qualité A (qualité baignade), tandis que les coquillages, en zone côtière, nécessiteraient une purification ou un reparcage dans 81 % des zones de production [44].

Ceci soulève dans bien des cas des problèmes d'hygiène publique, qui ne sont pas l'exclusivité des pays émergents. Car certes, la production d'eau potable met en place de puissants traitements de désinfection. Mais les techniques traditionnelles (chloration) efficaces pour les bactéries pathogènes, sont parfois sans effet sur d'autres agents microbiologiques. Même avec un matraquage de l'eau au chlore, quelques virus et parasites d'origine fécale demeurent [45].

Ainsi, malgré une progression des équipements d'épuration et de potabilisation, une recrudescence d'affections (colibacillose, hépatites virales) est actuellement constatée, dont la fréquence s'accroît avec régularité dans les nations industrialisées [46]. Les virus d'origine fécale sont par exemple suspectés d'être responsables d'une majorité des cas de gastro-entérites [47]. Ces constats vont inévitablement conduire à un renforcement des techniques de désinfection, au niveau de l'épuration et de la potabilisation. L'efficacité nuancée de la chloration, associée aux récentes démonstrations de l'impact de la consommation d'une eau chlorée sur la santé humaine [48], devraient contraindre à la mise en place de techniques de désinfection plus efficaces, plus saines... mais plus coûteuses.

Ensuite, malgré les concentrations très faibles de micropolluants rejetées par chacun d'entre-nous, l'assainissement collectif, par sa centralisation des équipements de traitements et des rejets, en assure une véritable concentration géographique.

Il est difficile d'évaluer la quantité de micropolluants métalliques présente dans les eaux usées domestiques. On peut toutefois admettre que l'industrie est responsable de la quasi totalité des rejets de métaux lourds dans les eaux arrivant en station

[49]. L'épuration transfère généralement de 70 à 90 % des éléments traces métalliques des eaux usées vers les boues d'épuration [50].

Dans le cas des micro-polluants organiques, nombre des molécules fabriquées par synthèse chimique sont - nous l'avons vu - peu ou pas dégradables, du moins à l'échelle de quelques mois ou de quelques années, et à plus forte raison en milieu aquatique. De nouvelles inquiétudes concernent ces molécules, sans que soit encore évalué avec précision le niveau de pollution. Aux États-Unis, plusieurs études ont révélé la présence, dans les cours d'eau, de dizaines de molécules, métabolites des détergents et stéroïdes utilisés dans l'alimentation du bétail ainsi que, dans une moindre mesure, des médicaments et hormones reproductives [51]. En Allemagne, 55 principes actifs de médicaments ont été recherchés au cours d'une campagne de mesure. 39 d'entre eux ont été retrouvés dans les effluents de stations d'épuration. Des pics supérieurs à 1µg/L ont été observés dans les cours d'eau récepteurs [52].

Il n'existe apparemment pas d'étude similaire en France, spécifique à ces micropolluants organiques d'origine domestique. Les français sont pourtant, rappelons-le, champions européens de la consommation de médicaments qui, un jour ou l'autre, se retrouvent en partie dans les urines, les stations, puis les rivières. Dans la plupart des cas, les seuils de détection des réseaux de surveillance sont beaucoup trop élevés pour détecter cette pollution de fond, qui se mesure souvent en milliardièmes de grammes par litre. Des études sont en cours afin que soit déterminée la fraction de micropolluants retenue par les boues d'épuration, les graisses ou rejetée dans les milieux par les eaux traitées.

Coûteuse épuration

On estime le patrimoine «stations d'épuration» à 14 milliards d'euros [53]. Les coûts d'entretien et de renouvellement de ce patrimoine sont quant-à-eux évalués à 620 millions d'euros par

La gestion des boues d'épuration

an [53]. Ce renouvellement intervient jusqu'à présent majoritairement dans le cadre de la mise en conformité des équipements. Rien que pour le bassin Seine-Normandie, les travaux de mise aux normes des stations d'épuration sont estimés à 19 milliards d'euros sur six ans. Soit un ratio de 200 euros par an et par habitant [54].

Le parc de stations en zones urbaines est généralement beaucoup plus ancien : 51% des stations de plus de 10 000 EH auront plus de 30 ans en 2010 [55]. Toutefois, mieux suivies, elles ne sont généralement pas les plus vétustes.

Les coûts de fonctionnement varient significativement selon la taille des stations et les techniques utilisées. Selon le Fonds National de Développement des Adductions d'Eau (FNDAE), les coûts d'une station d'épuration par boues activées sont, rapportés au mètre cube d'eau traitée, 36 % plus élevés pour une ville moyenne, comparativement à ceux d'une grandes villes [56].

Une station qui met en place une étape de déphosphatation augmente les coûts d'épuration de 0,48 euros par mètre cube d'eau [57].

Enfin, alors qu'une hausse des coûts de l'énergie est annoncée pour les années à venir, donnons nous quelques points de repère : L'épuration collective consomme 2,5 kWh d'énergie électrique par kilogramme de DBO éliminée [58], soit en moyenne, 1 kWh par mètre cube d'eau traitée. L'aération des bassins dans lesquels sont cultivés les bactéries (traitements secondaires et tertiaires) est responsable à elle seule plus de 60 % de l'énergie consommée par une station [59].

En sortie de station, l'eau traitée est rejetée dans les cours d'eau. Si le travail de l'épuration est terminé, celui de l'assainissement doit se poursuivre. Car la description précédente des mécanismes de traitement a permis de comprendre que l'épuration, par ses différentes étapes, n'élimine pas la pollution, mais la retire des eaux usées, pour la concentrer dans des sous-produits : les boues.

Une boue brute, obtenue en sortie de station, est composée à 99% d'eau. Des techniques préliminaires de décantation et éventuellement de déshydratation permettent de limiter les volumes et de concentrer les matières sèches avant tout traitement ou transport.

Le traitement d'un mètre cube d'eau usée domestique génère de 350 à 400 grammes de matières sèches [60]. En 2004, en France, 1,1 million de tonnes de ces matières ont été produites [61]. On comprend dès lors pourquoi la prise en charge des boues est indispensable, afin d'éviter qu'elles n'ensevelissent nos sociétés.

Il faut par ailleurs s'attendre à une augmentation significative des quantités de boues produites, notamment avec la généralisation du traitement du phosphore, responsable d'une augmentation de 20 à 30% des volumes de boues supplémentaires.

Le statut ambiguë des boues d'épuration

Les boues concentrent la majorité des polluants retirés des eaux usées domestiques au cours des différentes étapes de l'épuration :

-Les boues primaires, ou *boues physico-chimiques*, sont obtenues

après décantation des matières en suspension. Elles contiennent majoritairement des matières minérales (microsables, terre) et éventuellement du réactif coagulant.

-Les *boues biologiques*, formées au cours des traitements secondaires et tertiaires, sont principalement constituées de matières organiques non dégradées, de matières minérales et de micro-organismes (bactéries) responsables de l'épuration. Ces boues sont particulièrement intéressantes pour une valorisation agricole (voir chapitre 3, urbanisation et cycle de la matière).

Indirectement, ces boues récupèrent également des micropolluants organiques, des micropolluants minéraux et des pathogènes contenus initialement dans les eaux usées.

Le statut des boues est défini par un ensemble de textes réglementaires. Problème : ces textes sont parfois contradictoires ! Ainsi, depuis 1975¹⁵, est juridiquement considéré comme déchet « tout résidu d'un processus de production, de transformation [...] abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ». Conséquence directe de cette définition, un décret de 1997¹⁶ confère aux boues d'épuration un statut de déchet. Mais en même temps, ce décret reconnaît que les boues peuvent parfois présenter un intérêt fertilisant¹⁷ et être valorisées sur des sols agricoles.

Les boues sont donc un déchet non systématiquement destiné à l'abandon ! Depuis lors, les gestionnaires de l'assainissement, confrontés à cette ambiguïté juridique, partagent le destin des boues entre abandon et valorisation.

Lorsque les boues sont assimilées à des déchets...

Deux filières sont possibles pour des boues assimilées à des déchets :

L'incinération concerne 16% [61] des boues produites et permet de traiter simultanément les autres déchets issus d'une sta-

tion d'épuration (graisses, sables non lavés, résidus de curage). Elle produit des fumées qu'il faut à leur tour traiter avant rejet à l'atmosphère, ainsi que des cendres (matières minérales concentrant les métaux lourds), considérées comme déchet ultime dangereux.

L'enfouissement en centre technique, appliqué à 21% [61] des boues produites, impose une gestion des nuisances olfactives et des dégagement de méthane (puissant gaz à effet de serre émis lors de la décomposition souterraine des boues).

A noter que la juridiction européenne réserve normalement la mise en décharge aux seuls déchets ultimes, c'est à dire ne pouvant plus subir de transformations. L'enfouissement des boues d'épuration, déchet pouvant encore être transformé/valorisé, devait alors être proscrit dès 2002. Mais l'incapacité du respect de cette échéance par l'ensemble des pays européens a conduit à son report en 2015¹⁸.

Lorsque les boues sont assimilées à des produits fertilisants...

La valorisation agricole concerne malgré tout 60% des boues produites [61]. Lorsque de composition nutritive voisine de celles des engrais commerciaux, ou de propriétés physiques assimilables à celles d'amendements, leur épandage permet, à moindres coûts, d'améliorer les propriétés structurales et nutritives des sols. En France, les boues constituerait ainsi 15% [62] du gisement organique valorisable dont les sols ont tant besoin.

La valorisation sur des sols non agricoles peut également stimuler la production de bois énergie [63], ou permettre la réhabilitation de friches industrielles, de friches urbaines ou de décharges.

1- Épandage et précautions environnementales

Si les boues secondaires et tertiaires sont majoritairement com-

15 Voir la loi 75-633 du 15 juillet 1975, relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux

16 Voir le décret 97-1133 du 8 décembre 1997, relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées

17 Au sens de la loi 79-595 du 13 juillet 1979, les boues constituent également une matière fertilisante

18 Voir la directive 1999/31/CE du 26/04/99 concernant la mise en décharge des déchets.

posées de matières organiques (extraites des eaux ou constitutives des bactéries épuratrices) et minérales (azote, phosphore...), des micropolluants et pathogènes y sont également présents.

La libération de ces derniers dans les sols n'est évidemment pas souhaitable. Les impératifs de préservation de la santé publique et de la qualité des milieux ont motivé de nombreuses études liées à l'épandage de boues d'épuration. Citons ici quelques uns de leurs enseignements.

D'une manière générale, les micropolluants sont facilement lessivables, et peuvent rejoindre rapidement les cours d'eau ou les nappes phréatiques. Leur mobilité est néanmoins plus limitée dans des sols basiques et riches en humus.

Une contamination de cultures par des métaux lourds présents dans des boues d'épandage est aujourd'hui un scénario peu probable. Les modalités de transfert aux cultures ont été largement étudiées. Les exigences de contrôle et des pratiques ont par ailleurs été renforcées. Les teneurs en métaux lourds autorisées dans les boues épandues sont ainsi inférieures à celles contenues dans les engrais [64]. Un suivi du cumul décennal des quantités épandues limite les risques d'accumulation dans le temps.

Les boues hébergent de nombreux germes provenant des eaux usées [65]. Les sols n'offrant pas de circonstances favorables à leur survie, il est admis que le risque sanitaire est maîtrisé uniquement par le respect de bonnes pratiques.

Peu de choses sont en revanche connues concernant le devenir et l'impact sur l'environnement de centaines de milliers de micropolluants organiques susceptibles de se retrouver dans les boues (hormones, médicaments, détergents...). Le transfert du sol vers les plantes ne serait néanmoins pas possible [66].

La valorisation des boues exige donc une grande prudence. Leur intérêt agronomique doit être confronté aux éléments indésirables qui y sont présents.

2- Paradoxe des besoins et des demandes

La situation actuelle est profondément paradoxale. D'un côté, les quantités de boues augmentent, par une généralisation de l'assainissement et l'amélioration des techniques d'épuration. Mais de l'autre, malgré le déficit des sols en matières organiques, malgré l'interdiction programmée de l'enfouissement des boues, les refus d'épandage se multiplient. Les boues des collectivités se déplacent actuellement de plus en plus loin, par manque de surfaces pour épandre [67].

L'épandage rencontre généralement une certaine méfiance, conséquence de plusieurs événements conjoncturels intervenus dans le domaine agricole. Par le passé, des épandages massifs de boues ou de lisiers, en l'absence de toute réglementation, ont chargé certains sols en métaux lourds. Ces erreurs sont un encombrant passif : l'agriculture et l'agro-alimentaire refusent volontiers les boues dont l'image est contraire à celle de qualité qu'elles souhaitent véhiculer. Les critiques croissantes portées à l'encontre des agriculteurs, sur les dommages qu'ils entraîneraient sur l'environnement, n'est pas de nature à infléchir cette position.

En même temps, les nombreuses garanties offertes sur le plan réglementaire et scientifique apparaissent comme contre-productives. La rigueur qui caractérise l'épandage renforce les suspicions : après autorisation préfectorale ou déclaration doivent être conduites étude des sols, plan d'épandage, information préalable, contrôle de terrain, tenue d'un registre...

Malgré cette rigueur, la fiabilité totale peut difficilement être garantie. Tout comportement déviant d'un des acteurs peut faire effondrer une filière.

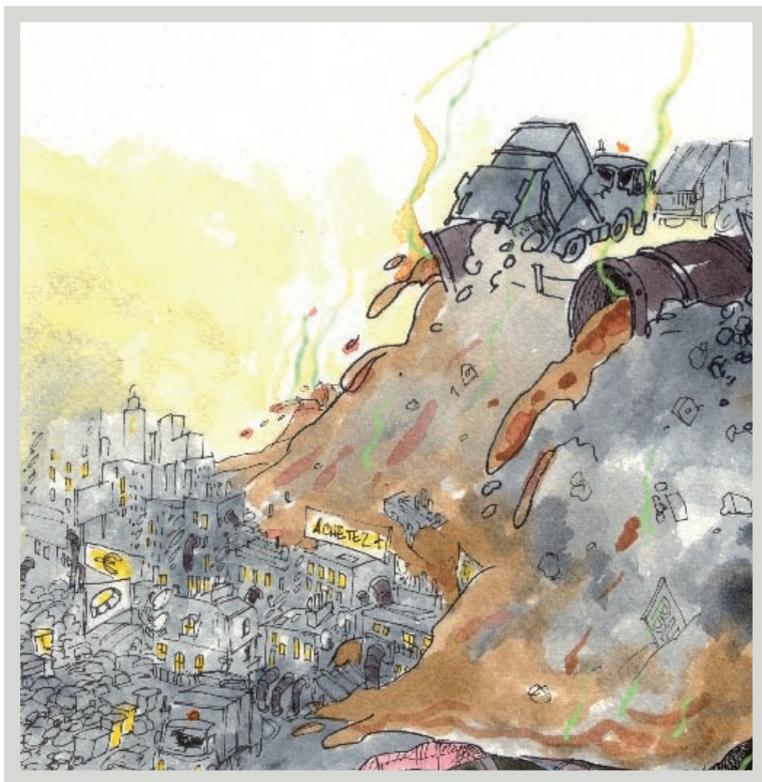
Aussi, par ces refus de plus en plus nombreux du monde agricole, un cercle vicieux se met en place : l'épandage insuffisant de matières organiques provoque l'appauvrissement de leurs sols, leur acidification et en diminue l'épaisseur. Perdant en qualité, ces sols n'ont alors plus la capacité de recevoir des boues d'épuration... Le dossier boues est reconnu comme un des grands défis de

l'assainissement.

3- Conditionnement des boues : l'industrialisation se poursuit

La hausse des refus d'épandage conduit au développement de puissants traitements industriels des boues : compostage ou méthanisation. Des niveaux de qualité élevés des produits obtenus pourraient ainsi être garantis. Des procédures d'homologation sont également envisagées. Les boues transformées n'auraient alors plus statut de déchet.

Seuls 2% des boues ont subi un compostage en 1998, contre 16% en 2004 [68]. L'engouement pour cette technique se justifie par les qualités fertilisantes et sanitaires des produits compostés. Le



compostage se pratique sur des plates-formes de compostage, exigeant de lourds investissements et d'importantes quantités de boues pour fonctionner. Ces équipements centralisés restent l'exclusivité d'importantes collectivités [69].

La méthanisation des boues conduit à leur fermentation dans un réacteur, et la production d'un gaz, le méthane, à fort pouvoir calorifique. Le digestat, résidu de la méthanisation, est débarrassé de l'essentiel des polluants organiques et des germes pathogènes [70]. Il peut être composté puis épandu. Les métaux lourds y sont toujours présents sous une forme non assimilable par les sols et les plantes [70].

Chapitre 11

Privée ou publique : L'organisation des services de l'assainissement

Les modalités de gestion de l'assainissement - réseaux et stations - diffèrent d'une collectivité à l'autre. Pour 60% de nos communes, cette gestion se fait en régie. C'est généralement le cas d'installations inférieures à 2 000 EH ou supérieures à 50 000 EH. Les installations de taille moyenne sont en revanche majoritairement concernées par une gestion privée [71], telle la moitié de la population française et la moitié du réseau de canalisations d'eaux usées.

Comment s'explique cette répartition ? Les petites installations, de moins de 2000 EH, sont soumises à des objectifs de performances moindres. On trouve encore dans les petites collectivités des équipements simples en fonctionnement et en maintenance. Au-delà, des technologies plus lourdes sont nécessaires. Les stations exigent alors du personnel formé. Seules les aggloméra-

tions importantes peuvent alors financer un service technique municipal et maintenir la gestion de l'assainissement en régie. La hausse des exigences réglementaires devrait encourager la complexification des petits équipements d'épuration. La délégation des services de l'assainissement devrait donc rapidement concerner nombre de petites agglomérations.

Une facturation parfois abusive

Comment ces différents services de l'assainissement sont ensuite facturés à l'utilisateur ?

Notre facture d'eau intègre trois éléments : la distribution de l'eau potable, la collecte et l'épuration des eaux usées, puis les taxes et redevances environnementales. En 2004, le prix facturé à l'utilisateur était en moyenne de 3,01 euros par mètre cube [72].

En hausse continue, la part moyenne de l'assainissement est devenue, depuis peu, supérieure à celle de l'eau potable. (1,36 € par mètre cube contre 1,66 € en 2007 [73]).

De grandes inégalités de coûts sont observées, inégalités pouvant aller du simple au double, selon la taille des communes [74], les modes de gestion et d'organisation des services de l'assainissement. Les coûts les plus élevés sont généralement pratiqués dans les cas d'intercommunalité et de délégation [75].

Qualité et état des équipements, longueur des réseaux, organisation des services, effets d'échelle... Nombre de facteurs peuvent justifier ces inégalités. Néanmoins, la moitié de la population française serait victime d'une surfacturation [76].

Dans le cas de régies, cette surfacturation s'explique souvent par la constitution de réserves : les collectivités provisionnent des fonds, destinés à assurer une part d'autofinancement des investissements à venir [76].

Le cas des opérateurs privés de l'assainissement est plus interpellant. Les marges nettes sur chiffre d'affaire dégagées par les services d'eau sont parfois de deux à trois fois supérieures

à celles d'activités industrielles considérées comme profitables [76]. L'extrême concentration du secteur de la délégation du service public de l'eau (eau potable et assainissement) est dénoncée par nombre de rapports publics, de la Cour des Comptes au Conseil de la Concurrence. Ce défaut de concurrence apparaît de plus en plus préjudiciable pour les consommateurs, tandis que les contrats liant collectivités et prestataires portent sur de très longues périodes, de 12 à 25 ans.

Des objectifs financiers passent parfois devant ceux d'une préservation de la ressource. En 1996, un fonds pour la rénovation de réseaux de collecte, provisionné pendant plusieurs décennies par plusieurs collectivités, est confié à Vivendi. Immédiatement placé, ce fonds est ensuite sollicité pour éponger les dettes du groupe [77].

Plusieurs collectivités se battent pour un retour en régie de la gestion de l'assainissement. Elles se confrontent néanmoins à la perte d'un savoir-faire, à de lourds investissements de départ et un manque d'engagement d'élus, peu enclins à ré-endosser la responsabilité d'un service, source fréquente de contentieux [78].

Chapitre 12

Éloigné des réseaux, l'assainissement devient autonome

En zones d'habitat dispersé, les longueurs de canalisations devant être posées pour raccorder chaque foyer sont plus importantes qu'en zone urbaine. La mise en place d'un réseau de collecte est souvent un non sens économique. Des équipements d'assainissement déconcentrés, ou autonomes sont alors déployés, à proximité des logements.

Le raccordement des logements à un système de collecte/traitement collectif ou à un dispositif autonome est obligatoire depuis janvier 2006.

Dans chaque commune, un zonage a été établi, identifiant les portions de territoires qu'il n'est pas pertinent de raccorder au tout-à-l'égout. Ce zonage s'est théoriquement accompagné d'une « réflexion technico-économique et environnementale qui doit conduire à choisir l'assainissement autonome dans les secteurs où celui-ci est réalisable et où l'assainissement collectif ne se justifie pas » [79].

Tout foyer en zone d'assainissement autonome est donc contraint de déployer ses propres équipements.

Deux échelles d'assainissement autonome

Les dispositifs d'assainissement autonome peuvent être :

- Individuels : C'est généralement le cas de logements isolés. On parle alors d'assainissement non collectif.
- Groupés : Quelques habitations se raccordent à un système d'épuration commun par un mini-réseau de collecte locale. On parle d'assainissement semi-collectif.

1- L'assainissement non collectif

Contrairement à nos stations d'épurations, l'assainissement non collectif n'est soumis à aucune obligation de résultats/performances. En revanche, une obligation de moyens impose à l'utilisateur l'installation de dispositifs réglementaires: fosse toutes eaux, tranchée d'infiltration, filtre à sable, tertre d'infiltration... Sa mise en oeuvre et son financement sont à la charge des usagers. L'investissement de départ est en moyenne de 4 500 € [80]. S'y ajoutent les redevances au Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC), le service local de contrôle des installations mis en place par les collectivités.

2- L'assainissement semi-collectif

L'assainissement semi-collectif ne correspond à aucune définition juridique. Il désigne simplement l'organisation de l'assainissement à l'échelle de quelques logements non raccordés au tout-à-l'égout. Si les équipements sont publics, ils devront répondre à la réglementation de l'assainissement collectif : l'épuration sera soumise à une obligation de résultats.

Si les équipements sont la propriété d'un groupe d'utilisateurs - et donc de statut privé - on est dans ce cas soumis à une obligation de moyens (installation de filières réglementaires).

Toutes les techniques de l'assainissement non-collectif (filtre d'infiltration-percolation, lagunage...) ou de l'assainissement collectif (micro-stations) peuvent être sollicitées.

Mieux...

La gestion déconcentrée de l'épuration est un des principaux atouts de l'assainissement autonome. Contrairement à l'assainissement collectif, le traitement local des effluents évite la concentration géographique des polluants ainsi que les phénomènes d'amplification des charges pathogènes imputables au tout-à-l'égout.

Ensuite, bien souvent, les eaux traitées sont infiltrées dans les sols en sortie des équipements. Or, les sols ont une remarquable capacité à «fixer» les polluants résiduels, limitant leur dissémination dans l'environnement et facilitant ensuite leur dégradation. D'une manière générale, les sols digèrent beaucoup plus facilement les pollutions résiduelles, que les milieux aquatiques.

Par ces deux caractéristiques - non-concentration des pollutions et infiltration finale dans les sols - l'assainissement autonome atteint aisément de bonnes performances. Un système autonome bien réalisé et bien entretenu vaut ainsi bien mieux qu'un assainissement collectif mal conçu et mal entretenu [81].

À l'instar des stations d'épuration, la plupart des systèmes d'assainissement autonomes produisent des matières de vidange, généralement retenues dans des fosses septiques et juridiquement assimilées à des boues d'épuration. Après collecte au porte-à-porte par des camions de vidange, ces matières rejoignent les mêmes filières d'élimination ou de valorisation que les boues. Enfin, les équipements sont généralement rustiques, et consomment rarement d'électricité.

Notons bien que les dispositifs d'assainissement autonome sont en général adaptés au milieu rural. Leur implantation en zone urbaine à forte densité n'est pas possible.

...et pourtant marginal

En 2008, environ 5,2 millions de foyers (17% de logements) sont concernés par l'assainissement autonome [82].

L'Europe et la France ont rappelé aux collectivités, à de multiples reprises, qu'en dessous de 2 000 EH, la solution de l'assainissement collectif n'est pas nécessairement pertinente. Malgré tout, l'assainissement autonome peine à s'imposer [82].

Les mauvaises expériences des débuts (sous-dimensionnement des équipements, difficulté d'infiltration des eaux due à une mauvaise évaluation de la perméabilité du sol, odeurs, défaut d'entretien...) ont marqué les esprits.

Ensuite, le développement du réseau de collecte est systématiquement privilégié pour des collectivités de plus de 2000 EH. Pourtant, celui-ci ne se justifie généralement pas en périphérie d'agglomération, où l'habitat est plus dispersé [83]. Des dérogations sont néanmoins rarement sollicitées.

Enfin, les méthodes utilisées pour l'évaluation des performances d'un territoire en matière d'assainissement n'encouragent aucunement de développement de l'assainissement autonome. Cette évaluation repose sur deux indicateurs, le taux de col-

lecte (nombre de logement raccordés) et le taux de dépollution (fraction de la pollution initiale retirée des eaux). Dès lors, deux façons de faire progresser ces indicateurs : connecter toujours plus de logements au réseau collectif, ou bien augmenter le rendement des stations d'épuration !

Aucun indicateur ne s'applique aux équipements d'assainissement autonome. Améliorer le nombre, la qualité et le suivi des installations ne permet pas à un territoire d'afficher de meilleures performances en matière d'assainissement.

Par ce contexte défavorable, l'assainissement autonome, solution pourtant préférable en zone d'habitat peu dense, risque fort de rester marginal.

Chapitre 13

L'assainissement conventionnel dans l'impasse

L'utilisation de l'eau dans les toilettes a nécessité le tout-à-l'égout, de même le tout-à-l'égout va nécessiter la station d'épuration ! C'est l'histoire d'un problème pour lequel on trouve une solution qui devient elle-même un problème.

Christophe ELAIN¹⁹

Collecte des eaux usées, épuration puis gestion des boues... Les chapitres précédents ont permis de décrire les différentes étapes de l'assainissement (principes, fonctionnements et performances), pièces d'un puzzle qu'il est temps de reconstituer. Reprenons dès lors la question à laquelle se confronte cette troisième partie : l'assainissement conventionnel est-il durable ? Autrement dit, permet-il de répondre aux différentes problématiques identifiées précédemment : hygiène et santé publique, qualité des eaux, qualité des sols ?

¹⁹ In Un petit coin pour soulager la planète, Edition Goutte de Sable, 2006

Le contrat n'est pas rempli !

Rappelons avant tout les considérables progrès en hygiène et santé publique permis par l'assainissement des villes. Il n'est plus question, dans les cités disposant d'équipements de collecte, d'épidémies et de mortalité liées aux effluents domestiques. Le tout-à-l'égout a été un des artisans du progrès.

Mais la concentration des rejets dont il s'est rendu responsable a contraint au développement de dispositifs d'épuration, afin que la qualité des milieux de rejet soient préservée. Au prix d'un titanesque chantier d'équipement en stations, les rejets d'eaux usées domestiques sont désormais débarrassés de l'essentiel des matières..

De l'essentiel...mais pas de la totalité ! Les performances épuratoires ne sont jamais de 100%. L'épuration reste ainsi inachevée, et les rejets de matières en suspension ou de matières oxydables ne sont pas toujours sans conséquences pour les milieux. De bonnes performances épuratoires de la part d'une station ne signifient pas que les rejets de pollutions résiduelles seront sans effets sur l'environnement.

Inachevée, l'épuration se révèle également incomplète.

Les traitements de l'azote et du phosphore ne sont pas généralisés. Les eaux rejetées contiendraient encore en moyenne 8mg/L de phosphates [84]. Ainsi, 30% du phosphore présent dans les milieux aquatiques seraient d'origine domestique [85].

Ensuite, les techniques de détection ayant progressé, nous prenons peu à peu conscience d'une discrète pollution des eaux par des micropolluants. Non retenus par les stations d'épuration, ces molécules provoquent de nouvelles inquiétudes pour la santé humaine [86]. Leur faible ou non dégradabilité provoque leur accumulation dans les cours d'eau récepteurs. Leurs effets et interactions restent très mal connus.

Concernant la pollution microbiologique, le mythe du pouvoir épurateur infini des cours d'eau s'effondre. Jusqu'alors, il était admis que nos rivières n'offraient pas un milieu favorable à la

survie des différents germes pathogènes. Les constats actuels font plutôt état d'une dégradation de la qualité microbiologique des cours d'eau.

Les stations de potabilisation prélèvent dès lors de l'eau de moins bonne qualité sanitaire. Dernier rempart avant la consommation humaine, ces stations abusent du chlore. N'annulant pas complètement le risque sanitaire (des germes se révèlent résistants), le chlore présenterait, selon de récentes études, une menace supplémentaire pour le buveur.

Le risque pathogène inhérent aux eaux usées n'est donc toujours pas maîtrisé.

Dernier constat : la contribution de l'assainissement au maintien de la qualité des sols est insuffisante.

Les besoins des sols en matière organique sont largement supérieurs aux disponibilités. Tous les gisements organiques disponibles doivent donc être mobilisés. Rappelons ici que les eaux usées domestiques, prenant en charge les déjections humaines, contiennent d'importantes quantités de matières organiques.

Or, l'exposé des mécanismes de l'épuration a permis de comprendre comment une partie du gisement est perdu : au cours des traitements secondaires et tertiaires, les matières organiques sont pour partie minéralisées par les bactéries épuratrices. Si cette minéralisation conduit à un abattement de la DBO des eaux usées, elle limite les possibilités de toute valorisation de matière participant au maintien de la qualité des sols.

L'autre fraction de matière organique non minéralisée est mobilisée pour la reproduction des bactéries épuratrices et se concentre finalement dans des boues biologiques. Il serait, en théorie, impératif d'épandre ces boues. Malheureusement, pour certaines d'entre elles, les concentrations en micropolluants organiques et minéraux qui s'y trouvent interdisent l'épandage. Les boues les moins contaminées, pouvant ainsi être épandues, rencontrent de plus en plus le refus des agriculteurs. L'incinération et l'enfouissement sont bien souvent des issues de secours...

Le phosphore, malgré une raréfaction annoncée, continue quant à lui d'être dispersé entre les eaux traitées et les boues épandues, incinérées ou enfouies.

L'assainissement conventionnel, dans son fonctionnement et ses performances actuelles, ne respecte ainsi pleinement aucune problématiques qui lui sont confiées : gestion sanitaire, qualité des eaux, qualité des sols. Les dysfonctionnements majeurs des débuts ont certes été corrigés. Il n'est plus de menace directe sur les milieux ou la santé. En revanche, une multitude de discrètes nuisances continue de compromettre un fonctionnement durable de nos sociétés; à court terme, par une mauvaise gestion du risque pathogène et une dégradation de la ressource en eau. A moyen terme, par une contribution à la dégradation de la qualité des sols .

La fuite en avant

Ces contre-performances globales de l'assainissement conventionnel interpellent de plus en plus les gestionnaires de l'eau. De nouveaux objectifs sont annoncés, engageant les équipements d'assainissement dans une course à la performances. Mais le défi est colossal...

Sur le plan technique, les stations d'épuration vont devoir rapidement généraliser les traitements de désinfection, d'élimination de la pollution azotée et de récupération du phosphore. Dans un même temps, de nouvelles techniques vont devoir être mises au point, vraisemblablement inspirées de celles de la potabilisation, afin que soient retirés des eaux les micropolluants organique et minéraux [87].

Comment ensuite permettre une meilleure valorisation du gisement de matière organique non minéralisée et contenu dans les différentes boues ? Face à la hausse des refus d'épandage, les traitements et conditionnements industriels des boues (méthanisation, compostage), augmentant la qualité et l'acceptabilité

des produits, s'imposent. De nouvelles technologies d'extraction du phosphore contenu dans les boues ou les eaux usées sont également en cours d'évaluation.

Le développement de nouvelles techniques n'est pas l'unique voie explorée. Les molécules de synthèse les plus fréquemment retrouvées dans les milieux aquatiques devraient être interdites d'utilisation. Leur identification est en cours.

Un durcissement de la réglementation, impulsé par une directive européenne²⁰, est à venir. D'ici 2020, l'utilisation de polluants ne pouvant être dégradés en station devra être interdite, ou leur collecte organisée en amont. Néanmoins, n'oublions pas que des centaines de milliers de molécules entrent dans la composition de nos produits ménagers.

Une réflexion sur un «fonds de garantie boues» est également en cours, proposant une couverture juridique aux agriculteurs en cas de problèmes liés à l'épandage de boues d'épuration [88].

Mais ces pistes explorées, restent timides, au regard des défis et échéances auxquels l'assainissement devrait réellement se confronter.

Malgré l'expérimentation d'alternatives [89], l'assainissement conventionnel, dans sa course aux performances, mise sur une industrialisation des processus de traitement des eaux ou des boues. Cette industrialisation devrait conduire au développement d'équipements de plus en plus centralisés. Les perspectives sont donc celles d'infrastructure lourdes, à forts besoins énergétiques et vers lesquelles convergeront colonnes de camions et kilomètres de tuyaux.

Les craintes d'une marchandisation de la ressource

L'eau, source de vie, n'est pas une marchandise et il faut prévoir, pour ses services, l'exception de vie», comme c'est le cas pour «l'exception culturelle».

Riccardo PETRELLA, Université du Bien Commun

20 Voir la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000

Cette fuite en avant technologique annonce un tout autre défi, économique cette fois-ci. Puisque tout nouveau process ou étape d'épuration augmente la facture (à la construction, en entretien et en fonctionnement), des limites à l'amélioration de l'assainissement se profilent; jusqu'où ces innovations seront-elles supportable économiquement par les usagers et les collectivités ?

Le recours quasi-systématique à l'assainissement collectif, l'entretien des réseaux et des stations, l'amélioration des équipements d'épuration (puis de potabilisation) vont accélérer une hausse des coûts du mètre-cube d'eau. Avec d'ores et déjà 4,8 milliards d'euros consacrés en 2005 à la seule mise en place d'équipements [90], l'assainissement risque fort de devenir un fardeau financier.

Ces craintes quant à une hausse des coûts de l'assainissement et à un recours massif aux technologies sont à associer à celles, plus générales, d'une marchandisation de la ressource.

1992, conférence de Dublin...

L'eau est définie comme «bien économique». Depuis, l'appétit des industriels et financiers s'aigüise [91]. L'objectif annoncé est celui d'une appropriation de la ressource. Donnant suite à une première étape de conquête des marchés (partenariat public-privé), les stratégies des entreprises s'appliquent désormais à tous les services garantissant l'usage de l'eau (de la distribution à l'assainissement) pour les besoins énergétiques, industriels, agricoles, et bien-sûr humains [92]. Dans un contexte d'urgence environnementale mondiale, prétendre permettre l'amélioration de la gestion de la ressource ouvre bien des portes...

On assiste ainsi actuellement au déploiement massif de nouveaux process et technologies sophistiquées, protégés par normes et brevets et appliqués aux besoins de la potabilisation (technologies membranaires, dessalement de l'eau de mer, etc.), de la gestion des stocks (recharge artificielle des nappes, transferts massifs d'eau), ou de l'assainissement (voir précédemment). Le recours à de telles technologies s'impose également grâce à des

réglementations de plus en plus exigeantes.

Le risque environnemental légitime ainsi une privatisation toujours plus importante de la gestion de la ressource en eau, devenant un véritable *biocapital* [92].

Par de telles orientations, l'accès à une ressource de qualité restera bien évidemment inenvisageable dans les régions où survivent des milliards d'êtres humains avec moins de un dollar par jour [93].

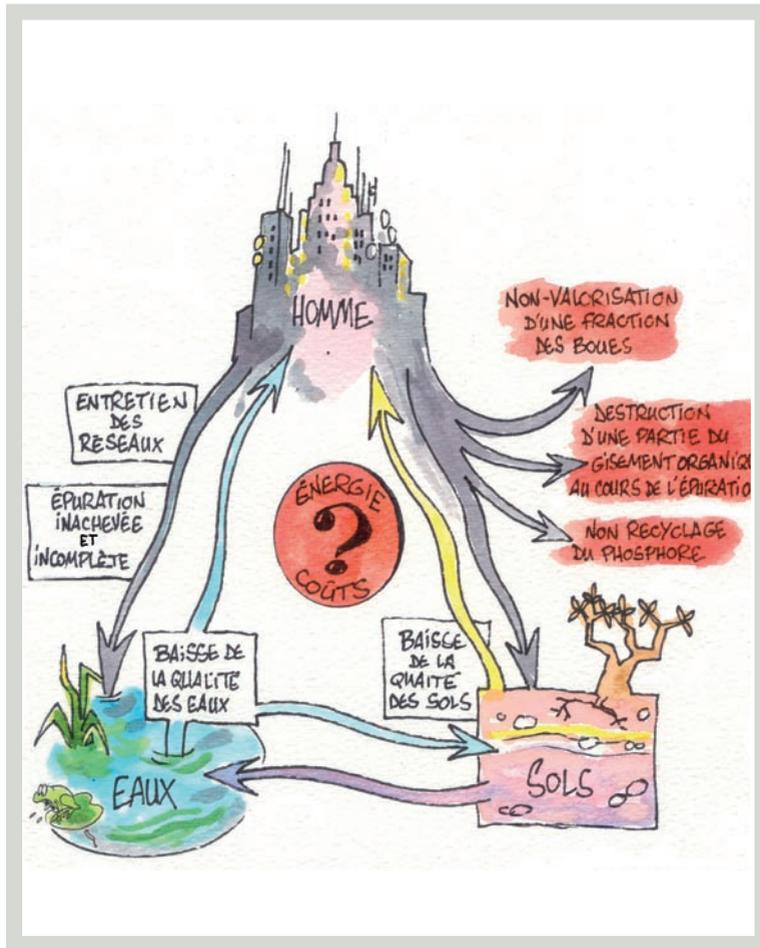
Ailleurs, y compris dans les pays les plus riches, une substitution généralisée de multinationales prestataires aux gestionnaires traditionnels de l'eau est à craindre. Le contrôle de la ressource échapperait définitivement à la collectivité. Les technologies de l'eau deviendraient responsables de nouvelles inégalités locales, instaurant un accès différencié à la ressource, fonction des moyens financiers des usagers. Quittant définitivement son statut de patrimoine de l'humanité devant être collectivement préservé, essentielle à la sécurité du «vivre ensemble» au niveau mondial [94], l'eau deviendrait une marchandise : un produit de consommation, et plus encore un produit de luxe par son niveau de qualité.

Au pied du mur...

En France, face à ces perspectives, de nombreuses voies s'élèvent contre une omniprésence de quelques sociétés, par ailleurs leaders mondiaux du secteur de l'eau. Tandis que des personnalités politiques et responsables des multinationales sont parfois proches, voire confondues, et que des cas de corruption sont mis à jour [95], une résistance s'organise et soutient le retour en régie de l'assainissement.

Aussi pertinents soient-ils, ces retours ne garantiront pas pour autant à l'assainissement des performances durables. L'urgence environnementale imposera aux collectivités, de la même façon, une utilisation toujours plus poussée de dispositifs techniques.

Face aux graves problèmes de qualité des eaux et des sols auxquels il est de plus en plus confronté, l'assainissement conventionnel fait un pari, celui de progrès technologiques suffisamment rapides et généralisés pour endiguer à temps les dégradations dont il est responsable... et ce, malgré l'insuffisance évidente des ressources financières et logistiques des populations.



Construire l'alternative

Nous avons constaté dans les précédents chapitres que l'assainissement conventionnel conduisait à une impasse. Dès lors une nouvelle approche s'impose : mise en oeuvre d'équipements et de techniques innovantes, nouvelle conception de filières et de gestion de territoires. L'assainissement écologique offre ainsi une réelle alternative.

Changement de paradigme

Nous serions-nous trompés ?

L'idée que les déjections sont des déchets sans utilité est un malentendu moderne. C'est la racine des problèmes de pollution qui résultent de l'approche conventionnelle de l'assainissement.

Agence Suédoise Internationale pour le développement²¹

Et si l'impasse de l'assainissement conventionnel était avant tout conceptuelle ?

Revenons sur quelques-uns des constats précédents.

50% des matières oxydables, 90% de l'azote et 75% du phosphore contenus dans les eaux usées proviennent des eaux *noires* [96]; c'est à dire, pour l'essentiel, des excréta humains. Une majeure partie des efforts de l'épuration se concentrent sur ces catégories de polluants. En simplifiant, disons que le tout-à-l'égout met en eau les matières que l'épuration s'efforce ensuite de retirer. Les matières extraites des eaux après avoir formé des boues, sont reconduites pour partie au sol par l'épandage.

Quelles que soient les performances d'une filière, des toilettes aux champs, que de chemin parcouru!

Tandis que l'assainissement conventionnel patauge dans l'amélioration coûteuse et incertaine de ses performances, des promoteurs d'une approche alternative posent un nouveau paradigme.

Les excréta humains ne doivent ainsi plus être considérés comme déchet à évacuer, mais comme matières à valoriser. « Notre sécurité alimentaire à long terme ne se conçoit que dans l'autonomie énergétique de l'agriculture et dans le recyclage complet de tous ses produits » [97].

Le mélange des excréta aux eaux usées domestiques, par le tout-à-l'égout, restreignant fortement les possibilités de valorisation matière et justifiant dans le même temps l'essentiel des travaux d'épuration, est à reconsidérer...

Abandonnée depuis l'avènement du tout-à-l'égout au XIX^{ème} siècle, la collecte dissociée des excréta humains et des eaux domestiques s'impose aujourd'hui comme véritable alternative, nouveau point de départ pour un assainissement véritablement durable.

D'abord une solution d'urgence

Septembre 2000...

Les Nations Unies proclament huit défis pour l'humanité, huit objectifs qui devront être ceux du millénaire, dont la réduction de la mortalité infantile, l'éradication de plusieurs maladies et la gestion durable de l'environnement.

Plusieurs actions sont planifiées. Rapidement, l'accès des populations à l'eau potable et l'assainissement s'imposent comme clé commune à ces trois objectifs, et concentre l'essentiel des attentions. Actuellement, l'absence d'accès à l'assainissement provoque chaque année la mort de deux millions d'enfants par diarrhée, tandis que le choléra, la typhoïde et la parasitose ravagent des régions entières [98].

Cette reconnaissance de l'urgence en matière d'assainissement a motivé l'expérimentation de dispositifs adaptés aux pays pauvres. Développées dès les années 90, des filières d'assainissement dits «écologiques» sont rapidement privilégiées pour leur pertinence environnementale, leur simplicité, et bien évidemment par l'impossibilité financière de nombreux pays de développer le tout-à-l'égout. En pratique, les excréta humains sont collectés indépendamment des eaux domestiques. Ils sont ensuite traités/transformés, puis valorisés sur des sols agricoles locaux. Cette approche s'impose dans plusieurs régions d'Afrique,

in Assainissement écologique, 1998

d'Amérique du Sud et d'Asie.

Le réseau EcoSan, pour la promotion et le partage des connaissances, fédère la grande majorité des organismes mondiaux de l'assainissement écologique : l'agence Internationale Suédoise pour le Développement (SIDA), l'agence allemande pour la coopération technique (GTZ), l'UNICEF, le Programme de Développement des Nations Unies (UNDP), le programme pour l'eau et l'assainissement de la banque mondiale (WSP), l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS), l'Union Européenne, le Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût (CREPA) et les agences de coopération norvégiennes, autrichiennes et suisses.

En parallèle, l'OMS publie de nombreuses études scientifiques [99]. Le Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF) soutient plusieurs programmes de recherche et actions de communication [100]. Le Water Supply & Sanitation Collaborative Council (WSSCC) lance en 2004 sa campagne WASH [101].

2008 est déclarée année internationale de l'assainissement par les Nations Unies, afin que s'accélérent les prises de conscience et la poursuite des objectifs du millénaire. D'ici 2015, le nombre de populations n'ayant pas accès à l'assainissement doit être réduit de moitié, ce qui implique la mise en place de 95 000 nouveaux dispositifs par jour [102].

Au delà de l'urgence

Cette nouvelle approche de l'assainissement ne doit pas uniquement se contenter de répondre à l'urgence sanitaire des pays pauvres. Si les problèmes de salubrité et de mortalité infantile ne sont plus ceux des pays industrialisés, l'urgence écologique, de qualité des eaux et des sols, est mondiale. Le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) reconnaît aujourd'hui que la pertinence du tout-à-l'égout, c'est à dire du mélange des effluents domestique, est à ré-évaluer [103].

Les excréta humains ne peuvent durablement être gérés comme des déchets, évacués par de l'eau.

La Suède [104], la Suisse [105], les Pays Bas [106] et l'Allemagne [107] sont engagés dans plusieurs programmes de développement ou de promotion de l'assainissement écologique. En France, à quelques rares études près [108], cette question reste l'exclusivité de milieux associatifs. Si un récent rapport de l'Ifen y fait discrètement allusion [109], aucun organisme scientifique n'a encore été mobilisé.

Une utopie ?

Anticipons ici tout débat sur la faisabilité et l'acceptabilité de telles filières dans nos régions. Des sites, quartiers, bâtiments fonctionnent dores et déjà chez nos voisins européens ! L'exemple de Gebers, en banlieue de Stokholm, illustre ici quelques unes des possibilités induites par une approche d'assainissement écologique.

Gebers, est un projet référence à l'échelle internationale. Il a notamment inspiré un vaste programme expérimental chinois [110].

A la fin des années 90, vingt cinq familles acquièrent une ancienne maison de convalescence, et en entreprennent l'éco-rénovation.

Aujourd'hui, le bâtiment héberge 80 personnes, occupant une trentaine d'appartements.



Photo n° 1 : Gebers

Lors de la rénovation, des équipements d'assainissement écologique ont été intégrés au bâtiment, malgré les fortes contraintes architecturales.

Des toilettes sans eau avec séparation des urines équipent ainsi tous les appartements.

A l'aplomb de chaque appartement, des conduits verticaux dirigent les matières fécales vers des containers situés dans un vaste vide-sanitaire souterrain, creusé lors de la rénovation.

Un système de ventilation commun place l'ensemble des conduits et containers en légère dépression. Cette ventilation prévient la remontée de nuisances olfactives et accélère la déshydratation des matières fécales.

Les quantités de matière collectées par les containers sont ainsi d'environ 3kg par mois et par personne.

Le contenu est régulièrement évacué sur une plateforme de compostage, placée aux abords du bâtiment.

Les urines sont quant à elles dérivées au niveau de la cuvette des toilettes, puis dirigées vers des tanks souterrains par un réseau de canalisations.

Un conduit extérieur permet la vidange des tanks. Les urines sont régulièrement transférées vers un site de stockage communal, par un véhicule de vidange.

Après traitement, les urines sont valorisées en tant que fertilisant, sur des parcelles agricoles alentours.

Le raccordement du bâtiment au réseau d'assainissement collectif a été maintenu, uniquement pour les eaux grises. Un projet d'assainissement autonome (sur site) est en cours d'autorisation. La présentation de ce site pilote témoigne de la possibilité d'implan-



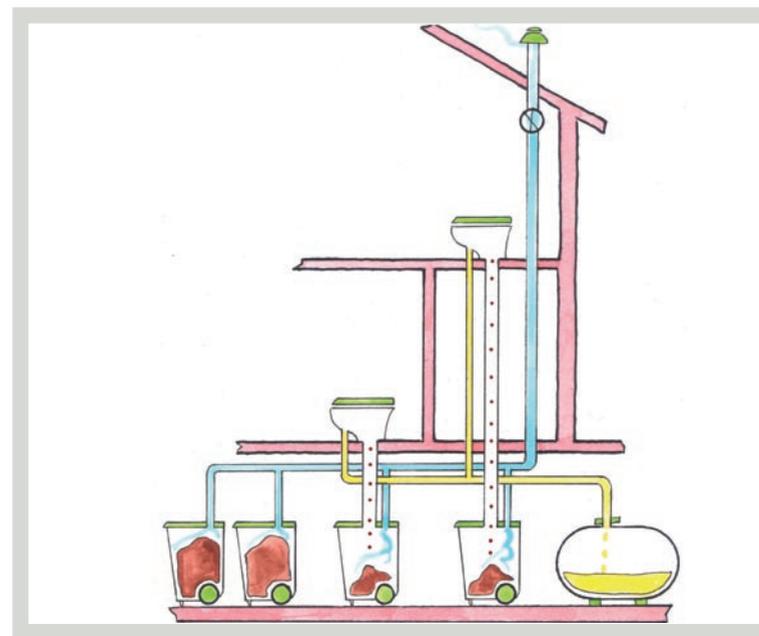
Photo n°2 : site de stockage des urines

ter l'assainissement écologique dans nos régions.

Rappelons que les situations d'urgence sanitaire que connaissent les pays pauvres ne doivent pas être la seule motivation au déploiement de telles alternatives à l'assainissement conventionnel.

Toutefois, les équipements adaptés au contexte de Gebers ne le seront pas nécessairement dans d'autres circonstances. L'approche écologique de l'assainissement invite à intégrer les multiples spécificités d'un site lors de la conception d'une filière. Pour cette raison on assiste actuellement à une forte diversification des techniques. Les pages à venir inventorier quelques unes d'entre elles, appliquées à la collecte, au traitement et à la valorisation des excréta.

Schéma de principe des installations de Gebers



Collecter

En assainissement écologique, les excréta humains ne sont plus évacués par le tout-à-l'égout, mais collectés indépendamment, bien souvent sans eau ! Utilisés à différentes échelles, individuelles ou collectives, et dans plusieurs pays, de nouveaux systèmes de toilettes ont alors été mis au point, héritage de premiers dispositifs datant de... 1838 [111]!

Doit-on séparer urine et matières fécales ?

La séparation des eaux domestiques et des excréta est pilier de l'assainissement écologique. En revanche, celle des urines et des matières fécales provoque de nombreux débats. Doit-on collecter les deux excréta ensemble, ou au contraire les séparer, pratiquer le «tri sélectif» ?

Bien souvent, les partisans du mélange souhaitent voir l'intégralité des déjections humaines impliquée dans une valorisation biologique, par compostage (nourrir les sols avant tout). En revanche, la promotion de systèmes séparatifs - collecte des urines d'un côté et des matières fécales de l'autre - se fonde sur une gestion plus sûre (le confinement des matières fécales limite le volume de déchets contenant des pathogènes) et plus aisée (moins de volume, vidanges espacées de matières homogènes...). C'est là l'orientation privilégiée par les organismes internationaux impliqués dans le développement de l'assainissement écologique. Mais une fois encore, tout dépend des compatibilités entre la méthode de traitement des excréta et celles de valorisation.

Une vaste gamme de toilettes

Des industriels fabriquent et vendent depuis une cinquantaine d'années des équipements plus ou moins sophistiqués, s'adaptant à tous les climats, spécificités économiques et culturelles. Des ouvrages très complets font l'inventaire des dispositifs existants [112].

GTZ met à disposition une multiplicité de fiches techniques et de plans inhérents aux différents systèmes de toilettes à déshydratation, à compostage, urinoirs séparatifs ou systèmes sous vide, ainsi que des listes de fournisseurs [113]. Les expériences d'auto-construction en Afrique pourront inspirer les particuliers les plus bricoleurs [114].

1- Équipements sans eau, non-séparatifs

Si la séparation urine - matière fécale n'est pas l'objectif poursuivi, les équipements peuvent être réduits au plus simple. La toilette à litière biomâtrisée ou TLB, encouragée par J. Orszagh [115], est le système le plus rustique, et, paradoxalement, le mieux (seul ?) connu en France.

Matières fécales et urines sont collectées dans un réceptacle, généralement un seau en inox. A chaque utilisation, des matières carbonées, souvent de la sciure, sont ajoutées. Absorbant l'humidité excédentaire, cette dernière autorise une bonne oxygénation des matières, bloquant les réactions chimiques responsables du développement d'odeurs. Elle équilibre le rapport carbone / azote du mélange, condition indispensable au développement de réactions de compostage.

Le seau est vidangé régulièrement sur un espace extérieur dédié au compostage. Plusieurs mois à quelques années sont nécessaires à l'obtention de compost.

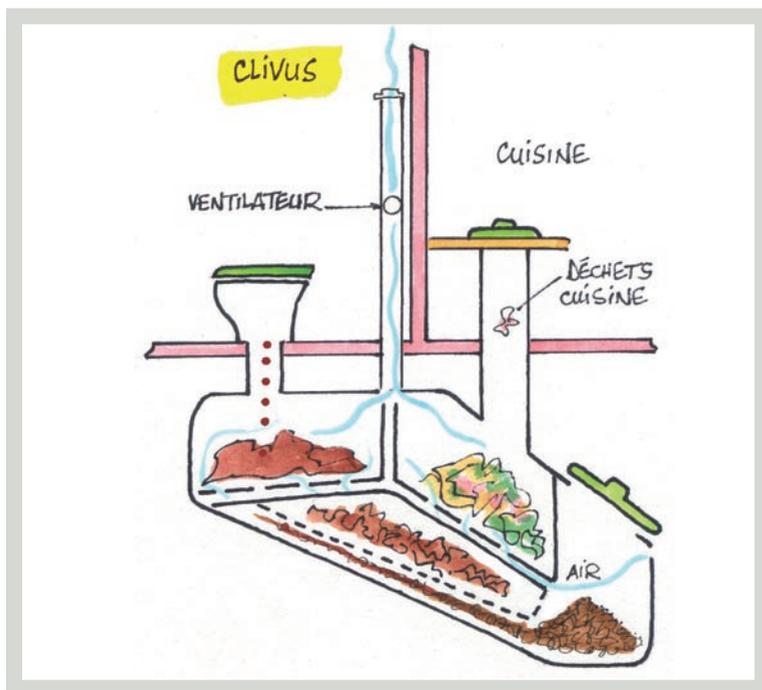
Très prisée par les réseaux militants pour sa simplicité de construction et son faible coût,



Photo n°3 : TLB

sa rusticité impose néanmoins une maintenance importante. Principalement réservée aux zones rurales, des systèmes urbains de TLB ont néanmoins déjà été imaginés [116].

Autre dispositif non séparatif, le Clivus Miltrum (ci-dessous) propose une fosse de compostage autonome. Le processus de décomposition interne réduit les volumes de matières à 10% de leur volume initial. Une vidange annuelle de 10 à 30 litres de matière est la seule manipulation nécessaire. Ces équipements manufacturés mobilisent en revanche d'importants volumes dans les bâtiments et sont généralement difficilement adaptables à de l'existant.



2- Équipements sans eau, séparatifs

La séparation se fait généralement au niveau de la cuvette, afin d'éviter la contamination pathogène des urines par contact avec les matières fécales. Des systèmes manufacturés de cuvettes, d'aspect similaire aux cuvette usuelles, sont distribués (telles celles équipant le projet de Gebers).

Les urines sont dirigées par gravité dans des tanks de stockage qui sont soit enterrés, soit placés à un niveau inférieur à celui des cuvettes. Des urinoirs sans eau ont également été développés.

Les matières fécales sont collectées à l'aplomb des toilettes, par un conduit vertical de grand diamètre. L'ajout de matières carbonnées n'est pas indispensable.

Des systèmes complets, intégrés et de faibles volumes existent. Cuvettes et réceptacles sont alors dans la même pièce. Ventilés et chauffés, ils permettent une réduction rapide des volumes de matières, et l'obtention d'un matériau sec, prêt à l'épandage. Leur consommation électrique limite généralement leur pertinence.

L'installation de systèmes séparatifs requiert plus d'attention quant à la maintenance des équipements. L'urine fraîche est une solution instable. L'urée qu'elle contient se dégrade très vite et conduit à une précipitation de calcium et de magnésium, dont les dépôts peuvent obstruer les conduits d'évacuation. La conception des canalisations et leur entretien doivent ainsi respecter certaines règles²².

L'utilisation de très faibles quantités d'eau pour l'évacuation de l'urine peut être envisagée. La dilution de l'urine doit néanmoins être la plus limitée possible.



Photo n°4 : cuvette séparative



Photo n°5 : système séparatif

²² Voir fiche technique n°4

3- Équipements à eau, séparatifs ou non

Alternative aux perturbants dispositifs sans eau, des équipements intermédiaires proposent l'utilisation de chasses d'eau économes et pressurisées. Des canalisations sous vide aspirent les matières fécales (et les urines dans le cas d'une non séparation) associées à de faibles volumes d'eau de rinçage. Des contenants de stockage, placés près de centrales d'aspiration, collectent les effluents. De tels systèmes technologiques exigent de coûteuses installations et une maintenance importante.



Photo n° 6 : vacuum

4- Équipements publics

En France, plusieurs sociétés proposent aux collectivités des équipements pour des sites publics et/ou éloignés des réseaux [117]. Certains sont entièrement autonomes [118].



Photo n° 7 : système saniverte-extérieur



Photo n° 8 : système saniverte-intérieur

Confort d'utilisation

Les équipements d'assainissement écologique sont souvent associés - à tort - aux latrines qu'utilisaient nos grands parents. L'image de la «cabane au fond du jardin», la crainte de voir se développer des nuisances olfactives ou des mouches, incompatibles avec les exigences de confort contemporaines, restent les principaux freins à leur développement.

Plus sensibles, il est vrai, à de mauvaises conceptions, constructions ou entretiens, le savoir-faire acquis par plusieurs années de développement permet aujourd'hui de désamorcer les dysfonctionnements.

Dans le cas de systèmes séparatifs, les principaux paramètres de contrôle des nuisances liées aux matières fécales sont l'humidité et l'aération. Des matières organiques placées dans des conditions d'humidité trop importantes ou pauvres en oxygène vont favoriser des réactions de dégradation anaérobiques (absence d'oxygène), responsables du dégagement de composés odorants. Le développement de mouches survient également lorsque l'humidité est mal contrôlée.

Une ventilation naturelle ou forcée provoque une déshydratation rapide très efficace des matières fécales.

Les urines peuvent quant à elles libérer de l'ammoniaque au cours de leur dégradation. Dans le cas d'une collecte séparative de l'urine et de leur stockage dans des tanks enterrés, de simples dispositions techniques permettent d'éviter les remontées d'odeurs par les canalisations²³.

Le fonctionnement de systèmes non séparatifs est plus délicat. L'uréase, enzyme contenue dans les matières fécales, accélère la dégradation de l'urine et le dégagement d'ammoniaque. L'ajout de matériaux absorbants (sciure) devra être suffisamment important pour limiter l'humidité et permettre un milieu peu compact, bien aéré. Les réactions de compostage, inodorantes, s'imposeront alors sur les réactions de dégradation. Un ajout de sciure en excès ainsi que des vidanges régulières garan-

23 Voir fiche technique n° 4

tissent, pour les systèmes de Toilettes à Litières Biomaîtrisées, un contrôle parfaitement satisfaisant des nuisances.

Quoi qu'il en soit, malgré les erreurs du début, les techniques de l'assainissement écologique sont aujourd'hui arrivées à un seuil d'acceptabilité très élevé. Plusieurs bâtiments, de différents standing, en sont désormais équipés. Au delà de nombreux équipements individuels [119], citons l'exemple d'un centre d'affaire en Allemagne [120], de l'Institut Unesco d'éducation pour l'eau au Pays Bas [121], des complexes résidentiels en Chine [122], etc.

De tels systèmes ne sont plus aujourd'hui l'exclusivité de populations en situation d'urgence, devant faire l'économie de pré-occupations de confort.

Un vide juridique

En France, peu de dispositions concernent l'assainissement écologique et ses équipements. Si l'installation d'un cabinet d'aisance est obligatoire²⁴, rien n'impose l'utilisation de systèmes de toilettes à chasse d'eau. A l'instar de n'importe quelle activité, l'absence de nuisances et de risques pour l'hygiène est exigée.

La réglementation de l'assainissement concerne ensuite une gestion des eaux usées domestiques. Or, les équipements précédemment décrits ne génèrent généralement pas d'eaux usées, mais des matières qu'il est bien difficile de caractériser juridiquement.

A l'instar des boues d'épuration, le statut des excréta humains oscille entre déchets ou fertilisants. Les définitions juridiques de boues d'épuration, de matières fertilisantes, de fumiers de ferme, ou encore des déchets organiques des ménages, peuvent y être appliquées sans jamais vraiment y correspondre [123].

Ces textes sont adaptés aux échelles industrielles. Aucune disposition juridique ne s'applique aux faibles volumes de matières

auxquels est confronté le particulier.

Des collectivités amenées à gérer d'importants volumes, supérieurs à 200 m³, pourront être soumises à la loi sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement²⁵. Le respect de la réglementation sur l'épandage des boues d'épuration²⁶ pourra également être exigé.

Un projet d'arrêté est en cours rédaction et amorcerait une reconnaissance des équipements d'assainissement écologique. Par un communiqué, le réseau National de l'assainissement écologique, regroupant une vingtaine d'associations, le juge néanmoins insuffisant pour répondre aux urgences actuelles²⁷.

Laisser le choix à l'usager

L'assainissement écologique impose à l'usager un remplacement des systèmes de toilettes à chasse conventionnels par des équipements dont le fonctionnement diffère. A moins d'un contrôle régulier dans chacun des foyers, l'acceptation de ces nouveaux équipements est seule garante de leur (bonne) utilisation.

En 2002, la municipalité de Norrköping (Suède) se donne pour objectif la récupération d'un minimum de 50% du phosphore contenu dans les excréta, réponse aux importants problèmes d'eutrophisation des eaux côtières auxquels elle est exposée. Une liste d'équipements, de coûts et standing variable, des plus rustiques aux plus technologiques, mais tous conformes aux ambitions municipales, est proposée aux usagers. Confronté à un objectif de résultats mais à une liberté de moyens, l'ensemble des foyers a pu choisir, avec l'appui d'une cellule de conseil, les équipements qui leur convenaient. Mieux adaptés, mieux acceptés, les équipements sont aussi mieux utilisés...

Car les dispositifs d'assainissement écologique peuvent être plus sensibles en fonctionnement et à l'entretien. En dépit

24 Code de la construction de de l'habitation, article R111-3

25 Voir la Loi 76-663 du 19 juillet 1976

26, Voir l'arrêté du 8 janvier 1998, relatif à l'épandage des boues d'épuration.

27, Voir fiche technique n°3

des avantages indéniables pour la qualité des eaux et des sols, conscience doit être prise que l'utilisation incorrecte des dispositifs peut se transformer en nuisances ou présenter des risques pour la santé.

L'usager doit alors prendre un rôle central. Attitude et engagement sont autant de clés déterminantes du succès. Pour se faire, les équipements doivent inévitablement atteindre un degré d'acceptation élevé.

D'une manière générale, il est recommandé la mise en place de projets pilotes expérimentaux, démonstratifs, à petite échelle, présentant différents équipements envisageables. Dans un même temps, une filière de valorisation et d'hygiénisation des excréta, adaptée aux contextes locaux, est progressivement définie tandis que la viabilité de la technologie est démontrée au plus grand nombre.

Chapitre 16

Hygiéniser

En évitant le mélange des déjections humaines aux eaux usées domestiques au moment de la collecte, l'assainissement écologique limite les effets de dilution / amplification des pollutions. Facilitée, la gestion du risque sanitaire liée aux excréta seuls doit néanmoins suivre de rigoureux protocoles avant toute valorisation agricole.

Pourquoi hygiéniser ?

1- Les germes pathogènes

Quatre groupes principaux de pathogènes sont présents dans les excréta humains: les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes. Les effets de ces différents organismes ont été exposés précédemment²⁸, et ont fait état de la nécessité d'une gestion du risque pathogène.

En réalité, ce risque est principalement lié aux matières fécales, contenant des milliards de germes par gramme. En climat tempéré, la probabilité de présence de pathogènes dans les urines est en revanche quasiment nulle [124], excepté dans le cas d'un contact avec les matières fécales au moment de la collecte.

S'ils se retrouvent dans l'environnement, les pathogènes provenant d'excréta humains ne meurent que très progressivement. Pendant une période de quelques jours à plusieurs années²⁹, le risque de contamination par différents vecteurs (contact direct, mouches, nourriture...) est élevé.

Une étude française a évalué le devenir des virus entériques sur les sols et les cultures maraîchères [125].

Si certains paramètres environnementaux accélèrent le temps nécessaire à la destruction des germes (sécheresse, luminosité...), le pouvoir hygiénisant des sols et de l'environnement reste lent et aléatoire. Le traitement des matières fécales avant leur utilisation est de ce fait indispensable.

2- Micropolluants minéraux

De nombreux éléments métalliques interviennent dans le fonctionnement des métabolismes humains. Ils sont donc présents dans les excréta, (principalement dans les urines), dans des proportions toutefois infimes. Les excréta sont ainsi de 50 à 1000 fois moins concentrés en métaux que les eaux usées générées par le tout-à-l'égout [126]. Dès lors, en assainissement conventionnel, le problème des micropolluants métalliques dans les eaux usées puis les boues d'épuration est pour l'essentiel imputable aux eaux grises³⁰.

Les teneurs en micropolluants métalliques dans les excréta

²⁸ Voir chapitre 5, Les effets indigestes du cocktail

²⁹ Voir fiche technique n°5

³⁰ Et bien sûr, aux eaux de ruissellement et d'industrie si la station les recueille

sont également très inférieures à celles des engrais chimiques ou de fumiers provenant d'élevages [127]. D'une manière générale, elles sont infiniment en deçà des limites réglementaires conditionnant l'épandage des boues [128].

3- Micropolluants organiques

Provenant de la nourriture ou de médicaments, une grande diversité de micropolluants organiques peut également être retrouvée dans les excréta (en majorité dans les urines).

S'ils se retrouvent en surface des sols, la plupart de ces micropolluants sont neutralisés par adsorption, volatilisation et biodégradation, sur des périodes variables [127]. D'une façon générale, le sol, piégeant ces molécules et les soumettant à une intense activité biologique, est infiniment plus apte à leur dégradation que les milieux aquatiques.

L'absorption de ces molécules par les plantes est peu probable [127], voir impossible [129].

Aux teneurs observées dans les excréta, généralement très faibles, les risques d'effets de ces micropolluants organiques sur l'environnement suite à un épandage peuvent être négligés [130]. Les concentrations en antibiotiques ou produits pharmaceutiques administrés au bétail et retrouvés dans les fumiers sont généralement plus élevées [130].

Et soyons réalistes... L'application de 2 à 3mm d'urine, contenant quelques nanogrammes de micropolluants, puis dilués par plusieurs centaines de mm d'eau de pluie produira des concentrations de micropolluants inférieures à celle d'eau parfois desservie à nos robinets.

Le risque de contamination de l'environnement ou de cultures par des micropolluants contenus dans les excréta humains est ainsi à relativiser, sous condition néanmoins qu'aucun produit domestique ne soit associé à la collecte (rejet de produits ménagers dans les toilettes). La sensibilisation des usagers est en ce sens indispensable, afin de réduire cette source potentielle de polluants. L'hygiénisation des excréta humains s'attache donc principalement à la destruction des germes pathogènes.

Comment hygiéniser ?

Le temps de survie des pathogènes sur les sols et les cultures exige que des traitements soient appliqués aux excréta avant leur valorisation. Les protocoles de destruction des germes reposent généralement sur un contrôle des quatre paramètres suivants³¹ :

- Température
- pH
- Humidité
- L'ajout de matière ammoniacale

En pratique, les différentes techniques de traitement combinent plusieurs de ces facteurs délétères en même temps. Ces techniques sont détaillées dans les fiches techniques 6-A et 6-B.

4- Traitement de l'urine :

A l'échelle d'une collectivité, lorsque de l'urine a été collectée séparément, un traitement préventif est recommandé, afin d'éliminer tout risque pathogène lié à une contamination croisée (contact accidentel avec des matières fécales).

Ce traitement consiste le plus souvent en un simple stockage en contenant étanche à l'air, permettant une élévation du pH de l'urine couplée à la formation d'ammoniaque.

A l'échelle d'un particulier, lorsque l'urine a été collectée séparément, aucun traitement n'est requis avant une valorisation agricole de l'urine.

5- Traitement des matières fécales :

Avec ou sans les urines, le simple stockage à température ambiante, pH et humidité ordinaire des matières fécales n'est pas une pratique sûre.

Des techniques d'hygiénisation modifient dès lors fortement un ou plusieurs des paramètres délétères. Le compostage et la méthanisation provoquent une hausse de température (couplée à

³¹ Voir fiche technique n°5

une compétition entre les micro-organismes). L'incinération couple les effets d'une hausse de températures à ceux d'une déshydratation. L'ajout d'urée provoque une hausse du pH. Etc...

Synthèse des protocoles de traitement expérimentés dans le cas d'une gestion collective

Traitements primaires (au cours de la collecte)		Traitements secondaires (après collecte, sur site dédié)
Mélange urine + MF		
Urine seule		Stockage Intégration progressive à un compostage Evaporation + stripping
Matières fécales seules	Ajouts d'urée / Chaux (optionnel) Déshydratation (optionnel)	Précipitation + adsorption Compostage / Lombricompostage Stockage (avec long délai, contrôle PH, Température et humidité) Incinération (en cours d'expérimentation) Méthanisation par voie sèche
Mélange urine + MF + eau de chasse (eaux Vannes)		Méthanisation (évacuation vacuum) Ajout d'urée (en cours d'expérimentation) Compostage (en cours d'expérimentation)

Synthèse des protocoles de traitement expérimentés dans le cas d'une région familiale

Traitements primaires (avant vidange des équipements de collecte)		Traitements secondaires (après vidange, sur site dédié)
Mélange urine + MF	Compostage interne (clivus)	Compostage externe (TLB) (Utilisation directe)
Urine seule		Intégration progressive à un compostage
Matières fécales seules	Lombricompostage interne (en cours d'expérimentation) Ajouts de cendre / Chaux (optionnel) Déshydratation (optionnel)	Compostage / Lombricompostage Stockage (avec long délai, contrôle PH, Température et humidité)
Mélange urine + MF + eau de chasse (eaux Vannes)		

Hygiène ou hygiénisme ?

L'état des connaissances proposé dans les fiches techniques 6-A et 6-B convainc des possibilités de gestion du risque sanitaire lors du traitement des excréta humains. L'assainissement écologique semble en définitive infiniment plus apte que l'assainissement conventionnel à répondre aux enjeux de santé publique

liés à ces matières (rappelons l'importance des charges pathogènes en sortie de station d'épuration).

Pourtant, les toilettes écologiques apparaissent bien souvent comme une technique rétrograde du point de vue de l'hygiène, en raison des manipulations des contenant de collecte qu'ils exigent. Ces perceptions reposent plus sur des considérations hygiénistes (loin des yeux!) que scientifiques.

A ces manipulations s'appliquent les mêmes règles d'hygiène fondamentales que celles qui font notre quotidien (se laver les mains, porter des gants lors de l'entretien...), sans aucun dispositif ni aucune consigne supplémentaire. Un simple prolongement de l'information et de la sensibilisation « conventionnelles » doit accompagner tout déploiement de projet d'assainissement écologique.

Pour cela, l'avenir devra miser sur l'éducation des populations plutôt que sur une course technique censée nous exonérer de tout risque sanitaire...

Chapitre 17

Valoriser

Après hygiénisation, la valorisation des excréta devient possible. Retour sur la composition de ces matières et sur les modalités de leur valorisation agricole...

Les excréta sont des ressources

Hors période de croissance active ou de gestation, un individu évacue tout ce qu'il ingère. Tous les nutriments nécessaires à

un humain sont donc présents dans ses excréta. Les quantités excrétées et celles nécessaires à la production de sa nourriture sont ainsi équilibrées [131].

Si la totalité de ces déchets métaboliques était recyclée en agriculture, l'épuisement des sols et l'apport d'engrais seraient fortement limités. Un retour intégral des excréta de la population française couvrirait la fertilisation de près de 2,5 millions d'hectares, soit le douzième de la surface agricole du pays, ou encore le sixième de la surface labourée [132]. Alors que 130 millions de tonnes d'engrais sont produits chaque année, un tiers des apports azotés et un cinquième des apports phosphorés pourraient y être substitués par un recyclage des matières [133]. En évitant l'extraction, la production et le transport d'engrais, les excréta sont également une source d'énergie potentielle (estimée par exemple pour l'urine à 900MJ par mètre-cube [136]).

Mais ces estimations restent théoriques. En pratique, un retour au sol des substances nutritives s'avère plus délicat. Les phénomènes d'érosion ayant limité les capacités des sols à fixer les substances nutritives, leur recyclage ne sera effectif que si celui-ci s'associe à une restructuration biologique, par un apport de matières sous forme organique.

Déjà évoqué synthétiquement au cours des précédents chapitres, la composition des excréta est présentée ici d'un point de vue agronomique. Quantité et composition sont des données éminemment variables, fonction de la physiologie des individus, de leur activité physique, de leur régime alimentaire etc. Les valeurs proposées ci-dessous sont issues de moyennes suédoises [134].

Potentiel agronomique annuel des excréta humains (en kg par an)

Paramètre	Urine	Matières fécales
Poids humide	550	51
Poids sec	21	11
Azote	4	0,55
Phosphore	0,37	0,18

La matière organique compose 75% du poids sec des urines et 93% des matières fécales [135]. 88% de l'azote et 67% du phosphore des excréta se retrouvent dans les urines.

La fraction digérée (minéralisée) des éléments ingérés est principalement excrétée par l'urine tandis que la matière fécale contient l'essentiel des fractions non digérées (sous des formes organiques).

Les excréta peuvent être valorisés sous deux formes : celle d'engrais (apport de substances nutritives), ou bien celle d'un fertilisant complet, engrais et amendement, selon le conditionnement des matières.

1- Nourrir les plantes

La valorisation «chimique» des excréta propose, à l'instar des engrais, un apport au sol de substances nutritives minérales solubles ou quasi-solubles, rapidement assimilables par les cultures, évitant l'utilisation d'engrais commerciaux miniers ou chimiques.

L'urine est, de ce point de vue, un engrais équilibré, liquide, analogue aux engrais azotés de synthèse. L'intérêt des matières fécales en tant qu'engrais est fonction des teneurs en azote, phosphore et potassium qui y sont contenus. Rappelons ici que « récupérer le phosphore des excréta sera cruciale pour les générations futures » [137].



Photo n°9

Comme lors de l'utilisation d'engrais minéraux classiques, la valorisation des excréta exige une évaluation des doses à appliquer, fonctions des besoins des sols et des cultures.

2- Nourrir les sols

Alors que mondialement, 25 milliards de tonnes de couches superficielles sont perdues par érosion chaque année [138], le retour au sol le plus large possible de matières sous des formes organiques est crucial. Les excréta humains peuvent en ce sens être employés à une restructuration biologique des sols.

Pratiquement, une stabilisation des matières contenues dans les excréta se fait par compostage associé à des matières fibreuses. Dans ce cas, l'urine et la matière fécale peuvent être associés au moment de la collecte.

Quoi qu'il en soit, l'urine et la matière fécale sont toutes deux des fertilisants complets de grande qualité. Le meilleur effet est obtenu en combinant leur application, mais pas nécessairement la même année au même endroit.

Les rendements de différentes cultures expérimentales fertilisées par des excréta [139] ont été évalués. Des recommandations d'épandage sont aujourd'hui proposées, valables autant pour un particulier qu'un exploitant agricole (voir fiche technique n°7).

Chapitre 18

Concevoir une filière d'assainissement écologique

La difficulté de la pensée complexe est qu'elle doit affronter le fouillis (le jeu infini des inter-rétroactions), la solidarité des phénomènes entre eux, le brouillard, l'incertitude, la contradiction.

Edgar MORIN³²

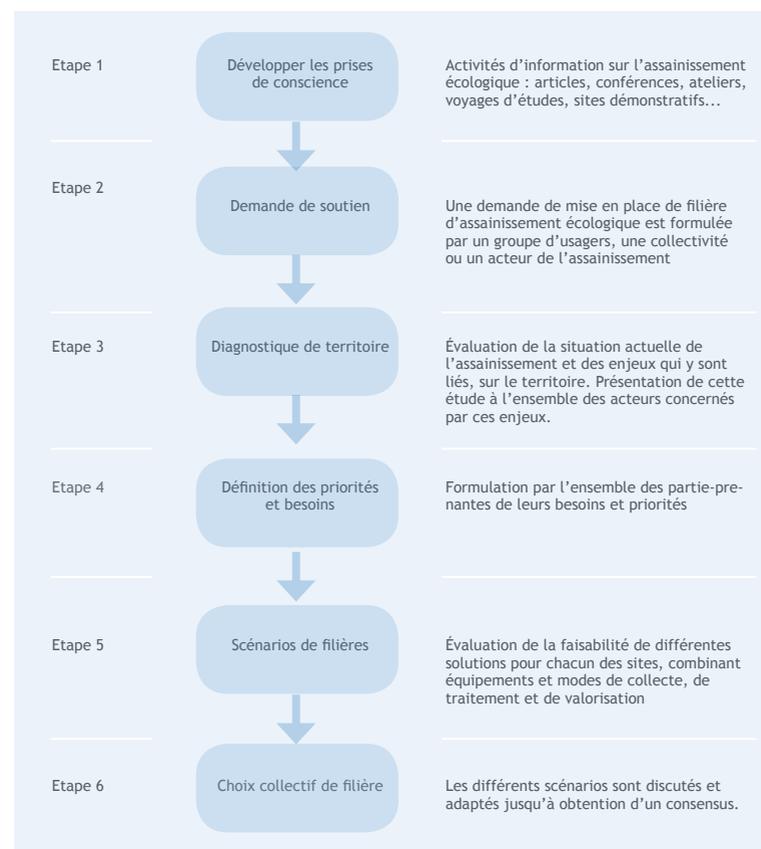
Malgré tout l'intérêt que présentent différentes filières pilote (telle celle de Gebers), leur reproduction à l'identique sur

d'autres territoires n'est pas concevable.

De nombreux échecs proposés par l'histoire du transfert des technologies s'expliquent précisément par l'empressement de planificateurs, par le manque d'attention porté à l'adaptation et l'appropriation de nouveaux dispositifs.

L'assainissement écologique bouscule les sensibles rapports de l'homme à ses excréta. Le développement de filières exige que du temps soit consacré à l'analyse et à la coopération entre les différentes parties prenantes. La gestion de l'assainissement de demain ne saurait, en ce sens, ressembler à celle d'aujourd'hui...

Expérimenté sur de multiples expériences internationales, un phasage des différentes étapes de conception d'un projet est proposé par EcoSan [140] :



32 In Introduction à la pensée complexe, éditions du seuil, 2005

Encourager la demande

Le principal obstacle au déploiement des systèmes d'assainissement écologique est bien entendu la fécophorie de nos sociétés, réponse culturelle au caractère malodorant et potentiellement dangereux des excréta humains.

Alors que certaines civilisations ont pendant des siècles valorisé les excréta en agriculture sans aucun traitement, n'intégrant que l'aspect fertilisant des matières, d'autres ont à l'inverse privilégié leur élimination rapide tels d'encombrants déchets. Aujourd'hui, l'assimilation par les populations du nouveau paradigme -la gestion des excréta comme ressource à valoriser - est point de départ du développement de l'assainissement écologique.

Plusieurs programmes pédagogiques étrangers ont ainsi pour objectif la mise en évidence de l'intérêt agricole des excréta.

En Suède, les initiatives pilotes sont multiples. A Nacka, les services techniques des jardins municipaux proposent la comparaison entre des parcelles recevant de l'urine et d'autres, uniquement de l'eau. Une exposition en centre pédagogique reproduit le parcours conventionnel des excréta, de la cuvette de nos toilettes jusqu'aux rivières. La création de deux personnages naïfs, Pee et Poo³³, symbolisant urine et matière fécale, offre depuis 2004 un support de communication efficace avec les enfants, aidant à briser les tabous.

En Suisse et en Allemagne, plusieurs sites démonstratifs pilotes avec toilettes à séparation des urines ont été installés. Les enquêtes montrent qu'après une sensibilisation au potentiel fertilisant de l'urine, une large majorité des utilisateurs se déclare prête à utiliser de tels dispositifs, ainsi qu'à acheter des produits alimentaires cultivés avec des fertilisants à base d'urine [141].

La fécophorie de nos sociétés n'est donc pas imparable. L'efficacité de simples approches démonstratives couplée à une découverte des enjeux de l'assainissement est régulièrement démontrée. Elles invitent les populations à redéfinir elles-mêmes les enjeux de l'assainissement.

Une échelle de réflexion locale

En 2000, le conseil de concertation pour l'approvisionnement en eau et l'assainissement (WSSCC) appelle à un changement d'échelle dans la gestion de l'assainissement et l'identification de ses objectifs : « La zone dans laquelle les problèmes d'assainissement écologique doivent être résolus doit être aussi peu étendue que possible (ménage, village, commune, région, bassin versant, agglomération...) » [142].

Les diagnostics de territoires doivent permettre l'identification des grands enjeux économiques, environnementaux ou agricoles. Car l'assainissement écologique, par la grande diversité des dispositifs qu'il propose, ne privilégie pas toujours les mêmes enjeux. Prenons deux exemples.

Dans une zone touristique ou exposée à des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, une collectivité pourra chercher avant tout à prévenir le transfert d'azote ou phosphore aux zones aquatiques sensibles. Après collecte et traitements, les excréta seront valorisés sous des formes stables (compost), plutôt que des formes mobiles (épandage d'urine).

A l'inverse, les zones agricoles ont généralement d'importants besoins en substances nutritives. La hausse annoncée des coûts des matières fertilisantes, pourrait favoriser une valorisation directe de l'urine, comme excellent substitut aux engrais commerciaux.

Quelques soient les solutions retenues, celles-ci devront être réponse à des enjeux locaux. L'approche de l'assainissement écologique exige ainsi une vision territoriale multiple et critique, une connaissance aigüe d'un écosystème, de ses eaux, ses terres et de leurs différents utilisateurs [143].

Vision généralement peu compatible avec celle de territoires administratifs...

La promotion de filières et équipements standards, définies par les personnes extérieures, se confronte au risque de la non-adaptation d'un programme d'assainissement à un territoire.

33 Voir www.peeandpoo.com

Impliquer les différentes parties prenantes

Le temps apparemment perdu en discussions stériles sera rattrapé s'il a préparé les esprits et si la décision prise est plus adaptée et surtout mieux appropriée et acceptée par tous ceux qui ont pris part à son élaboration.

Maurice BLANC, Centre de recherches sociales

Le réseau EcoSan préconise ensuite l'implication de toutes les parties prenantes dans la conception d'une filière d'assainissement écologique : gestionnaires de l'eau, organisme de santé, élus, techniciens, agriculteurs, usagers...

Pourquoi «encombrer» de la sorte les tables de discussion ?

Nous l'avons vu, l'approche de l'assainissement durable doit être systémique. Dès lors, si les enjeux sont reliés entre eux, les services et acteurs chargés d'y répondre ne peuvent agir de manière déconnectée!

Par ailleurs, la grande diversité des dispositifs de collecte, traitement et valorisation des excréta que propose l'assainissement écologique permet une adaptation de filières au delà des enjeux généraux d'un territoire. De multiples spécificités locales, hydrauliques, topographiques, climatiques, réglementaires, économiques, techniques, culturels, doivent être considérées.

Prenons de nouveau l'exemple d'un territoire agricole, choisissant de privilégier l'épandage d'urine. La forme sous laquelle ces urines pourront être épandues (liquide, conditionnement sous forme de poudre, intégrées à un compost ...) dépendra des cultures locales, des conditions climatiques, des équipements de collecte et d'épandage à disposition des exploitants agricoles et des motivations de ces derniers. La répartition des sites de stockage/traitement des urines et l'organisation des circuits de collecte devront être compatibles avec l'organisation du travail des exploitants agricoles. Etc...

Toutes ces spécificités d'un territoire, influençant la conception

d'une filière, ne peuvent être identifiées uniquement par quelques élus ou techniciens. Dès lors, « en accord avec les principes de bonne gouvernance, tous les acteurs doivent être représentés dans les processus de prise de décision [144].

« Le mode traditionnel de planification et de mise en place de systèmes centralisés qui ne prévoit pas la participation et la consultation des intéressés débouche généralement sur des solutions inacceptables à long terme [145]. »

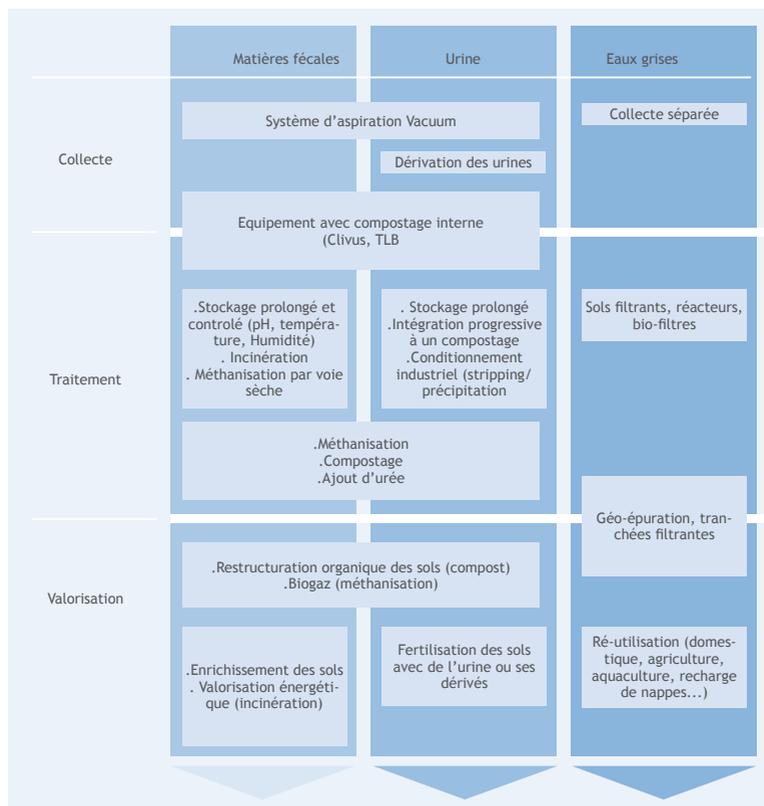
Plusieurs outils de décision participative, appliqués au déploiement de filières d'assainissement écologique ont été développés par différents organismes internationaux. Des schémas décisionnels verticaux («top-down»), classiques, s'articulent avec des démarches ascendantes («bottom-up») et construisent pas-à-pas une action collective complexe...

La recherche de la bonne combinaison

Après les premières étapes d'identification des enjeux locaux, la conception de filières d'assainissement écologique se heurte généralement à la difficulté de transcription des principes et intentions du départ en des équipements et procédés opérationnels. Ceci en raison de la multitude de dispositifs proposés par l'assainissement écologique :

- Le design des équipements de collecte concerne avant tout les usagers. Mais collecte t-on l'urine et les matières fécales ensemble, ou pratique t-on le « tri » des matières ? De l'eau pour l'évacuation est-elle exigée ? Souhaite t-on des équipements rustiques ou technologiques ? Quel niveau de maintenance est accepté ? Etc.

- La définition des équipements de traitement dépend des spécificités économiques et logistiques des territoires. Des traitements industriels (méthanisation), plus coûteux et exigeant d'être centralisés, sont à réserver aux zones denses. Selon les



climats, la déshydratation et le stockage ne sont pas toujours pertinents. Etc...

- Les agriculteurs sont généralement les principaux concernés par les équipements de valorisation. Mais le conditionnement des matières, leur quantité, les fréquences de collecte, les équipements à disposition (...) peuvent ils fonctionner avec le protocole de valorisation retenu ? Etc...

La conception d'une filière doit donc permettre la combinaison de dispositifs de collecte des excréta (les toilettes), de traitement (rendre les excréta sains), puis de valorisation (retour aux sols). Mais l'exercice est difficile ! Tous ces dispositifs ne sont pas

compatibles entre eux.

La déshydratation des matières fécales n'est par exemple pas possible dans le cas d'une collecte associée de l'urine.

Les possibilités de restructuration organique des sols sont limitées si un traitement par méthanisation est retenu. Et ainsi de suite...

Méthodologiquement, afin de parvenir à une bonne combinaison, plusieurs scénarios, répondant tous aux enjeux identifiés sur un territoire, sont explorés.

Après étude de faisabilité, tous sont discutés, confrontés et adaptés. Par itération, suivant des méthodologies de construction de consensus, une combinaison est au final retenue.

Évaluer sur le long terme

Que répondre aux inquiétudes quant aux coûts de la transition? L'effort semble colossal...

Aux coûts de transformation progressive de l'ensemble de nos équipements s'ajoutent ceux générés par la manipulation, le transport, et le stockage des matières, coûts qu'évitent traditionnellement le tout-à-l'égout.

Les premiers modèles économiques évaluent néanmoins les coûts de fonctionnement de l'assainissement écologique inférieurs à ceux de équipements actuels [146].

Les coûts d'entretien des canalisations, ceux des stations de traitement et la gestion des boues y seront, de toutes façons, incommensurablement supérieurs.

Enfin, si le seul indicateur d'évaluation de l'efficacité sociétale de l'assainissement est économique, disons que les coûts des impacts sur l'eau, les sols et la santé humaine restent inestimables.

Quid des eaux grises ?

Le futur est ouvert à la décentralisation. Tels les systèmes d'énergie, ce sera le cas de systèmes intégrés de l'eau.

R. Otterpohl³⁴

Par l'utilisation de toilettes écologiques, les déjections humaines ne sont plus associées aux eaux grises, provenant des cuisines, des douches, du lavage du linge. Ces derniers représentent de ce fait un risque sanitaire et environnemental considérablement réduit. Ceci ne les exempte néanmoins pas d'épuration.

La charge pathogène des eaux grises est infiniment moins importante que celle des eaux usées générées par le tout-à-l'égout, voir même que des eaux rejetées dans les milieux par les stations d'épuration [147].

Les teneurs en micropolluants organiques et minéraux restent en revanche liées aux comportements des usagers et aux choix de leurs produits domestiques. Quoique généralement peu élevées, elles peuvent accidentellement être plus marquée en cas de rejet de produits techniques (bricolage, jardinage...). Toute stratégie de gestion des eaux grises doit ainsi commencer par la promotion de produits écologiques, dont les coûts ne sont généralement pas plus élevés associée à une sensibilisation des usagers.

L'épuration des eaux grises seules est ainsi beaucoup plus simple que celle d'effluents formés par l'association d'eaux grises et d'eaux noires.

Éviter la construction d'un réseau de collecte...

Au sein même de zones nouvellement urbanisées, en zone d'ha-

bitat diffus ou éloignées des réseaux de collecte, des dispositifs de traitement des eaux grises seules, plus simples et moins coûteux, pourraient ainsi être développées. Une décentralisation des équipements serait permise, évitant les concentrations géographiques des polluants, et limitant les longueurs de canalisation.

En zone rurale, les faibles charges polluantes générées seraient confiées à des dispositifs autonomes. Sollicitant le pouvoir épurateur des sols, une simple infiltration ou l'irrigation de plantations non vivrières permettrait d'atteindre les exigences épuratoires. En climat sec, et lorsque l'infiltration est limitée, l'utilisation de lits d'évaporation serait possible.

En zone urbaine, la plus grande consommation d'eau et l'usage plus important de produits domestiques [148] compliquent la gestion des eaux grises. Les traitements par simple infiltration dans les sols ne sont pas envisageables. Parallèlement, les espaces limités contraignent au développement de dispositifs intensifs. Plusieurs étapes de traitement en plusieurs étapes seraient ainsi à mettre en place :

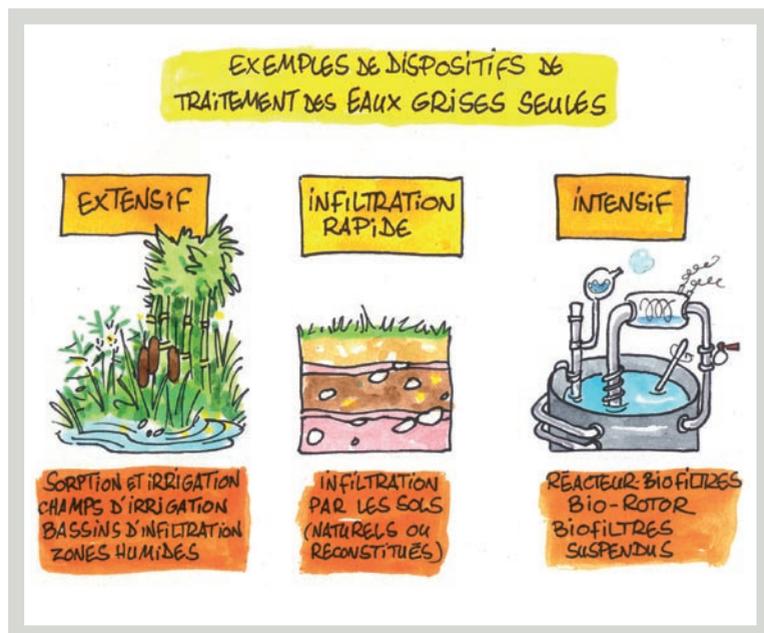
- Prétraitements : Extraction des pollutions non dissoutes par filtres, siphons ou bacs dégraisseurs, généralement suivis de fosses sceptiques.
- Abatement de la DCO (polluants biodégradables et/ou oxydables) sous l'action de micro-organismes et de réactions d'oxydation, généralement pas principe de biofiltre.

Au final, une multitude de techniques sont envisageables [149]. Les procédés extensifs mobilisent de grandes surfaces. En revanche, leur rusticité permet une faible dépendance énergétique et une maintenance aisée. A l'inverse, les dispositifs intensifs offrent des possibilités de traitement concentré, mais présentent les inconvénients habituels d'équipements technologiques.

Le choix des dispositifs se fera en fonction des surfaces et des sols disponibles, des ressources techniques mais également des conditions climatiques. (les dispositifs aquatiques, telles les sur-

³⁴ Département de gestion des eaux usées Domestiques et Industrielles, Université Technique de Hambourg-Harbourg

faces humides ou les bassins d'infiltration ne conviennent par exemple pas aux climats froids).



Des dispositifs saisonniers ont également été testés, sollicitant des mécanismes d'irrigation l'été et d'infiltration l'hiver, lorsque les risques de gel sont importants [150].

A noter qu'en France, plusieurs systèmes de filtres plantés ont été développés [151], mais restent généralement adaptés à des effluents contenant eaux noires et eaux grises.

Selon la perméabilité et les surfaces des sols disponibles, l'infiltration finale des eaux épurées n'est pas toujours possible, contraignant au rejet en cours d'eau ou la réutilisation pour l'irrigation. Des traitements complémentaires seront dans ce cas mis en place, afin de s'assurer de l'élimination totale des micropolluants et pathogènes.

S'adapter au réseau existant

Dans les zones disposant d'un tout à l'égout, des filières de collecte/gestion des excréta pourraient parallèlement être mises en place.

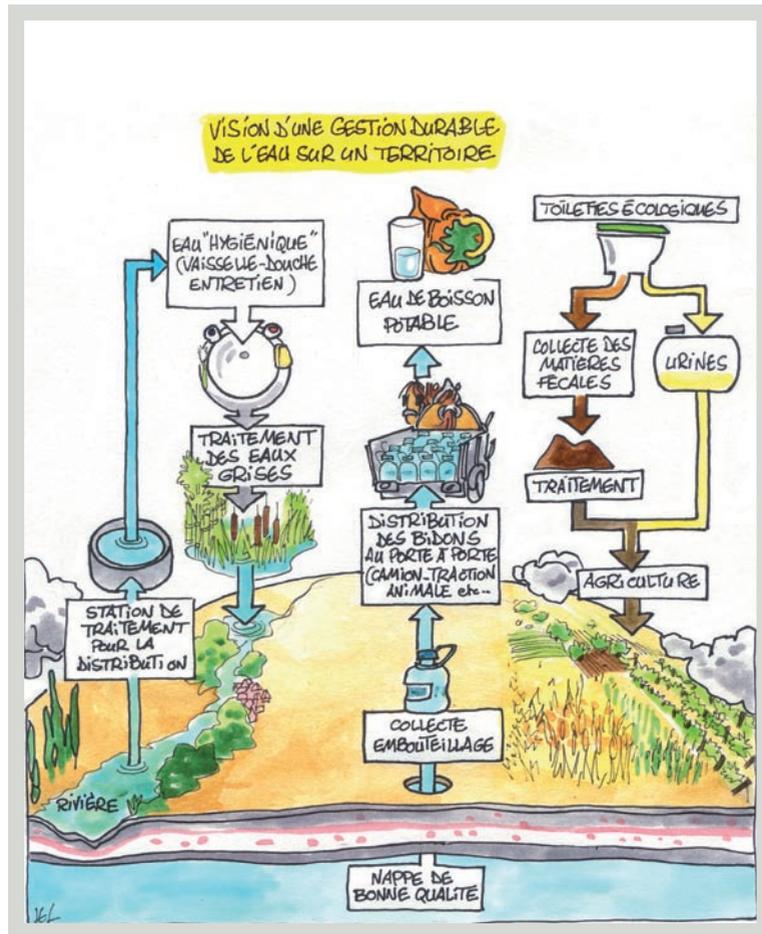
Les réseaux de canalisation d'eaux usées existants seraient maintenus pour la collecte des eaux grises seules. Les stations d'épuration devront alors subir des adaptations, afin de rendre leurs process de traitement plus spécifiques aux eaux grises. Elles pourraient par exemple devenir des stations de recyclage des eaux ménagères et produire une eau de « seconde qualité » [152].

Cette poursuite de l'utilisation des réseaux ne serait qu'une étape avant la décentralisation progressive des équipements. Néanmoins, ce maintien temporaire de l'usage des réseaux devra être économiquement évalué, tant les coûts de réhabilitation et d'entretien des canalisations seront difficiles à amortir en dehors de zones très densément peuplées [152].

Assainissement écologique et eau potable

La réduction des besoins en eau par l'installation de toilettes écologiques risque néanmoins de poser problème à nos réseaux d'alimentation en eau potable, surdimensionnés et non conçus pour supporter une baisse de charge hydraulique. « On se heurterait en effet très vite à un grave problème de contamination microbiologique, car toute réduction significative des volumes consommés entraînerait une contamination systématique de l'eau potable à cause de la stagnation dans les tuyaux qui se trouveraient de fait surdimensionnés ». L'eau délivrée au robinet ne pourrait ainsi plus répondre aux normes de potabilité. Ces considérations sont une véritable invitation à intégrer toute approche de l'assainissement écologique dans une révision plus globale - et tout aussi inévitable - de la gestion de l'eau [153].

Vision issue des travaux d'Anne Spiteri.



Conclusion

Révolutions culturelles

L'assainissement, dans ses pratiques actuelles, n'est - nous l'avons montré - absolument pas durable. Son fonctionnement et ses performances ne permettent pas d'envisager un maintien en état des ressources. Seule réponse à ce constat, une véritable course à la technologie est amorcée, marquée par une foi aveugle dans l'amélioration infinie des performances techniques de l'assainissement conventionnel.

Pour seules perspectives, nous voici alors condamnés à échanger nos craintes d'une dégradation de l'eau et des sols, pour celles d'une dépendance toujours plus forte à une multitude d'équipements industriels, de réseaux de canalisations et de prestataires privés ou publics, dont il faudrait assumer la charge financière croissante.

Ceux, convaincus par la faisabilité de cette perspective doivent néanmoins en évaluer le caractère soutenable. Réservé aux seuls pays riches, l'assainissement continuera par cette façon d'être une vitrine des inégalités, d'un Nord gaspilleur, pouvant polluer puisque payeur de mesures correctives, et d'un Sud - dont la moitié des populations ne dispose pas à ce jour d'un assainissement de base - condamné à développer ses propres solutions, économiquement supportables.

Pendant ce temps, au sein même des populations les plus riches, le risque de voir se développer de nouvelles inégalités est grand. Des charges financières de gestion de l'eau toujours plus importantes grèveront les budgets des foyers. La menace d'un accès différencié à l'eau, réservant les ressources de qualité aux plus aisés, est de plus en plus présente. Non plus reconnue comme patrimoine collectif, l'eau obtiendrait définitivement son statut de marchandise.

Pourtant, des alternatives existent. L'exposé des principes et dispositifs d'assainissement écologique proposé par ce travail permet de comprendre que cette fuite en avant technologique est évitable. Pour cela, le discours technique doit s'articuler avec celui de la raison, et amorcer plusieurs révolutions culturelles.

La condition humaine

La solution pour notre avenir ne peut venir que d'une meilleure compréhension du grand et éternel processus des forces naturelles. Le temps est aujourd'hui fini où l'on pouvait espérer le braver impunément.

Fairfield Osborn³⁵

« On ne va pas revenir en arrière... »

C'est de cette perception de retour en arrière qu'inspire l'assainissement écologique qu'il va falloir avant tout se défaire. L'inconscient fécophobe a imposé l'éloignement rapide de nos excréta, par un tout-à-l'égout et des toilettes à eau considérés comme l'irréversible progrès. Les avancées en matière d'hygiène, de confort et de santé publique ont été telles, qu'elles ont occulté tout débat sur la pertinence de l'utilisation de l'eau pour l'évacuation des excréta. Or, non content de provoquer une pollution des eaux de surface, ce principe impose l'épuration, interdisant pour partie un retour au sol de matières valorisables.

La crise du phosphore et la disparition de l'humus sont les premiers symptômes d'une mauvaise gestion globale des circulation matière, ceux des difficultés alimentaires sont à venir.

Gérer les excréta, non plus comme un déchet, mais comme une ressource... Ce nouveau paradigme introduit un profond bouleversement culturel. Car comment en sommes nous arrivés là? Inconsciemment, l'Homme a tenté de s'émanciper de grands équilibres naturels. Dérivant une partie d'un capital matière de

35 cité par Pierre Rahbi, in Graines de possibles, Calmann Levy 2005

circulations autorégulées, des substances nutritives et de la matière organique contenus dans les excréta et considérés comme inutiles, se sont vu condamnés à l'abandon, détruits, incinérés, enfouis...

L'inutilité est un concept anthropique. Celui de déchet également. N'est déchet qu'une ressource à laquelle on n'a su rendre sa place...

Aujourd'hui, les tentatives de réhabilitation des équilibres rompus par l'assainissement se multiplient. La valorisation des boues d'épuration conduit à la mobilisation désespérée de ressources techniques et financières. Mobilisations pour l'instant insuffisantes, puisque les dégradations imputables à une mauvaise gestion de l'assainissement surviennent à un rythme supérieur aux capacités correctives des avancées technologiques.

La foi dans les capacités de l'Homme à domestiquer (posséder plutôt que gérer) la nature s'ébranle. Le progrès ne permettrait donc pas de se soustraire indéfiniment aux lois d'équilibres en place ! L'Homme, élément d'un système, dont les parties ne seraient bien comprises que les unes par rapport aux autres et par le tout qu'elles forment, ne pourrait être pensé *hors* de la nature.

Ce bouleversement de convictions anthropocentriques se heurte aux accusations d'un nouveau totalitarisme, ou totalitarisme écologique, classique échappatoire au débat.

Pourtant, loin de soumettre l'activité humaine au carcan d'une nature sacralisée et intouchable, une nouvelle articulation entre dimension sociale et dimension environnementale du développement durable, entre négociation et conversation^[154], est indispensable.

Invitant chacun d'entre nous à repenser ses liens avec les différents compartiments de l'environnement, l'assainissement écologique et son bousculant paradigme pourraient ainsi être une parfaite introduction à une réévaluation de notre implacable

naturalité.

A bien commun, gestion collective

Les consommateurs ont-ils le souhait et la possibilité de prendre à l'avenir davantage de responsabilités ou les concepts d'assainissement décentralisés relèvent-ils de la pure fantaisie? (...)

L'assainissement change de cap, et c'est très bien ainsi.

Willi GUJER, membre de l'équipe directrice de l'EAWAG

A l'hyper-technologie centralisée, l'assainissement écologique propose de substituer de simples et petites unités autonomes de traitement (de l'eau et des matières), chose inenvisageable dans le cas de l'assainissement conventionnel.

Cette décentralisation des équipements pourrait également être celle des responsabilités. La reconnaissance des capacités de petites communautés - hameau, quartier, comités d'usagers etc. - à assumer collectivement la gestion de services déconcentrés éviterait la lourde prise en charge du fonctionnement global des équipements. Relayant les méthodes collectives de conception de filières, la gestion de la ressource et des équipements deviendrait elle-même, à son tour, collective.

Toutefois, souvent proclamée et ses mérites vantés, la gestion collective/participative reste généralement floue dans la description de ses modalités. Il ne s'agit pourtant pas d'un *concept* ou d'*intentions*, mais d'un *fonctionnement*, exigeant - nous l'avons vu - la construction de systèmes d'acteurs complexes, articulant le local et le national, la démocratie et l'expertise, la participation et la représentation.

D'excellents exemples de gestion participatives de l'eau existent. Issus d'expériences internationales, des témoignages courent court à tout débat quant à la faisabilité et efficacité de telles pratiques ^[155].

Les états, dépositaires de l'intérêt général, y remplissent gé-

néralement une fonction de régulation. Par leur conscience des enjeux globaux, ils définissent un cadre, des objectifs à poursuivre. En déléguant la mise en œuvre des moyens devant y répondre, ils renoncent à une prétention de normalisateurs.

Avec un rôle et des moyens renforcés, les collectivités impulsent et animent les échanges entre les différents acteurs d'une filière, les soutiennent (affectations de fonds, création d'emplois, soutiens techniques et expertises, sessions de formation etc.) ou surveillent et évaluent le fonctionnement des équipements.

Enfin, plusieurs modèles d'organisation des usagers, modèles de proximité, proposent différentes répartitions des responsabilités : association d'usagers, coopérative, fédération ... La mise en place de catalyseurs d'information, d'instances décisionnelles et de règles collectives, pour et par les usagers, conduisent à leur meilleure implication dans la gestion de la ressource, voire même à leur autonomie. Ces modèles de fonctionnement ne sont certainement pas transposables tels quels, sans des adaptations.

Néanmoins, « si un dispositif de régulation démocratique était institué dans le secteur de l'eau et de l'assainissement, sa dynamique serait susceptible de redonner sens au politique, par une capacité retrouvée à définir des orientations de long terme et à se dégager des manipulations permanentes » [156].

Envisagée comme telle, l'histoire de l'assainissement écologique serait alors (aussi) celle d'une réappropriation démocratique d'une partie de la gestion de l'eau, contribuant à désamorcer les pressantes menaces de transformation d'un patrimoine collectif en biocapital.

Au delà du durable...

J'appelle société conviviale une société où l'outil moderne est au service de la personne intégrée à la collectivité, et non au service d'un corps de spécialistes.

Ivan ILLICH

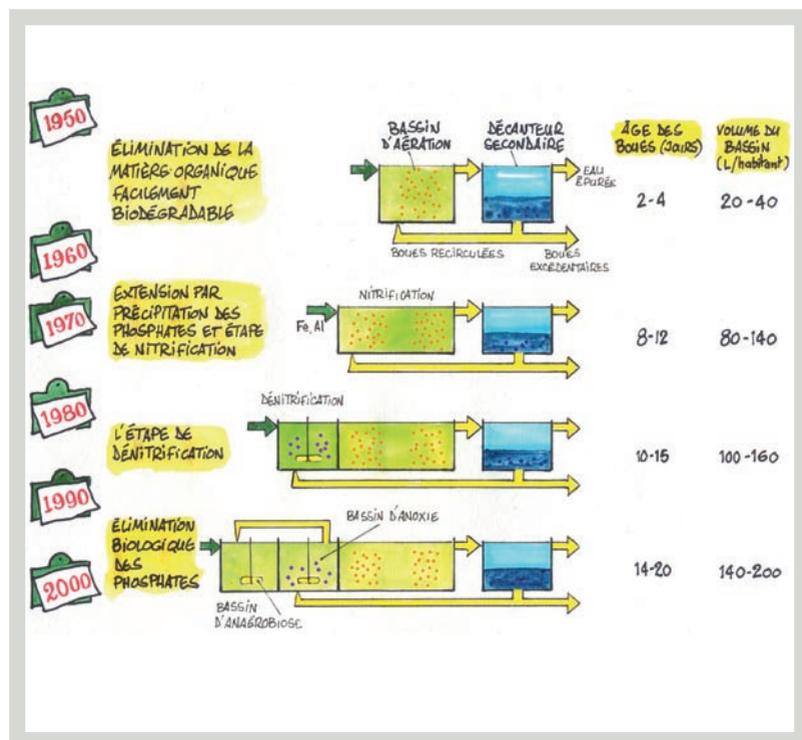
L'assainissement écologique ne doit pas dès lors pas être développé en tant que tel, mais plutôt comme partie d'un processus plus large, reconnaissant un certain pouvoir et une conscience plus grande aux populations, conduisant à une transformation au niveau de l'individu, du groupe et de la collectivité.

En cela, et par toutes les révolutions culturelles dont il se fait précurseur, l'assainissement écologique est opportunité, un formidable cas d'école, ambassadeur potentiel de toutes les promesses d'un développement véritablement durable...

Le coin des spécialistes

Fiche technique n° 1

Historique du procédé de boues activées



Fiche technique n° 2

Normes de rejet d'eaux traitées

Stations de capacité supérieure à 2000 EH

Pour les stations de dimensions importantes (supérieures à 2000 EH), les exigences épuratoires sont définies par un arrêté du 22 décembre 1994.

Deux niveaux d'objectifs sont distingués, en fonction de la sensibilité des milieux dans lequel l'eau dépolluée est renvoyée.

Pour les zones normales, les exigences portent sur les matières en suspension (MES) et sur les matières organiques (DBO et DCO). Pour les zones sensibles, des exigences s'ajoutent sur l'azote et le phosphore, afin que soient évités les risques d'eutrophisation.

Exigences épuratoires, stations de 2000 EH et plus

	Paramètre	Concentration maximale avant rejet	Rendement minimal de l'épuration
Zones normales: élimination de la pollution carbonée	DBO ⁵ Demande biologique en oxygène au bout de 5 jours	25 mg/L en moyenne journalière	- 70% pour une charge de pollution reçue entre 2000 et 100 000 E.H. - 80% pour une charge de pollution reçue supérieure à 100 000 E.H.
	Demande chimique en oxygène	125 mg/L en moyenne journalière	75%
	Matières en suspension	35 mg/L en moyenne journalière	90%
zones sensibles: élimination de la pollution azotée et phosphorée	Azote total	- 15 mg/L pour une charge de pollution reçue de 10 000 à 100 000 E.H. - 10 mg/L pour une charge de pollution reçue supérieure à 100 000 E.H.	70% en moyenne annuelle
	Phosphore total	- 2 mg/L pour une charge de pollution reçue de 10 000 à 100 000 E.H. - 1 mg/L pour une charge de pollution reçue supérieure à 100 000 E.H.	80% en moyenne annuelle

Stations de capacité inférieure à 2000 EH

Pour les stations d'épuration traitant moins de 2 000 équivalents-habitants, les exigences épuratoires sont déterminées par un arrêté du 21 juin 1996. Ces exigences varient en fonction des méthodes de traitement mises en place.

Les stations utilisant des traitements physico chimiques doivent éliminer 30 % des matières organiques biodégradables et 50 % des matières en suspension. Les ouvrages de traitement biologique ont deux possibilités: atteindre un rendement épuratoire d'au moins 60 % des matières organiques ou limiter à 35mg/L la DBO des eaux rejetés.

A noter que, lorsque les rejets se font en zones sensibles, les mêmes objectifs sur l'azote et le phosphore que ceux exigés des stations plus importantes s'appliquent aux petites stations .

Exigences épuratoires, stations inférieures de 2000 EH

	Demande biologique en oxygène au bout de 5 jours (DBO)	Demande chimique en oxygène (DCO)	Matières en suspension (MES)
Si traitements physico chimique	30%		50%
Si traitements biologiques	- Soit 60% - Soit 35 mg/l dans les rejets	60%	50%

Fiche technique n°3

Communiqué du Réseau National pour l'assainissement Écologique

Nous, structures françaises œuvrant au développement de l'assainissement écologique, souhaitons faire entendre notre avis sur le projet d'une nouvelle réglementation encadrant les aspects techniques relatifs à l'assainissement non collectif (arrêté ministériel devant remplacer celui du 06 mai 1996).

Les structures appartenant au Réseau National de l'Assainissement Écologique œuvrent chacune et depuis plusieurs années au développement de différentes techniques d'éco-assainissement pour une meilleure protection de la nature et de nos ressources. Ces travaux se mènent en marge d'une législation qui était jusque-là très rigide et qui ne permettait pas l'innovation. Nous considérons ce projet d'un nouvel arrêté comme l'occasion de faire reconnaître l'efficacité de l'éco-assainissement, toutefois nous sommes inquiets au regard des projets de texte dont nous avons eu la connaissance.

En effet, ce texte qui à première lecture semble apporter quelques avancées avec

notamment la reconnaissance des toilettes sèches, témoigne malheureusement d'une vision de l'assainissement dépassée que nous trouvons très éloignée de l'intérêt collectif. Nous souscrivons entièrement aux objectifs généraux que sont la non-atteinte à la salubrité publique, à la qualité du milieu récepteur et à la sécurité des personnes. Cependant le texte nous semble comporter certaines dispositions qui limiteront fortement les possibilités d'atteinte de ces objectifs.

Quelle justification à l'obligation de traitement commun de l'ensemble des eaux usées ?

Ce premier point est pour nous d'une importance capitale. Obliger les particuliers à mélanger leurs eaux vannes (provenant des WC) avec leurs eaux ménagères (venant des cuisines et salles de bains) ne nous semble pas plus légitime que de leur interdire de trier leurs déchets ménagers. Ces deux types d'eaux usées ont

des caractéristiques très différentes et un traitement séparé a de nombreux avantages :

- les organismes pathogènes, présents essentiellement dans les fèces, restent confinés au lieu d'être dilués dans l'ensemble des eaux usées, assurant ainsi une meilleure protection de la santé ;

- les eaux ménagères représentent environ 70 % du volume des effluents domestiques mais contiennent une pollution totale très faible, les eaux vannes ayant de loin la plus grosse charge. Elles peuvent être traitées par des techniques simples et peu coûteuses ;

- après un traitement adéquat les eaux ménagères peuvent être valorisées facilement au jardin entraînant des économies d'eau non négligeables. Il en est de même des urines et des fèces qui sont d'excellents fertilisants.

Beaucoup d'autres arguments techniques, économiques et sanitaires justifient un traitement séparé des différentes fractions de nos rejets domestiques. La séparation est un des piliers de l'écoassainissement. Elle est très simple à mettre en place pour des habitations individuelles mais est également envisageable pour des projets collectifs comme le

montrent de nombreuses réalisations en Europe et ailleurs. Il nous semble évident que c'est la voie que devra suivre l'assainissement dans les années à venir, qu'il soit collectif ou non collectif.

Non à la dé-responsabilisation des particuliers !

Reconnaître l'intérêt d'un traitement séparé pour les effluents domestiques a un impact considérable sur l'ensemble du texte de l'arrêté et en particulier sur les moyens à mettre en œuvre et les objectifs à atteindre.

Traiter en commun toutes les eaux usées domestiques est une tâche complexe et coûteuse : cela représente un gros volume d'eau fortement pollué et fortement contaminé. A l'inverse, un traitement différencié permet des techniques simples, adaptées à chaque type d'effluent et au lieu d'implantation. Pourquoi serait-il interdit de dévier les eaux de son évier vers une petite tranchée d'infiltration-irrigation assurant l'arrosage de quelques arbres fruitiers ? Ce type de mini-système de traitement apparemment rustique n'en est pas moins intelligent, efficace et très simple à mettre en place. D'autres systèmes tels que la phytoépuration ont largement fait la preuve de leurs performances épura

toires, analyses à l'appui. Il nous semble important que la réglementation laisse à ceux qui le souhaitent la possibilité de se renseigner, de se former, de proposer voire de réaliser eux-mêmes des solutions d'assainissement efficaces, adaptées à leur situation et à leurs moyens. Cela inciterait les particuliers à s'intéresser à ce sujet trop souvent oublié et participerait ainsi au développement d'une culture de responsabilisation de chacun vis-à-vis de ses impacts sur l'environnement.

A l'opposé de cette démarche, la logique des systèmes non collectifs conventionnels ne nous semble aller ni dans le sens de l'intérêt du consommateur de par leurs prix, ni dans celui d'une protection efficace de l'environnement au vu du bilan écologique de leur fabrication (terrassements lourds, transport ...), de leur fonctionnement (déplacements pour les vidanges, consommation électrique) et de leur devenir en fin de vie (mise en décharge, retraitement). Elle apporte peut-être une réponse à court terme aux inquiétudes de l'Etat vis-à-vis de l'impact des eaux usées domestiques des particuliers mais elle entretient une logique de déresponsabilisation des citoyens que nous ne saurions cautionner.

Nous n'appelons pas pour autant à une tolérance plus grande du législateur envers les systèmes écologiques. Un particulier faisant une telle proposition doit être en mesure de la justifier et de la défendre. Mais les SPANC ne sont-ils pas là pour apprécier la qualité de ces propositions ?

Quelques améliorations à apporter à l'article sur les toilettes sèches.

La reconnaissance des toilettes sèches est une avancée certaine de ce projet de texte, bien qu'elle soit faite prudemment, en ne leur donnant que le statut de filière dérogatoire. Il nous semblerait plus cohérent d'élargir la définition d'une installation d'assainissement aux systèmes assurant une collecte sans eaux des excréta humains.

L'article encadrant les toilettes sèches exige des modalités de gestion en contradiction avec le fonctionnement et les objectifs de ces systèmes : dans les toilettes à séparation des urines, les fèces ne sont pas forcément traitées par séchage (technique difficile à réaliser dans les conditions climatiques françaises et à faible potentiel hygiénisant). Il n'est pas non plus souhaitable d'exiger que les urines soient dirigées vers le reste des eaux

usées. C'est effectivement une des options possibles, mais d'autres solutions sont envisageables.

Nous souhaitons également rappeler que les aires de traitement des matières de vidange des toilettes sèches ne doivent pas nécessairement être étanches vis-à-vis du sol. On reconnaît bien à ce dernier un pouvoir épurateur permettant d'y envoyer chaque jour de gros volumes d'eau polluée et contaminée. Il se chargera sans problème du traitement des quelques litres éventuels venant des aires de vidanges pour toilettes sèches. Celles-ci sont, dans la plupart des cas, des aires de compostage et doivent pouvoir être en contact direct avec le sol qui héberge naturellement les organismes composteurs.

L'assainissement écologique, une solution durable et efficace !

L'assainissement ne se limite pas à la simple évacuation et au traitement d'un déchet qu'on appelle les eaux usées. C'est un processus important durant lequel les activités humaines doivent restituer à la nature ce qu'elles y ont prélevé, à savoir de l'eau, de la matière organique et des nutriments. Cette façon de voir les choses n'est pas une sim

ple vue de l'esprit mais un défi technique dont dépend la qualité de nos rivières, la potabilité de notre eau et la richesse de nos sols.

De nombreux spécialistes s'accordent aujourd'hui pour dire que notre gestion actuelle de l'eau et de l'assainissement n'est pas durable. Elle est basée sur une vision beaucoup trop linéaire qui gaspille honteusement des ressources non renouvelables (nappes phréatiques, nutriments dont particulièrement les mines de phosphore etc.) et ne rend pas aux terres agricoles la matière organique nécessaire à leur équilibre.

L'écoassainissement propose une approche beaucoup plus globale basée sur une réduction de la pollution à la source et sur une connaissance précise des rejets domestiques permettant un recyclage maximal (eau, nutriments, matière organique) voire une production d'énergie (par méthanisation) grâce au traitement séparé. Plusieurs techniques ont été développées pour mettre en œuvre ces principes, depuis des systèmes très simples comme les toilettes sèches jusqu'à des options plus techniques en milieu urbain.

Au vu des enjeux liés à l'assainissement et des doutes sérieux qui pèsent sur l'efficacité technique et financière et

sur la durabilité des systèmes conventionnels, nous invitons les pouvoirs publics à s'impliquer dans la connaissance et la diffusion des alternatives écologiques. Quelque soit le contenu final de l'arrêté, nous continuerons notre travail de sensibilisation auprès des particuliers et des collectivités locales.

Nous sommes bien entendu ouverts à toute proposition de collaboration pour aider au développement de l'écoassainissement.

RNAE, 1er octobre 2008

Structures signataires :

- Aquaterre
- Eau Vivante
- Ecolette
- Eco Toilettes
- Empreinte
- Fédération Corrèze-Environnement
- Les Gandousiers
- Humusséo
- Label Verte
- LightWater
- Naturalô
- Patrimoine eau naturel
- Réseau Aquatiris
- Terr'Eau
- Terhao
- Toilettes Du Monde -
- Vitalisons gaïa
- Humus 44
- Un petit coin nature
- Jeune Pousse
- Ecosphère Technologie

Fiche technique n° 4

Recommandations techniques liées à la collecte séparative des urines

Les principaux risques de mauvais fonctionnement des dispositifs de collecte des urines sont inhérents à la précipitation de calcium et de magnésium contenu dans l'urée et dont les dépôts peuvent obstruer les conduits d'évacuation.

Conception des équipements de collecte

Canalisations et tanks de stockage devront être en matériaux non corrosifs.

Dès lors qu'une canalisation collecte les urines provenant de plusieurs toilettes, un système de siphon est obligatoire pour chacune des cuvettes.

Sur de telles installations collectives, la section des canalisations sera d'au moins 75mm et une pente minimum de 1% sera observée. Des sections plus élevés (110mm) permettent d'éviter les risques de dépression (mauvais écoulement).

Des trappes d'accès, pour le contrôle et le nettoyage, sont à prévoir au niveau de tous les coudes.

Lorsqu'un système de canalisations ne collecte les urines que d'une seule cuvette, un siphon n'est pas indispensable. La section de canalisation minimale est de 25mm, la pente d'au moins 4%. Les coudes et zones de ralentissements des écoulements sont à éviter. La longueur des canalisations sera idéalement inférieure à 10m.

Le risque d'obstruction des canalisations est limité par un re

cours à des chasse d'eau à faible consommation (rinçage des compartiments de collecte des urines). Toutefois, ceci augmente les volumes des réservoirs de stockage.

Si les précipités peuvent obstruer conduites et siphons, il leur est en revanche impossible de se dessécher et de se fixer dans les réservoirs de collecte [157].

L'arrivée de la canalisation se fera au fond du tank.

Sur des longues canalisations, des trappes de ventilations (étanches à l'eau), réparties le long des conduites enterrées permettront d'équilibrer la pression et d'éviter la remontée d'odeurs par les cuvettes.

Au niveau des compartiments de collecte de l'urine, des «minisiphons» ont été développés. Contenant un liquide de densité inférieure à celle de l'urine, un bouchon naturel est maintenu en surface du siphon et interdit les remontées d'odeurs [158].

Entretien

L'introduction dans le réseau de canalisation, deux fois par an, d'acide citrique (>24%) ou de soude caustique (au moins 2 parts d'eau pour 1 part de soude), suivie immédiatement de 1 à 2 litres d'eau, prévient les risques d'obstruction [159]. L'acide acétique est également utilisable. Il sera plus efficace dans la dissolution des précipités provenant de l'urine, mais moins en cas d'obstruction par des cheveux ou des matières organiques.

L'utilisation d'acide baisse le pH de l'urine tandis que celui de soude l'augmente, favorisant une élimination des pathogènes éventuellement présents. L'entretien des canalisations avec des acides ne devra dès lors pas être exclusive et régulière.

Fiche technique n° 5

Hygiénisation des excréta humains : généralités

Pourquoi hygiéniser ?

Le tableau suivant reprend les temps de survie estimés des différents pathogènes dans les sols nus et cultivés [160]. A noter que ces temps de survie concernent de la même manière les boues d'épuration n'ayant pas subi de traitements hygiénisant.

Temps de survie des pathogènes (en jours)

Temps de survie des pathogènes en jours				
Traitement	Bactéries	Virus	Protozoaires*	Helminthes**
Sols	400	175	10	Plusieurs mois
Récoltes	50	60	Inconnu	Inconnu
Vidanges, fèces	90	100	30	Plusieurs mois

* Excluant le *Cryptosporidium Parvum*

** Surtout les *Ascaris*. Les oeufs et autres parasites tendent à mourir plus rapidement

Les paramètres d'hygiénisation

- **Température** : La hausse de température est la voie la plus efficace de destruction des pathogènes. Maintenu entre 50 et 60°C, la prolifération des bactéries est stoppée et la majorité des germes sont détruits en une trentaine de minutes. Au-dessus de 60°C, cette destruction est presque instantanée [161].

- **Le pH** : La plupart des germes préfèrent les milieux neutres, soit avec un pH voisin de 7. Élevé à 9, le pH réduit la charge pathogène avec le temps, mais pour une inactivation rapide un pH de 11-12 est préconisé [162].

- **L'humidité** : Un taux d'humidité inférieur à 25% permet une destruction rapide des pathogènes. Peu d'informations sur les temps d'inactivation sont toutefois à ce jour disponibles, et les comportements varient fortement selon les germes [163].

L'ajout de matière ammoniacale : La présence d'ammoniaque provoque la destruction ou l'inactivation des pathogènes [162] en même temps qu'une hausse du pH.

Fiche technique n° 6-A

Recommandations techniques liées au traitement des excréta à l'échelle d'une collectivité

Traitement de l'urine

A grande échelle, un traitement préventif de l'urine est recommandé, afin d'éliminer tout risque pathogène lié à une contamination croisée (contact accidentel avec des matières fécales). Un simple stockage en contenant étanche à l'air est considéré comme une option de traitement suffisante, grâce à une élévation du pH de l'urine (au delà de 9) couplée à la formation d'ammoniaque. La durée de stockage recommandée entre 4 et 20°C est de un à six mois, en fonction des cultures censées recevoir l'amendement [164].

Le traitement de l'urine par stockage est le seul réellement pratiqué à ce jour. D'autres techniques envisagées, comme l'exposition aux UV ou le traitement à haute pression [165], n'ont pas encore été testées.

Hygiénisation de l'urine par stockage

Température de stockage	Durée du stockage	Pathogènes susceptibles de résister au traitement	Culture recommandée
4°C	> 1 mois	Virus, protozoaires	Préparation des sols destinés aux cultures fourragères ou vivrières
4°C	> 6 mois	Virus	Préparation des sols destinés aux cultures vivrières ou épandage sur des sols avec cultures fourragères en cours *
20°C	> 1 mois	Virus	Préparation des sols destinés aux cultures vivrières ou épandage sur des sols avec cultures fourragères en cours *
20°C	> 6 mois	Probablement aucun	Toute culture **

* Sauf les prairies destinées à la production fourragère

** Pour les légumes destinés à être consommés crus, l'application se fera au moins un mois avant la récolte. L'urine devra être incorporée au sol si la part comestible est en surface

Traitement des matières fécales

Le simple stockage à température ambiante, pH et humidité ordinaire des matières fécales n'est en revanche pas une pratique sûre.

Des durées courtes de stockage peuvent éventuellement être admises lorsqu'un taux d'humidité de moins de 20% est atteint ou par une exposition des matières à des températures de plus de 45°C. Mais sous nos climats plutôt frais et humides, de telles conditions exigent une ventilation forcée, voire du chauffage. La déshydratation des matières fécales doit dès lors s'appliquer en priorité aux climats chauds et secs.

1- Avant manipulation des réceptacles :

En ville ou zone d'habitat dense, zones dans lesquelles un service de collecte des matières fécales est organisé, l'obtention rapide d'un produit partiellement déshydraté au cours de premiers traitements locaux (ventilation naturelle, chauffage solaire...) peut simplifier collectes et manipulations.

De même, l'ajout de cendre ou de chaux dans les équipements de collecte prévient les risques d'odeurs, réduit le taux d'humidité et propose un premier traitement efficace d'inactivation des pathogènes avant leur manipulation et transport vers de sites de traitements complémentaires.

Quoi qu'il en soit, ces traitements optionnels ne sont que préliminaires. Des traitements plus puissants doivent par la suite être sollicités.

2- Sur site de traitement :

Un stockage d'au moins six mois, avec maintien du pH au dessus de 9 par ajout de matériaux alcalins, combiné à une température d'au moins 35°C et à une humidité inférieure à 25% [166] offre des garanties sanitaires suffisantes. Une température moindre ou une humidité plus importante rallongent le temps nécessaire à une élimination complète des pathogènes.

L'ajout d'urée permet une combinaison de hausse de pH et d'augmentation de la concentration en ammoniacale. Du personnel formé doit être affecté à la manipulation de tels produits chimiques, réservant leur utilisation à des traitements à grande échelle.

L'incinération des matières fécales permet d'obtenir une chaux, riche en phosphore, potassium et micronutriments et exemptes de pathogènes. Elle provoque par contre la perte de l'essentiel de l'azote et des sulfates. Encore non évaluée, elle ne serait pertinente que transitoirement (en attendant le déploiement de meilleurs dispositifs), sous certaines conditions climatiques et sociales bien éloignées de celles rencontrées en France.

Le compostage d'importants volumes de matières fécales présente de très nombreux atouts, mais exige un suivi rigoureux de différents paramètres: équilibre du rapport matières azotées / matières carbonées, circulation suffisante de l'oxygène, taux d'humidité etc.. L'activité bactérienne qui s'y développe provoque une montée en température du compost, assurant une inactivation efficace des pathogènes. Le tableau ci dessous résume les différentes exigences des process de traitement connus [166] :

Technique d'hygénéisation des matières fécales à grande échelle

Traitement	Critères	Commentaires
Ajouts de matériaux alcalins	pH>9 pendant au moins 6 mois Température > 50°C pendant au	Températures > 35°C et/ou humidité >25%. Un pH moins élevé ou des taux d'humidité supérieurs prolongent les temps d'élimination
Compostage	moins une semaine	Recommandation minimale. Des temps plus longs sont requis si de telles températures ne peuvent être maintenues.
Incinération	Incinération totale (moins de 10% de carbone dans les cendres)	

Le compostage des matières fécales par vers de terre (lombricompostage) est également à l'étude [167]. Même s'il ne s'agit pas là de leur nourriture de prédilection, les vers transforment rapidement les matières en un produit stable. La destruction des pathogènes ne se ferait pas par montée de température, mais via le système digestif des vers.

Peu de données sur la méthanisation des matières fécales sont actuellement disponibles. Les installations se trouvent principalement en Allemagne. La méthanisation se pratique sur des matières très humides telles que des matières fécales évacuées par des systèmes de chasse d'eau conventionnels ou sous vide (système Vacuum), avec ou sans les urines.

Par une succession de réactions biologiques intervenant - contrairement au compostage - en milieu anaérobie (privé d'oxygène), la dégradation de matière organique produit du méthane, gaz pouvant être récupéré et utilisé comme combustible. Le digestat, résidu liquide de la méthanisation, majoritairement organique, est exempt de pathogènes et de micropolluants organiques (résidus médicamenteux etc.). Les micropolluants minéraux y restent sous des formes inassimilables par les sols [168].

A noter que le compostage, la méthanisation ou l'incinération permettent un traitement des papiers toilettes. Dans le cas d'une déshydratation, une collecte séparée du papier est préférable pour un épandage ultérieur. Oslo s'apprête ainsi à faire rouler ses bus à partir de biogaz, issue de la méthanisation des eaux noires de la ville. Les vertus écologiques du procédé seraient même économiques [169].

Les techniques à venir...

Des techniques de méthanisation par voie sèche, pouvant s'appliquer aux excréta collectés sans eau, sont actuellement en cours d'expérimentation. D'autres alternatives sont envisagées, notamment l'ajout d'urée à des eaux noires, collectées avec des dispositifs de toilettes conventionnels, ainsi que le compostage de ces dernières. De récentes études s'intéressent plus particulièrement à l'extraction des résidus pharmaceutiques des urines [170].

Fiche technique n° 6-B

Recommandations techniques liées au traitement des excréta à l'échelle familiale

Traitement des urines

Dans le cas d'une collecte séparative à échelle familiale, l'urine peut être appliquée sur toute culture sans délai de stockage, pourvu qu'un mois sépare l'application de la récolte [171]. Statistiquement, la probabilité de transmission accidentelle de pathogènes par contact entre les membres d'une même famille serait plus élevée que celle provoquée par des légumes du potager familial fertilisé avec de l'urine!

Traitement des matières fécales

Le stockage des matières fécales est envisageable en traitement unique à échelle domestique. A une température basse, de 2 à 20°C, un temps de stockage de 1,5 à 2 ans sera observé. Pour des températures plus élevées (20-35°C), une année sera suffisante. Si un pH supérieur à 9 est maintenu, associé à une température de plus de 35°C et une humidité inférieure à 25%, six mois suffisent à l'hygiénisation [172].

Bien maîtrisé, le compostage des matières fécales associées aux déchets alimentaires, mais sans les urines permet des montées en température suffisantes pour éliminer les pathogènes [173]. Sans les déchets alimentaires, le compostage des matières fécales est moins actif et la montée en température sous l'action des microorganismes généralement insuffisante.

Un lombricompostage interne aux toilettes est à l'étude sur des équipements individuels, en milieu urbain.

Le mélange matières fécales/urine obtenu par les systèmes type TLB permet difficilement de solliciter des réactions de compostage. Si la technique de compostage est mal maîtrisée, la dégradation d'un ensemble trop humide et compact fait intervenir des réactions de fermentations, déshydratation ou alcalinisation plutôt qu'une intense activité bactérienne de dégradation et transformation des matières [173].

Sans possibilité de valorisation des urines collectées séparément, la collecte associée matière fécale - urine est souvent une fatalité. Les systèmes de TLB restent alors les équipements les plus économiques. L'utilisation des matières après une longue période de compostage doit respecter certaines précautions (valorisation sur des sols ou des cultures non alimentaires, gants pour la manipulation...).

Fiche technique n°7

Recommandations techniques liées à la valorisation des excréta

Valorisation de l'urine

Utilisation : L'urine contient majoritairement de l'azote. Elle peut être utilisée pour fertiliser la plupart des cultures exigeant d'importants apports azotés (épinards, maïs, choux-fleurs... [174]. Les substances nutritives sont présents dans l'urine sous une forme ionique. Leur disponibilité et leur potentiel fertilisant est comparable aux engrais chimiques basés sur l'ammoniaque ou l'urée [174]. Une période d'un mois sera observée entre l'épandage et la récolte.

Doses : L'urine peut être appliquée pure ou diluée avec de l'eau, préférentiellement juste avant de semer ou pendant la première phase de croissance. La teneur à épandre dépend des sols, des cultures et des climats. A grande échelle, lorsque la concentration en azote d'un stock d'urine peut être déterminée, les doses et calendriers d'application des engrais azotés chimiques sont le meilleur point de départ pour élaborer un plan d'application.

Cette détermination n'est pas toujours possible. Par approximation, il sera considéré qu'une personne rejette par l'urine, sur une année, entre 30 et 70kg de matières azotées. Cette quantité autorise la fertilisation de 300 à 400m² de culture [174]. Une règle très simple propose que soit appliqué annuellement sur un mètre-carré de culture, la quantité d'urine produite par une personne sur une journée. Pour la plupart des cultures, le seuil de toxicité de l'azote est d'au moins quatre fois cette dose.

Application : Les meilleurs effets sur la croissance des plantes sont obtenus lorsque l'urine est directement incorporée

dans le sol et non pulvérisée, évitant une dispersion dans l'air sous forme d'aérosol. Une application en surface provoque par ailleurs la volatilisation de près de 70% de l'azote [174]. Les systèmes d'épandage agricole seront donc positionnés le plus proche possible du sol (photo n°9). L'épandage consécutif d'eau permet une infiltration immédiate.

Les apports aux cultures en petites doses espacées dans le temps ont des effets comparables à ceux d'applications en une seule fois. Pour les plantes à petits systèmes racinaires, diviser les apports permet néanmoins d'éviter le lessivage. Pour les plantes en pot, les apports se feront préférentiellement en plusieurs fois avec de l'urine diluée.

Utilisations alternatives : Lorsqu'il n'existe pas de débouchés agricoles locaux suffisants (souvent le cas à l'échelle d'un particulier), des valorisations alternatives peuvent être envisagées.

L'urine peut être incorporée à petit à petit un compost de déchets alimentaires et/ou de matières fécales. La plupart de l'azote sera perdu par volatilisation, mais le phosphore et le potassium seront conservés. Si les excès de matériau liquide sont contrôlés, cet ajout aura un effet dynamisant pour le compost, favorisant la montée en température et la destruction des pathogènes.

L'infiltration directe des urines sur des parcelles végétalisées est également pratiquée, et préférable à une infiltration dans un sol nu. Cette infiltration peut se faire en combinaison avec les eaux grises [175].

Un programme de recherche allemand travaille au traitement des urines garantissant une élimination des micropolluants (résidus médicamenteux) [176]. Des technologies suisses visent au conditionnement de ces dernières sous forme de poudre, par évaporation et stripping, ou précipitation et adsorption sélective [177].

Valorisation des matières fécales

Utilisation : La matière fécale est un engrais complet en phosphore, potassium (permettant une hausse des rendements) et azote. Les substances nutritives y sont plus concentrées que dans l'urine.

Les matières organiques présentes dans les matières fécales sont par ailleurs un excellent amendement, autorisant une meilleure rétention d'eau et une régulation du pH des sols, propriétés indispensables au bon maintien de ces derniers et au développement de leur activité microbienne.

Conditionnement : Les propriétés fertilisantes des matières fécales dépendent des traitements qu'elles subissent avant leur épandage (voir fiches techniques 6-A et 6-B).

Rapidement déshydratées, les pertes en matières organiques sont faibles. Comparée au compostage, la déshydratation permet le retour au sol d'une plus grande quantité d'azote et de matières organiques, mais sous des formes moins stables.

Dans le cas d'une méthanisation, le digestat propose un excellent engrais, équivalent aux fertilisants minéraux commerciaux [178]. Liquide et organique, il concentre les substances nutritives et de l'azote sous des formes rapidement disponibles pour les plantes. Son épandage se fait par des dispositifs d'aspersion. En raison du coût des installations, la méthanisation est à envisager dans les cas où une valorisation agricole directe après compostage ou déshydratation n'est pas possible [179]. Le digestat peut éventuellement être composté, afin que soient renforcées ses propriétés fertilisantes.

Après épandage de compost obtenu à partir de matières fécales, 40 à 70% de la matière organique - et parfois autant d'azote - seront perdus par volatilisation ou par l'activité bactérienne. L'essentiel de l'azote libérée dans les sols devient en revanche disponible pour les plantes. Le phosphore est progressivement libéré sous des formes organiques et le potassium sous des formes ioniques, directement assimilable.

Doses : D'une façon générale, les calculs des apports sont ceux s'appliquant aux fertilisants phosphatés conventionnels. Les matières fécales produites annuellement par un individu pourront par exemple fertiliser de 200 à 300 m² de blé. Une application à des doses plus élevées ne génère cependant pas d'impacts négatives, mais améliore la structure des sols et leur capacité de rétention d'eau [180].

Application : Si le sol est dépourvu de phosphore, l'application peut se faire en 5 à 10 fois. Les sols et les cultures assimileront ainsi la plupart du phosphore. L'épandage préalable de chaux permet d'augmenter le pH des sols et leur capacité de rétention des substances nutritives.

Quels que soient les traitements et conditionnement qui leur sont appliqués, les matières fécales seront préférentiellement incorporées dans la zone racinaire des sols plutôt qu'en surface.

Fiche technique n° 8:

Bilan comparatif énergie/matière d'une filière conventionnelle et d'une filière Vacuum-méthanisation [181]

Assainissement traditionnel avancé (WC à eau - station d'épuration)		Système Vacuum	
Emissions		Emissions	
DCO	3,6 kg/(P ^a)	DCO	0,8 kg/(P ^a)
DBO5	0,4 kg/(P ^a)	DBO5	0,1 kg/(P ^a)
Total N	0,73 kg/(P ^a)	Total N	0,2 kg/(P ^a)
Total P	0,07 kg/(P ^a)	Total P	0,01 kg/(P ^a)
Total K**	>1,7 kg/(P ^a)	Total K**	<0,6 kg/(P ^a)
Energie		Energie	
Alimentation en eau	-25 kWh/(P ^a)	Alimentation en eau (20% d'eau gagnée)	-20 kWh/(P ^a)
Traitement des eaux usées (demande typique)	-85 kWh/(P ^a)	Système - vacuum Traitement eaux grises Transport des boues (2/mois, 50 retours)	-25 kWh/(P ^a) -2 kWh/(P ^a) -20 kWh/(P ^a)
Total Consommation	-110 kWh/(P ^a)	Total Consommation	-67 kWh/(P ^a)
		Apport Biogaz Substitution aux fertilisants Gains	110 kWh/(P ^a) 60 kWh/(P ^a) 170kWh/(P ^a)
Total		Gains Total	103 kWh/(P^a)
Qté matière***		Qté matière***	1,3 t/(P^a)

* Mesures sur les eaux de ménage (NN 1999)
 ** Hypothèse, pas de données
 *** Etude MIPS (Reckerzügl et Bringezu 1998)

Lexique

Aérobic (milieu en) : milieu riche en oxygène.

Anaérobic (milieu en) : milieu privé d'oxygène.

Compostage : procédé biologique de transformation par un ensemble d'organismes, de matières organiques naturelles en un produit stabilisé, semblable à un terreau et riche en composés humiques.

DBO5 : Demande biologique en oxygène. Quantité d'oxygène consommée, sur une période de 5 jours, par des bactéries épuratrices travaillant à la dégradation de la matière organique (biodégradable) contenue dans des eaux usées.

DCO : Demande chimique en oxygène. Quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation par voie chimique de l'intégralité des matières organiques (naturelles ou non) et minérales contenues dans les eaux usées.

Eaux grises : Eaux provenant d'activités d'hygiène et d'entretien domestique (douche, vaisselle, lessive, ménage...)

Eaux noires (ou eaux noires) : Eaux produites par le mélange des excréments et des eaux de chasse.

Equivalent-Habitant (EH) : Charge polluante théorique par habitant contenue dans les eaux usées.

Excrétas (ou déjection) : matières naturellement évacuées par un organisme, sous solide ou liquide : urine ou matière fécale (également appelées fèces, fèces, selles, ou excréments).

Fertilisant : Substance utilisée pour ses capacités chimiques (engrais) ou structurelles (amendement) pour l'amélioration des propriétés d'un milieu de culture (sol).

Humus : couche supérieure du sol créée et entretenue par la décomposition de la matière organique, par l'action combinée des animaux, des bactéries et des champignons du sol, et permettant la rétention d'eau, de substances nutritives, la régulation du pH etc.

Macropolluant : Molécule dont la présence dans un milieu génère des effets polluants au delà d'une certaine concentration.

Matière minérale : ensemble de substances chimiques ne contenant pas de carbone et constituant principalement le monde non-vivant.

Matière organique : matière contenant du carbone, pouvant être naturelle et constitutive du vivant (produite par des végétaux, animaux, ou micro-organismes) ou de synthèse (généralement issue de la pétrochimie, notamment des plastiques).

MES : Matières en suspension. Matières solides et non dissoutes, en suspension dans les eaux usées.

Méthanisation : Processus biologique naturel de dégradation de la matière organique en conditions anaérobiques, produisant un digestat et du biogaz (méthane).

Micropolluant : Molécule dont la présence dans un milieu génère des effets polluants, dès de très faibles doses.

Substances nutritives : ensemble des composés organiques et minéraux nécessaires à l'organisme vivant pour assurer et entretenir la vie, et assimilés par la nutrition.

Pathogène : infectieux, susceptible de causer des troubles chez l'homme.

Performances épuratoires : rapport entre la pollution entrante et la pollution sortante. Exprime la fraction de la pollution retirée des eaux usées.

Tout-à-l'égout : réseau de canalisation collectant les eaux grises et les eaux noires, pour les acheminer vers les stations d'épuration.

Valorisation biologique : épandage d'un gisement de matière organique sous des formes stables, et utilisable par un processus biologique d'humification.

Valorisation chimique : épandage d'un gisement de matières organiques et/ou minérales sous des formes mobiles, en vue d'augmenter les stocks de substances nutritives dans les sols et à disposition de plantes ou de cultures.

Références

- [1] Bonnin J, Histoire de l'eau aménagée par les hommes
- [2] Lerm, Les égouts Romains, entretien avec A. Bouet, http://www.lerm.fr/lerm/Newsletter/Newsletter9/lerm_Newsletter9_histoires.html
- [3] D'après EAWAG, Changement de cap dans l'assainissement
- [4] Miquel G, Rapport sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France, p.178
- [5] UNESCO, Boukhari S, Les sols au bord de l'épuisement
- [6] Le Villio et al., Estimation des quantités de matière organique exogène nécessaires pour restaurer et entretenir les sols limoneux français à un niveau organique donné
- [7] EcoSan, Closing the Loop on Phosphorus, p.1
- [8] Ramade F, Éléments d'écologie, p.317
- [9] Voir par exemple <http://phosphorusfutures.net> ou <http://www.phosphorus-recovery.tu-darmstadt.de/>
- [10] IFEN, voir www.ifen.fr/donnees-essentielles/activites-humaines/agriculture-et-environnement/l-irrigation-et-le-drainage.html?print=1
- [11] IFEN La facture d'eau domestique en 2004, p.1
- [12] Cleau, Les consommations à la maison, voir <http://www.cieau.com>
- [13] Technische Universität Berlin, Ecological assessment of alternative sanitation concepts with Life Cycle Assessment, p.8
- [14] Stockholm Environment Institute (SEI), Ecological Sanitation, p.3
- [15] World Health Organization (OMS), Guidelines for the safe use of wastewater, excreta, and greywater, p.41
- [16] EAWAG, Changement de cap... op. cit., p.7 et p.8
- [17] Muséum National d'Histoire Naturelle, La prise en compte par la France des polluants chimiques et d'origine microbiologique présents dans les eaux, p.9
- [18] Aquapôle, Les micropolluants dans les eaux de surface en région Wallone, p.37
- [19] Miquel G, Rapport sur..., op. cit., p.174
- [20] The guardian, Chemical World, Special Report, Chemistry lesson, Mai 2004, voir www.guardian.co.uk/chemicalworld/story/0,,1210065,00.html
- [21] OMS, op. cit, p.41
- [22] ARESO, Promotion de l'éco-assainissement à travers la création d'une entreprise de location de toilettes à compost, p.18
- [23] Schwarzbrod L, Virus humains et santé publique: conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture et en conchyliculture, p.136
- [24] Berland JM, Inventaire et scénario de renouvellement du patrimoine d'infrastructures des services publics d'eau et d'assainissement, p.9
- [25] IFEN, Les services publics de l'assainissement en 2004, pages 6, 11 et 12
- [26] ADEME, Combien coûte l'assainissement et qui paye quoi, fiche technique, voir <http://www.ademe.fr>
- [27] UFC Que choisir, Les profits de l'eau - Les modèles de calcul de l'UFC-Que choisir, Octobre 2007, voir <http://www.quechoisir.org>
- [28] Berland JM, Inventaire et scénario... op. cit., p.13
- [29] Berland JM, Réhabilitation des réseaux d'assainissement en zone rurale, p.108
- [30] IFEN, Les progrès de la collecte des eaux usées et pluviales, p.3
- [31] IFEN, Les services publics ... op.cit., p.14
- [32] Berland JM, Inventaire et scénario... op. cit., p.14
- [33] Miquel G, Rapport sur..., op. cit., p.162
- [34] SOFRES/Cleau, 2004, cité par Cleau, voir <http://www.cieau.com/tout-publ/faq>
- [35] CEMAGREF, L'épuration, nettoyer pour protéger l'écosystème aquatique, p.2
- [36] Comité fédéral provincial territorial sur la santé et l'environnement, Recommandations canadiennes sur les eaux domestiques recyclées destinées à alimenter les chasses d'eau des toilettes et les urinoirs, p.69
- [37] ARESO, op.cit., p.22
- [38] Miquel G, Rapport sur..., op. cit., p.162

- [39] IFEN Les services publics..., op. cit. p.14 et 15
- [40] Laimé M, Les données environnementales française sont elles fiables?, janvier 2008 voir www.eauxglacees.com/Les-donnees-environnementales
- [41] Miquel G, Rapport sur..., op. cit., p.162
- [42] Fenêtre sur l'Europe, Pollution: dernier avertissement à la France pour mauvais traitement des eaux usées, 4 février 2008, voir www.fenetreurope.com/php/page.php?section=actu&id=10196
- [43] Miquel G, Rapport sur..., op. cit., p.67
- [44] IFEN, Rapport sur l'état de l'environnement en France, p.30
- [45] Miquel G, Rapport sur..., op. cit., p.113 / Schwarzbrodt L, op. cit., p.20 et 148
- [46] Ramade F, op. cit., p.301
- [47] OMS, op. cit., p.32 / Schwarzbrodt L, op. cit., p.237
- [48] Cristina M Villanueva et al., Bladder cancer and exposure to water disinfection by-products through ingestion, bathing, showering, and swimming in pool, janvier 2007, cité par le journal de l'environnement, 29 janvier 2007 / Olivaux Y, la nature de l'eau, p.220
- [49] Miquel G, Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, p.132
- [50] Miquel G, Rapport sur..., op. cit., p.212
- [51] Miquel G, Rapport sur..., op. cit., p.68
- [52] Ternes T, Occurrence of drugs in german sewage treatment plants and rivers, 1998, cité par EAWAG, changement de cap... op. cit., p.8
- [53] Berland JM, Inventaire et scénario... op. cit., p.20-21
- [54] Développement durable-Le journal, Assainissement de l'eau: la France, 23 janvier 2008, <http://www.developpementdurablejournal.com>
- [55] Berland JM, Rapport sur..., op. cit., p.14
- [56] UFC Que choisir Les marges de l'eau - La reconstitution des coûts de la distribution et de l'assainissement de l'eau, Janvier 2006, voir <http://www.quechoisir.org>
- [57] Maison de la Consommation et de l'environnement, Avec ou sans phosphate, on peut choisir, [www.mce-info.org/Pdf/avec_ou_sans_phosphate.pdf](http://www.mce-info.org/Pdf/avec_ou_sans_phos-phate.pdf)
- [58] Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Etude de cas, la Morfontaine, p.6 / Orszagh J, Eautarcie, Epuration et Environnement, voir www.eautarcie.com
- [59] CEMAGREF, op. cit., p.2
- [60] Miquel G, Rapport sur la qualité..., op. cit., p.172
- [61] IFEN, Les services publics..., op. cit., p.17 et p.18
- [62] Miquel G, Rapport sur la qualité..., op. cit., p.179
- [63] INRA, Réseau Eresfor, Épandage de produits résiduels sur parcelles boisées, 2007 voir www.bordeaux.inra.fr/eresfor/page/epandage.htm
- [64] Miquel G, Rapport sur la qualité..., op. cit., p.179
- [65] Schwarzbrodt L, op. Cit., p.22
- [66] ADEME, Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture - Composition et qualité environnementale des boues d'épuration, voir www.ademe.fr/partenaires/Boues/Pages/chap33.htm
- [67] Journal de l'environnement, Boues d'épuration: épandage en baisse, compostage en hausse, article du 25 septembre 2007, voir www.journaldelenvironnement.net
- [68] IFEN, Les services publics..., op. cit., p.18
- [69] Journal de l'environnement, Boues d'épuration..., op. Cit.
- [70] Couturier C., Effets de la digestion anaérobie sur les micropolluants et germes pathogènes, p. 5
- [71] IFEN, Les services publics..., op. cit., p.8
- [72] IFEN, La facture d'eau domestique... op. cit., p.2
- [73] INSEE, Indice des prix à la consommation - IPC - Prix moyens à la consommation en métropole - Assainissement de 120 m3 d'eau (TTC), voir <http://www.indices.insee.fr>
- [74] UFC Que choisir, Les marges de l'eau - La reconstitution..., op.cit.
- [75] IFEN, La facture d'eau domestique... op. cit., p.3
- [76] UFC Que choisir, Les marges de l'eau - Résultat de l'étude sur 31 villes, voir <http://www.quechoisir.org>
- [77] Lenglet R, Toully JL, L'eau des multinationales - Les vérités inavouables, p.51-59

- [78] Assemblée Nationale, Rapport n° 3081, 2001, voir www.assemblee-nationale.fr/11/rap-info/i3081.asp
- [79] Journal Officiel de l'Assemblée Nationale, réponse ministérielle à la question n°5193, JO du 31 mars 2003, p.2467
- [80] IFEN, In-Numeri, Les dépenses en assainissement autonome des ménages
- [81] Miquel G, Rapport sur la qualité..., op. cit., p.166
- [82] Actu Environnement, Pollution de l'eau, Article du 22 février 2008, voir www.actu-environnement.com
- [83] Berland JM, Le contrôle et l'entretien ...op. cit., p.18
- [84] Ramade F, op.cit., p.317
- [85] Lemerrier B, La pollution par les matières phosphorées en Bretagne, p.13
- [86] Voir dossier L'Eau potable et le cancer, <http://www.wwf.fr/s-informer/actualites/l-eau-potable-et-le-cancer>
- [87] CEMAGREF, op. cit., p.4
- [88] Ministère de l'écologie du développement et de l'aménagement durable, L'épandage agricole et le fond de garantie, <http://www.ecologie.gouv.fr/L-epandage-agricole-et-le-fonds-de.html>
- [89] Voir Lombrifiltre de Combaillaux, www.recyclaqua.agropolis.fr/dossier_presse/lom01.html
- [90] IFEN, La facture d'eau domestique... op. cit., p.12
- [91] Olivaux Y, op. cit., p.87
- [92] Laimé M, Marchandisation de l'eau: la nouvelle offensive du biocapital, article du 7 avril 2007 blog.mondediplo.net/2007-04-07-Marchandisation-de-l-eau-la-nouvelle-offensive-du
- [93] Laimé M, La marchandisation de l'eau s'accélère, article du 19 avril 2008 www.monde-diplomatique.fr/carnet/2008-03-19-La-marchandisation-de-l-eau
- [94] Petrella R, Une marchandisation de la vie, Libération, article du 22 mars 2004, www.liberation.fr/dossiers/eau/reperes/200500.FR.php
- [95] Hall D, Bureau de recherche internationale pour le service public, L'eau aux mains du secteur public, p.20
- [96] Technische Universität Berlin, Ecological assessment..., op. cit., p.9
- [97] ARESO, op. cit., p.33
- [98] OMS, rapport sur les maladies infectieuses, Chapitre 2 <http://www.who.int/infectious-disease-report/idr99-french/pages/ch2text.html>
- [99] www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/en-vsanfactsheets/en/index2.html
- [100] www.unicef.org/wes/index_43205.html
- [101] <http://www.wsscc.org>
- [102] www.ecosanres.org, voir Global MDG Challenge
- [103] www.undp.org/water/initiatives/ecol.html
- [104] www.sei.se
- [105] www.eawag.ch
- [106] www.waste.nl
- [107] www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-topicsheet-2005.pdf
- [108] CEMAGREF-ENGEES, Étude des systèmes décentralisés d'assainissement
- [109] Ifen, Rapport sur l'état de l'environnement..., op. Cit., p.41
- [110] www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/nl/en-urban-ecosan-er-dos-eco-town-project-wwf4-ppt-2006.pdf
- [111] SEI, op. cit., p.40
- [112] Elain C, Un petit coin pour soulager la planète
- [113] www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm
- [114] Morgan P, Toilets that make compost
- [115] Voir www.eautarcie.com
- [116] www.eautarcie.com/Eautarcie/4.Epuration/G.TRAISELECT_en_ville.htm
- [117] Voir le travail de référencement de l'association Toilettes du monde, www.tdm.asso.fr
- [118] www.saniverte.fr
- [119] voir l'enquête sur le nombre d'usagers en France, proposé par l'association Empreinte, www.habitat-ecologique.org/enquete.php

- [120] www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-pds-018-germany-offenbach-arabella-2006.pdf
- [121] www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-pds-026-unesco-ihe-building-netherlands-2007.pdf
- [122] www.ecosanres.org/pdf_files/Fact_sheets/Fact_Sheet_11ls.pdf
- [123] ARESO, op. cit., p. 39-42
- [124] EcoSan, Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological systems, p4
- [125] Schwarzbrot L, op. Cit
- [126] Technische Universität of Berlin, Ecological assessment... op. cit., p.9
- [127] OMS, op. cit., p.118
- [128] ARESO, op. cit., p.20
- [129] ADEME, Les boues d'épuration..., op. cit.
- [130] OMS, op. cit., p120
- [131] UNESCO, Capacity building for Ecological Sanitation, p.12
- [132] ARESO, op. cit., p.15
- [133] OMS, op. cit, p.8
- [134] Vinneras, Swedish default values for excreted mass and nutrients, 2002, cité par OMS, op. cit., p.9
- [135] Technische Universität Berlin, Ecological Assessment... op. cit., p.9
- [136] Technische Universität Berlin, Resource recovery and removal of pharmaceutical residues Treatment of separate collected urine, p.99
- [137] NWP (Netherland Water Partnership), Des solutions adaptées pour l'assainissement, p.47
- [138] SEI, op. cit., p74
- [139] EcoSan, Ecological Sanitation, op. cit., p.78-81 / Morgan P, op. cit., p.76-89
- [140] Extrait de « EcoSan Project steps », UNESCO, op. cit., p.20
- [141] EAWAG, Mix ou NoMix: la séparation des urines sous tous les angles, p.9 / Humboldt Universität zu Berlin, Final report for task 8 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater ", p.41
- [142] Quatrième principe de Bellagio, in Unesco, op. cit., p.11
- [143] Rivière-Honegger A et Ruf T, La gestion sociale de l'eau, concepts, méthodes et applications
- [144] Second principe de Bellagio, in UNESCO, op. cit., p.11
- [145] EAWAG, Changement de cap... , op. cit., p.18
- [146] Otterwasser GmbH, Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater "
- [147] SEI, op. cit., p. 87
- [148] SEI, op. cit., p. 85
- [149] SEI, op. cit., p. 93
- [150] EcoSan, Erdos Eco-Town Project, 2007, voir www.ecosanres.org/pdf_files/Fact_sheets/Fact_Sheet_11ls.pdf
- [151] Agence de l'eau, Rhône Méditerranée & Corse, Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes
- [152] Otterpohl R, Conception d'un système d'assainissement avec contrôle à l'origine hautement efficient et expériences pratiques, www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/fr-source-control-sanitation-2000.pdf
- [153] Spiteri A, Eau potable et Assainissement, un nouveau paradigme est possible, 2009 blog.mondediplo.net/2009-01-13-Pour-un-nouveau-paradigme-de-la-gestion-de-l-eau
- [154] Sebastien L et Brodhag C, A la recherche de la dimension sociale du développement durable, <http://developpementdurable.revues.org/index1133.html>
- [155] Les amis de la terre, Gérer l'eau avec les citoyens, quelles alternatives?
- [156] Brachet P, Démocratie participative: du slogan à la mise en oeuvre, p.117
- [157] EAWAG Mix ou NoMix... op. cit., p.11
- [158] UNESCO, op. cit., p.52
Voir également www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-tds-01-b2-urine-dive-version-waterless-urinals-2005.pdf

- [159] EcoSan, Urine Diversion: One step towards sustainable sanitation, p.58
- [160] Agence Suédoise Internationale pour le développement (SIDA), Assainissement écologique, p.12
- [161] EcoSan, Guidelines ... op. cit., p.22
- [162] EcoSan, Guidelines ... op. cit., p.13
- [163] EcoSan, Guidelines ... op. cit., p.20
- [164] EcoSan, Guidelines ... op. cit., p. 16
- [165] EAWAG, Mix ou No Mix... op. cit., p14
- [166] OMS, op. cit., p.68
- [167] <http://www.tu-harburg.de/susan/downloads/vermi.pdf>
- [168] Couturier C., op. cit. p. 5
- [169] Terra Eco n°2, avril 2009, « Oslo fait rouler ses toilettes » p 11
- [170] Technische Universität Hamburg-Harburg, Resource recovery ... op. cit. / Technische Universität Hamburg-Harburg, Pharmaceutical Residues in urine and potential risks related to usage as fertiliser in agriculture
- [171] EcoSan, Guidelines ... op. cit., p. 15
- [172] OMS, op. cit., p.69
- [173] EcoSan, Guidelines ... op. cit., p.23
- [174] OMS, op. Cit., p. 10 et 11
- [175] EcoSan, Guidelines..., op. cit., p.30
- [176] Technische Universität Hamburg-Harburg, Resource recovery... op. cit.
- [177] EAWAG, Mix ou No Mix... op. cit., p16
- [178] Akerhielm H & Richert-Stintzing A, Anaerobically digested source separated food residues as fertilisers in cereal production
- [179] EcoSan, Guidelines..., op. cit., p. 31
- [180] OMS, op. Cit., p.13
- [181] D'après Otterpohl R, Conception d'un système d'assainissement avec contrôle à l'origine hautement efficient et expériences pratiques, www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/fr-source-control-sanitation-2000.pdf

Bibliographie

ADEME, Chauvin M

Enjeux de La Valorisation des déchets ou produits résiduaire organiques en Bretagne, 2004
www.ademe.fr/bretagne/telechargement/valorisation_do.doc

AFES, Ruellan A, Poss R

Les sols pour l'avenir de la planète Terre
www.iuss.org/AFES.pdf

Agence Suédoise Internationale pour le Développement (SIDA)

Assainissement écologique, 1998
www.ecosanres.org/pdf_files/Assainissement_Ecologique.pdf

Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Etude de cas, la Morfontaine, juillet 2007
www.eau-rhin-meuse.fr/tlch/procedes_epuration/A1_7.pdf

Agence de l'eau, Rhône Méditerranée & Corse

Epuración des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes
 Recommandations techniques pour la conception et la réalisation, 2005
www.eaurmc.fr/documentation/files/Guide%20Macrophytes.pdf

Agence Internationale Suédoise pour le développement (SIDA)

Assainissement écologique, 1998
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Assainissement_Ecologique.pdf

Agrobio conseil

Assainissement autonome: la solution du marais artificiel
www.agrobioconseil.com

Akerhielm H & Richert-Stintzing A

Anaerobically digested source separated food residues as fertilisers in cereal production, 2004
www.ramiran.net/doc04/Proceedings%2004/Akerhielm.pdf

Aquapôle, Université de Liège

Les micropolluants dans les eaux de surface en région Wallonne, 2006,
environnement.wallonie.be/eew/downloadfile.aspx?dwn=dossier_EAU_chalon.pdf&dir=rap_dsci

ARESO

Promotion de l'éco-assainissement à travers la création d'une entreprise de location de toilettes à compost, 2005
www.toiletteacompost.org/IMG/pdf/Toilettes_a_compost_ARESO-FSE.Pdf

Benoît P

L'alimentation et les usages de l'eau à Paris du XII au XVIème siècle,

www.sisyphe.jussieu.fr/internet/piren/rapports/archives/2000/Theme_A/tha_benoit.pdf

Berland JM

Inventaire et scénario de renouvellement du patrimoine d'infrastructures des services publics d'eau et d'assainissement, Synthèse, OIEAU, 2002
www.economie.eaufrance.fr/IMG/pdf/OIEau_plaquette_cfe_v15.pdf

Berland JM

Réhabilitation des réseaux d'assainissement en zone rurale
Document technique FNDAE n° 32, 2004
eaudoc.oieau.fr/IMG/pdf/fndae32.pdf

Berland JM

Le contrôle et l'entretien des installations d'assainissement non collectif
Document Technique FNDAE, Hors-série no 13, Octobre 2004
eaudoc.oieau.fr/IMG/pdf/fndaehs13.pdf

Berne B

Les nouvelles Technologies de l'écoassainissement
Compte Rendu de voyage d'étude, association Toilettes du Monde, 2008
www.tdm.asso.fr/file/CR2_VoyageEtudeAllemagne_TDM.pdf

Bonnin J

Histoire de l'eau aménagée par les hommes, Murs n° 8, 1987
irevues.inist.fr/bitstream/2042/8161/1/MURS_1987_8_65.pdf

Bourguignon Claude & Lydia

Le sol, la terre et les champs
Edition Sang de la Terre, 2008

CEMAGREF

L'épuration, nettoyer pour protéger l'écosystème aquatique, 2006
www.cemagref.fr/Informations/Actualites/Actu/25ans/TaP/25ans_apart_10bd.pdf

CEMAGREF

Épuration des eaux usées: quand le phosphore piège le phosphore
Info médias, n° 80, Juin 2007

CEMAGREF-ENGEES

Étude des systèmes décentralisés d'assainissement, Critères caractérisant les toilettes écologiques, 2006
www.engees.u-strasbg.fr/fileadmin/user_upload/pdf/gsp/Ecosan_UMR_GSP.pdf

Comité fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement, Canada,
Recommandations canadiennes sur les eaux domestiques recyclées destinées à alimenter les chasses d'eau des toilettes et les urinoirs, 2007
www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/consultation/reclaim-recycle/reclaim-recycle_f.pdf

Couturier C

Effets de la digestion anaérobie sur les micropolluants et germes pathogènes
Solagro, 2002
www.solagro.org/site/im_user/108devenir_micropolluants.pdf

Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût (CREPA)

Programme Régional d'Assainissement Écologique- Projets Pilotes d'Agla et d'Anaglo-Ahowegodo Bénin, Rapport de recherche, 2005
www.reseaucrepa.org/redir/content/download/862/7267/file/rap_general_ecosan_benin.pdf

EAWAG

Changement de cap dans l'assainissement
News 57f, décembre 2003
www.eawag.ch/publications/eawagnews/www_en57/en57f_printer/en57f.pdf

EAWAG

Mix ou NoMix: la séparation des urines sous tous les angles
News 63f, mars 2007
www.eawag.ch/medien/publ/eanews/archiv/news_63/en63f.pdf

EAWAG

Household-Centred Environmental Sanitation - Implementing the Bellagio Principles in Urban Environmental Sanitation - Provisional Guideline for Decision-Makers
www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-household-centred-environmental-sanitation-guideline-2005.pdf

EcoSanRes

Closing the Loop on Phosphorus, 2005
www.ecosanres.org/pdf_files/Fact_sheets/ESR4lowres.pdf

EcoSan

Urine Diversion: one step towards sustainable sanitation, 2006
www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf

EcoSan

Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems, 2004
www.ecosanres.org/pdf_files/Fact_sheets/ESR5lowres.pdf

Elain C

Un petit Coin pour soulager la planète
Édition Goutte de sable, 2006

EULA - European Lime Association

Le chaulage : un traitement performant pour le recyclage des boues d'épuration en agriculture
[www.eula.be/EULA/pixdyn00.nsf/0/123C36AD554768B0C1256E3F007B290/\\$File/EuLA%20Sludge%20Broch%20FR.pdf](http://www.eula.be/EULA/pixdyn00.nsf/0/123C36AD554768B0C1256E3F007B290/$File/EuLA%20Sludge%20Broch%20FR.pdf)

Hall D, Internationale de service public

L'eau aux mains du secteur public, PSIRU, 2001
www.world-psi.org/Content/NavigationMenu/French/Principes_et_objectifs/Services_de_distribution/Eau_mains_secteur_public.doc

Höglund C., Royal Institute of Technology

Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine, 2001
www.diva-portal.org/diva/getDocument?um_nbn_se_kth_diva-30902__fulltext.pdf

Humboldt Universität zu Berlin, Final report for task 8 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST), Fertilizer Usage Mars 2007
www.kompetenz-wasser.de/index.php?id=295&type=0&jumpurl=fileadmin%2Fuser_upload%2Fpdf%2Fforschung%2Fscst%2FSCST_Report_Task8.pdf

IFEN

La facture d'eau en 2004
Le 4 pages, n° 117, mars 2007
www.ifen.fr/uploads/media/de117.pdf

IFEN

Les progrès de la collecte des eaux usées et pluviales, 2004
www.ifen.fr/uploads/media/de93.pdf

IFEN

Les services publics de l'assainissement en 2004, 2008
www.ifen.fr/uploads/media/d10_enqueteEau_assainissement.pdf

IFEN

Rapport sur l'état de l'environnement en France - Edition 2006
Chapitre Eau
www.ifen.fr/uploads/media/eau_ree2006_01.pdf

Kompetenz Zentrum Wasser Berlin

Technologies innovatrices pour la gestion décentralisée des eaux usées en zones urbaines et péri-urbaines
Conférence sur les Petits Systèmes d'Eau et Traitement des Eaux Usées, Istanbul, Septembre 2002
www.tu-harburg.de/susan/downloads/keynote_istanbul_otterpohl_fr.pdf

Laimé M

Le Dossier de l'eau : Pénurie, pollution, corruption
Seuil, 2003

Lemerrier B, DIREN Bretagne

La pollution par les matières phosphorées en Bretagne, 2003
160.92.130.82/UserFiles/File/EAU/Rapport_Pollution_Phosphore_2003.pdf

Lenglet R, Touly JL

L'eau des multinationales - Les vérités inavouables
Fayard, 2006

Les amis de la terre

Gérer l'eau avec les citoyens, quelles alternatives?
Les amis de la Terre, Septembre 2005

Le Villio et al.

Estimation des quantités de matière organique exogène nécessaires pour restaurer et entretenir les sols limoneux français à un niveau organique donné, INRA,
www.inra.fr/internet/Hebergement/afes//pdf/EGS_8_1_levillio.pdf?PHPSESSID=acfe40d4debe07151152b2

Ludwig A

Create an oasis with greywater
Revised and expanded 5th edition, 2006

Miquel G

Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé
Rapport de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques n° 261, 2001
www.senat.fr/rap/l00-261/l00-2611.pdf

Miquel G

Rapport sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France
Rapport de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques n° 215, 2003
www.senat.fr/rap/l02-215-1/l02-215-11.pdf

Morgan P

Toilets that make compost, 2007
www.ecosanres.org/pdf_files/ToiletsThatMakeCompost.pdf

Muller M et Hoffman L,

Community Partnerships in Integrated Sustainable Waste Management, Tools for decision-makers, Experiences from the Urban Waste Expertise Programme (1995 - 2001)
www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-community-partnerships-sustainable-integrated-waste-management-2001.pdf

Muséum National d'Histoire Naturelle

La prise en compte par la France des polluants chimiques et d'origine microbiologique présents dans les eaux, dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'eau, 2005
www.oieau.fr/nouveau/jour/MNHN.pdf

NWP (Netherland Water Partnership) & WASTE (Advisers on Urban Environment and development)
Des solutions adaptées pour l'assainissement, 2006

www.waste.nl/redir/content/download/1667/10747/file/nwp_smart_sanitation_solutions_fr.pdf

Olivaux Y

La nature de l'eau
Résurgence, 2008

Otterwasser GmbH

Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater", Mars 2007
www.kompetenzwasser.de/index.php?id=295&type=0&jumpurl=fileadmin%2Fuser_upload%2Fpdf%2Fforschung%2Fscst%2FSCST_Cost_Calculation_Report.pdf

Ramade F

Éléments d'écologie - Écologie appliquée
Sixième édition, Dunod, 2005

Riviere-Honeger A et Ruf T La gestion sociale de l'eau, concepts, méthodes et applications, Territoires en Mutation
Revue de l'UMR 5045 du CNRS «Mutations des territoires en Europe»
Université Paul Valéry, Montpellier III

SEI

Ecological Sanitation - Revised and enlarged edition, 2004
www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation_2004.pdf

Schönning C

Urine diversion - hygienic risks and microbial guidelines for reuse
www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/urineguidelines.pdf

Schwarzbrodt L

Virus humains et santé publique: conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture et en conchyliculture, 2000
www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/virus.pdf

Technische Universität Berlin

Ecological assessment of alternative sanitation concepts with Life Cycle Assessment, 2006
www.kompetenzwasser.de/index.php?id=295&type=0&jumpurl=fileadmin%2Fuser_upload%2Fpdf%2Fforschung%2Fscst%2FSCST_LCA_Final_Report_Task_5_TUB_Remy_22.8.2007_.pdf

Technische Universität Hamburg-Harburg

Resource recovery and removal of pharmaceutical residues Treatment of separate collected urine, 2007
www.kompetenzwasser.de/index.php?id=295&type=0&jumpurl=fileadmin%2Fuser_upload%2Fpdf%2Fforschung%2Fscst%2FSCST_Urine_Treatment_FinalReport_Task_7_TUHH_Tettenborn_5.9.2007_.pdf

Technische Universität Hamburg-Harburg, Winker M

Pharmaceutical Residues in Urine and potential risks related to Usage as Fertiliser in Agriculture, 2009
http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2009/557/pdf/PhD_Thesis_Winker.pdf

TNS SOFRES

Les enjeux de l'assainissement non collectif, 2008
www.tns-sofres.com/etudes/pol/190208_eparco.pdf

Toilettes du Monde

Guide des toilettes sèches...à la maison, 2009
www.tdm.asso.fr/articles.php?lng=fr&pg=117

UNESCO, Boukhari S

Les sols au bord de l'épuisement,
www.unesco.org/courier/1999_01/fr/planete/txt1.htm

UNESCO

Capacity building for Ecological Sanitation, 2006
www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-ecosan-capacity-buil-ding-2006.pdf

Vinneras B

Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine diversion,
Université suédoise des sciences agricoles, 2002
www.gtz.de/ecosan/download/nl7fr.pdf
WECF - Woman in Europe for a Common Future
Urine Diverting Toilets in Climates with Cold Winters
www.wecf.eu/cms/download/2007/WP-26_web-07.pdf

World Health Organization (WHO)

Guidelines for the safe use of wastewater, excreta, and greywater
Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture, 2006
whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546859_eng.pdf

Association Toilettes du Monde : www.tdm.asso.fr

Blog de Marc Laimé : www.eauxglacees.com

Blog d'Anne Spiteri : <http://eau-evolution.fr/>

Programme de Développement des Nations Unies : www.undp.org/water/initiatives/ecol.html

Réseau EcoSan : www.ecosanres.org

Réseau International de Coopération en Développement Durable : www.gtz.de/ecosan/

Université Technique de Hamburg : www.tuhh.de/aww

Crédits

Illustrations

Jef Vivant
Chez Moreau
24600 Vanxains
tel : 05 53 91 22 29

Photos

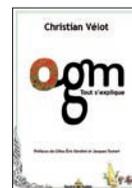
photo n° 1 p.87 : Maison Suède Photo S.Lanoë
photo n° 2 p.88 : Maison Suède Photo S.Lanoë
photo n° 3 p.91 : Photo issue du petit coin (toilette en bois)
photo n° 4 p.93 : Photo issue du petit coin (zoom toilette séparative)
photo n° 5 p.93 : Photo issue du petit coin (toilette séparative)
photo n° 6 p.94 : Photo S.Lanoë
photo n° 7 p.94 : Photo S.Lanoë
photo n° 8 p.94 : Photo S.Lanoë
photo n° 9 p 105 : Photo de Mats Johansson

Maquette et Prépresse :
Shuller-Graphic.com

Mise en page :
Nadège Bézier pour éditions Goutte de sable

Couverture :
Nadège Bézier pour éditions Goutte de Sable

Les parutions de Goutte de Sable



Ogm Tout s'explique

Organismes Géniaux et Merveilleux, Organismes Génétiquement Monstrueux ou Outils Génétiques de Marketing ? Les OGM ont multiples facettes car multiples domaines d'utilisation et d'application. OGM et recherche fondamentale, OGM et médecine, OGM et industries, OGM dans l'agro-alimentaire, autant de catégories que l'auteur s'évertue ici à différencier afin d'éviter certains amalgames fallacieux si chers aux VRP de la transgénèse généralisée. C'est avec des expressions imagées, des métaphores audacieuses et croustillantes, le tout arrosé de quelques notes d'humour, que Christian Vélot explique, avec pédagogie et simplicité, dans un langage accessible à tous, les aspects scientifiques et sociétaux des OGM en s'appuyant sur des exemples concrets. Depuis la définition des OGM jusqu'aux questions qu'ils soulèvent – tant sur les plans sanitaire, environnemental, éthique que du point de vue sociétal –, en passant par leurs modes d'obtention, la carence d'évaluation dont ils font l'objet, et des réponses aux arguments les plus répandus chez les inconditionnels des OGM tous azimuts, cet ouvrage apporte les outils qui permettent aux citoyens de se réapproprier un débat que l'on a tenté de leur confisquer. De la science en toute conscience...



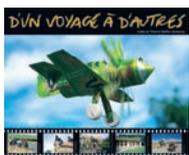
Un petit coin pour soulager la planète

Jardinier voyageur, l'auteur s'est passionné pour ce sujet difficile : les toilettes sèches, avec l'ambition de réaliser le premier guide pratique complet dans ce domaine. Aucun aspect n'est oublié : de l'histoire de nos rapports avec nos excréments jusqu'à la description précise de tous les modèles commercialisés dans le monde, des enjeux écologiques aux problèmes posés par les pathogènes, par les odeurs ou par la réglementation ... Le tout agrémenté de témoignages, de nombreuses illustrations couleurs et de dessins humoristiques. Une somme impressionnante, qui n'oublie pas d'aborder la problématique de l'épuration des eaux usées. De quoi lever bien des réticences sur ces délicates questions...



Eco Construire

Ce DVD didactique vous propose les différentes étapes techniques de la réalisation d'un habitat de 100 m² pour moins de 80 000 euros. L'association Terres de Vent a construit cet espace bioclimatique dans le cadre d'un chantier participatif. Par cette expérience, l'association entend mettre en avant les principes de la maison passive, de la limitation de l'empreinte écologique grâce à l'emploi de matériaux faiblement consommateurs d'énergie grise, tels que le bois, la terre et la paille.



D'un voyage à d'autre

Début février 2004, Cathy Dubourg et Thierry Baffou ont emménagé dans leur nouvelle maison. Ce faisant, ils allaient au bout d'un rêve débuté six ans auparavant. Il faut en effet rechercher l'origine de leur maison ce jour de 1998 où ils ont enfourché leur bicyclette. Pendant onze mois, ils ont pédalé autour du globe avec l'objectif de rencontrer des autoconstructeurs, des architectes, des bâtisseurs en tout genre, tous liés au petit monde de l'architecture écologique.

De retour en Mayenne, ils entament la deuxième phase de l'aventure, construire une maison bioclimatique qui concentre une multitude de "petits trucs" aperçus au cours de leur voyage...



Entre Paille et Terre

L'approche constructive avec les bottes de paille proposée dans ce livre est le fruit d'expériences entre la technique la plus utilisée dans le monde : Nebraska (murs en paille porteurs) et le bâtiment traditionnel français : l'ossature bois. Cette technique, nommée Cellule Sous Tension®, ouvre une nouvelle voie à la construction en paille, celle des murs auto-contreventés avec un enduit qui n'est plus une surface finale mais une partie intégrante de la structure du mur.

Ce livre s'adresse à toutes les personnes qui veulent découvrir un mode de construction... Un livre technique, pratique mais surtout dans lequel on découvre la beauté des enduits en terre.



« Cette France là ... »

Carnet de campagne 2007 José Bové

Rats des villes et rats des champs.

On aurait pu croire les genres d'éternellement séparés par La Fontaine...

Cette campagne aura bien prouvé le contraire. Dans les citées, dans les villes, on aura parlé malbouffe et même souveraineté alimentaire. Sur les causses, dans les prairies de l'ouest, on a débattu de solidarité, d'immigration, mais aussi de pollutions et d'enfouissement de déchets divers et avariés. Bref, partout on aura parlé de tout, et 'est bien ce qu'auraient voulu éviter ceux qui ne voulaient parler que d'eux, que de l'impossibilité de changer les choses et surtout de mettre en route un autre monde. Dans ce tour de France, on aura vu les invisibles, entendu les inaudibles, serré la louche de ceux qui ne savaient de la politique que ce qu'ils voyaient à la télé et puis, surtout, lancé des passerelles... vers les étoiles ? Peut être ! Mais cette France là qui « ...montait des mines, descendait des collines, celle qui chante en moi, la belle, la Rebelle... », du moins avant que les mines ne soient fermées et les collines désertées, c'est justement celle qui rêve d'étoiles et ne voit que la nuit.



Le voyage de Cléo la Petite Goutte d'Eau

Une vie d'eau de pluie : Le Voyage de Cléo la Petite Goutte d'Eau. est un album illustré pour enfants. Il raconte de façon ludique et imagée le cycle de vie de l'eau. Le voyage de Cléo la petite goutte d'eau commence par son déménagement de sa maison océan en s'évaporant pour se reformer dans un gros nuage.

Elle rencontrera la pluie sur les côtes bretonnes, les légumes du jardin, les cours d'eau, la plage... Ce livre participe ainsi à l'éveil des enfants à la nature et à la protection de l'environnement.



Nathan le cormoran

Nathan le cormoran aime Juliette la mouette, le soleil, les poissons et surfer les courants d'air. Mais un soir de tempête son destin est bouleversé. Dans ce livre, découvrez l'histoire de Nathan le cormoran, apprenez comment l'on soigne les oiseaux mazoutés et joue à retrouver les silhouettes d'oiseaux dans les illustrations. Cet album est le second d'une série, le premier album est intitulé "Une vie d'eau de pluie : le voyage de Cléo la petite goutte d'eau".



Mémoires d'un cadre dissident

Issu d'une modeste famille de paysans vauclusiens de la gauche laïque et devenu cadre dans l'industrie, Michel Roulet a connu par le hasard des passions de l'engagement une expérience très riche avec des contacts à tous les niveaux et dans tous les secteurs de la société. D'ordinaire, les cadres des entreprises privées sont comme les militaires, ils ferment leur gueule. Libéré de ses obligations, Michel Roulet témoigne librement et, malgré la souffrance psychologique et les contradictions entre travail et idéal, il garde l'optimisme de la raison. Il fait des propositions pour retrouver le chemin de l'espérance à travers l'engagement dans l'écologie politique et dans le mouvement altermondialiste.

Goutte de Sable

La Roussière

53400 ATHEE

www.gouttedesable.com

Dépôt légal : septembre 2009

Imprimé chez Jouve à Mayenne (53)

sur papier 100% recyclé blanchi sans chlore