

Université de Montréal

**L'Assainissement Écologique
des eaux usées domestiques :**

Scénario d'aménagement *type* pour les résidences isolées
de pays développés nordiques.

par

Pierre-Luc Beaudry

Université de Montréal
Faculté de l'Aménagement

Mémoire présenté à la Faculté de l'Aménagement
en vue de l'obtention du grade de M. Sc. A.
en Aménagement
option Design et Complexité

Juillet 2011

© Pierre-Luc Beaudry, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé :

L'Assainissement Écologique des eaux usées domestiques :
Scénario d'aménagement type pour les résidences isolées de pays développés nordiques.

Présenté par :
Pierre Luc Beaudry

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Pierre de Coninck, président-rapporteur
Anne Marchand, directrice de recherche
Sylvain Plouffe, membre du jury

Résumé

L'aménagement des systèmes d'assainissement conventionnel des eaux usées domestiques entraîne actuellement la déplétion de ressources naturelles et la pollution des milieux récepteurs. L'utilisation d'une approche écosystémique plus globale telle que l'Assainissement Écologique, visant la fermeture du cycle de l'eau et des éléments nutritifs (phosphore et azote), contenus dans les excréments, par leur réutilisation à travers l'agriculture, permettrait d'améliorer de façon écologique cette situation. Toutefois, ce paradigme émergent est peu enseigné aux professionnels de l'aménagement responsables de sa planification, surtout au niveau de son application dans les pays développés nordiques. C'est pourquoi, afin d'améliorer la planification de ce type de système, il faut informer ces derniers des pratiques les plus adéquates à adopter. Pour y arriver, un scénario d'aménagement type a été développé à partir d'une revue exhaustive de la littérature et de l'analyse des données en se basant sur les recommandations de l'approche en fonction du contexte étudié. Ce scénario aidera les professionnels à mieux comprendre l'Assainissement Écologique et son aménagement. Il représente alors un point de départ pour les discussions interdisciplinaires et participatives que celui-ci requiert. En conclusion, il y a encore de nombreux manques d'informations concernant l'utilisation de traitements alternatifs dans les climats nordiques et l'acceptation de ceux-ci par les usagers. De plus, les cadres législatifs demeurent un obstacle considérable à l'aménagement d'un tel système. Cette recherche permet cependant de démystifier l'approche auprès des professionnels et pourrait aider à modifier certains cadres législatifs afin d'y intégrer sa philosophie.

Mots-clés : Assainissement Écologique, Eaux usées domestiques, Résidence isolée, Climat nordique, Scénario d'aménagement

Abstract

At the moment, the planning of conventional sanitation systems for the treatment of domestic wastewater is responsible for the depletion of natural resources and pollution of receiving waters. A more holistic approach, respecting the local ecosystem, such as the new paradigm of Ecological Sanitation would greatly improve this situation. The idea pursues the closure of water and nutrients (nitrogen and phosphorus found in the human excreta) cycles through their reuse in agriculture. However, this new approach remains relatively unknown except for a few planning professionals responsible for the implementation of sanitation systems especially in the context of northern industrialized countries. Therefore to enhance the design of this kind of system, there is a need to educate and inform these professionals on more suitable treatment options to adopt. To achieve this, a planning scenario has been developed using a literature review and analysis of the data using a grid based on the recommendations of the paradigm when planned in this particular context. This scenario will help the professionals to better understand the philosophy of this approach and its implementation. It will represent a starting point for the interdisciplinary and participatory discussions that this approach demands. In conclusion, there is still a lack of knowledge surrounding the use of certain alternative options and their degree of acceptance by the public. Moreover, the legislation surrounding sanitation represents a significant obstacle to the implementation of this sort of alternative system. Still, this research helps the planning and design professionals demystify the new paradigm and may even be helpful in the modification of laws for the integration of its philosophy.

Keywords : Ecological Sanitation, Domestic wastewater, Isolated household, Cold climate, Planning scenario

Table des matières

Introduction	1
Mise en contexte	5
Les traitements conventionnels d'assainissement	8
Approche linéaire	13
Approche écosystémique de l'assainissement	22
Approche globale de l'assainissement	24
Réutilisation de l'eau comme approche globale	25
L'Assainissement Écologique (AE)	27
Historique de l'approche	27
La philosophie derrière l'AE	29
Le fonctionnement d'un système d'AE	29
Les objectifs de l'AE	35
Avantages de l'AE	36
L'AE comme approche complexe et interdisciplinaire	37
Problématique	40
La situation dans les pays industrialisés	40
Question de recherche	43
Objectifs de recherche	45
Contribution escomptée.....	46
Méthodologie	48
Collecte et analyse des données	55
Tableau synthèse des traitements	55
Grille d'analyse des traitements	57
Besoins d'une résidence isolée dans un pays industrialisé au climat nordique	57
Recommandation de l'Assainissement Écologique	57
Technique	58
Aménagement.....	66
Environnement	69
Économie	71
Santé.....	73
Société et Culture.....	77

Politique	80
Présélection des traitements	81
Systèmes de collecte	86
Toilette à chasse d'eau :	86
Toilette à faible chasse d'eau :	86
Toilette à vacuum :	86
Latrines :	87
Toilettes sèches à déshydratation :	88
Toilette à chasse d'eau à diversion d'urine (NoMix Design) :	90
Cabinets à terreau ou toilettes à compost :	91
Systèmes de traitement primaire	95
Fosse septique :	95
Fosse d'assainissement :	98
Fosse Imhoff :	99
Fosse de décantation :	100
<i>Bark rings</i> :	101
Systèmes de traitement secondaire et secondaire avancé :	102
Étang de stabilisation des déchets :	102
Filtre à sable :	103
Filtre granulaire à recirculation :	104
Lit bactérien :	104
Fosse à boues activées :	105
Réacteur à lit fixé :	105
Système de traitement tertiaire	106
Réacteur biologique séquentiel :	106
Marais artificiels :	106
Living Machine :	108
Aquaculture :	108
Disques biologiques :	109
Systèmes de désinfection	110
Chloration :	110
Dioxyde de chlore :	110
Ozonation :	111
Irradiation aux rayons ultraviolets (UV) :	111
Systèmes d'évacuation des effluents	112

Champs d'évacuation :	112
Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration :	112
Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration sous système de traitement secondaire non étanche :	114
Élément épurateur à lit d'infiltration ou Élément épurateur modifié :	114
Puits absorbant :	115
Terre à sable hors-sol :	116
Filtre à sable hors sol sous un système de traitement secondaire non étanche :	117
Champ de polissage à tranchées :	117
Champ de polissage à lit d'absorption :	119
Résultats	120
Scénario d'aménagement type	121
Étape 1 : Requête pour assistance	121
Scénario – Étape 1	122
Étape 2 : Lancement du processus de planification et de concertation	122
Scénario – Étape 2	123
Étape 3 : État des lieux.....	124
Scénario – Étape 3	125
Étape 4 : Évaluation des priorités des utilisateurs	128
Scénario – Étape 4	128
Étape 5 : Identification des options	128
Scénario – Étape 5	129
Étape 6 : Évaluation des combinaisons de services réalisables	130
Scénario – Étape 6	130
Étape 7 : Programmes consolidés de l'AE pour la zone d'étude	146
Scénario – Étape 7	146
Étape 8 : Finalisation des programmes consolidés d'AE.....	146
Scénario – Étape 8	147
Étape 9 : Implantation du projet	147
Scénario – Étape 9	147
Discussion.....	148
Retour sur les résultats de la recherche	148
Limitations	155
Expositions de nouvelles connaissances intéressantes.....	158

Conclusion.....	161
Bibliographie	165

Liste des tableaux

Tableau 1 – Objectifs de l’Assainissement Écologique	36
Tableau 2 – Avantages de l’Assainissement Écologique.....	37
Tableau 3 – Principaux fondements de l’HCES	38
Tableau 4 – Thématiques d’analyse des systèmes de traitement d’assainissement	50
Tableau 5 – Exemple de traitement des données	56
Tableau 6 – Besoins de la résidence isolée nordique	57
Tableau 7 – Recommandations techniques de l’Assainissement Écologique.....	65
Tableau 8 – Recommandations d’aménagement de l’Assainissement Écologique	69
Tableau 9 – Recommandations environnementales de l’Assainissement Écologique.....	71
Tableau 10 – Recommandations économiques de l’Assainissement Écologique.....	73
Tableau 11 – Recommandations sanitaires de l’Assainissement Écologique.....	76
Tableau 12 – Recommandations socioculturelles de l’Assainissement Écologique.....	79
Tableau 13 – Recommandations politiques de l’Assainissement Écologique	81
Tableau 14 – Tableau de présélection des systèmes de traitement	82
Tableau 15 – Regroupement des systèmes d’assainissement	84
Tableau 16 – Étapes modifiées de l’aménagement d’un HCES	121
Tableau 17 – Contaminants dans les eaux usées d’un ménage de quatre personnes	126
Tableau 18 – Options de systèmes de traitement d’assainissement à considérer	129

Liste des figures

Figure 1 – Schéma de l’approche linéaire des flux dans le système d’assainissement des eaux usées conventionnel basé sur le modèle de Langergraber et Muellegger (2005)	14
Figure 2 – La transformation des flux d’eau potable et des éléments nutritifs à travers l’assainissement conventionnel des eaux usées domestiques	16
Figure 3 – Le cycle de l’eau et des éléments nutritifs selon l’approche linéaire conventionnelle de l’assainissement lors de la consommation domestique	19
Figure 4 – Approche circulaire des flux dans l’assainissement écosystémique des eaux usées, basé sur le modèle de Langergraber et Muellegger (2005).....	24
Figure 5 – Flux circulaires dans un système d’assainissement réutilisant les eaux ménagères, basé sur le modèle de Langergraber et Muellegger (2005)	26
Figure 6 – Le cycle de l’eau et des éléments nutritifs lors de la consommation domestique selon l’Assainissement Écologique	31
Figure 7 – La transformation des flux d’eau potable et des éléments nutritifs à travers l’assainissement des eaux usées domestiques basé sur le paradigme de l’Assainissement Écologique	33
Figure 8 – Latrine (inspiré de Québec, 2009c)	87
Figure 9 – Toilette sèche à déshydratation.....	88
Figure 10 – Toilette à compost	91
Figure 11 – Fosse septique (inspiré de Burkhard et Craig, 2000).....	95
Figure 12 – Fosse d’assainissement.....	98
Figure 13 – Fosse de décantation (inspiré de Burkhard et Craig, 2000).....	100
Figure 14 – <i>Bark ring</i> (inspiré de Burkhard et Craig, 2000).....	101
Figure 15 – Étang de stabilisation.....	102
Figure 16 – Filtre à sable intermittent (inspiré de Québec, 2001)	103
Figure 17 – Fosse à boues activées	105
Figure 18 – Marais artificiel à écoulement vertical	106

Figure 19 – Traitement par disques biologiques.....	109
Figure 20 – Élément épurateur classique à tranchées d’infiltration.....	112
Figure 21 – Puits absorbant.....	115
Figure 22 – Tertre à sable hors sol.....	116
Figure 23 – Champ de polissage à lit d’absorption.....	119
Figure 24 – Scénario d’aménagement type pour résidence isolée	131
Figure 25 – Scénario d’aménagement type pour résidence isolée existante au Québec ne permettant pas d’autres options d’assainissement.....	133
Figure 26 — Scénario d’aménagement type pour résidence isolée au Québec	134
Figure 27 – Plan et coupe de l’aménagement type	136
Figure 28 – Plan agrandi de l’intérieur de la résidence.....	138
Figure 29 – Coupe agrandie de l’intérieur de la résidence.....	139
Figure 30 – Plan de l’aménagement type extérieur.....	143
Figure 31 – Modèle fonctionnel de base.....	154
Figure 32 – Approche révisée des cycles de l’eau et des éléments nutritifs	159

Liste des abréviations

ACV : Analyse de Cycle de Vie

AE : Assainissement Écologique

ARPEP : Association de Résidents pour la Protection de l'Environnement et du Petit Lac à la truite

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

EcoSanRes : Ecological Sanitation Research

FAO : Food and Agriculture Organisation des Nations Unies

GTZ : Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

HCES : Assainissement environnemental centré sur les ménages

MES : Matières En Suspension

MDDEP : Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONU : Nations Unies

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PNUD : Programme de Nations Unies pour le Développement

UNICEF : Fonds international de secours à l'enfance des Nations Unies

Liste des symboles

°C : Degrés Celsius

cm : centimètres

m : mètres

m² : mètres carrés

m³ : mètres cubes

N : Azote

P : Phosphore

« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »

Lavoisier

Remerciements

Je tiens à remercier Johanne Richer, Mario Beaudry et Marc-Antoine Guilbault pour leur aide à la correction et au travail de vulgarisation. De plus, je tiens à remercier Mme Anne Marchand pour son aide remarquable tout au long de ce mémoire et pour la patience qu'elle a su démontrer à l'égard de l'auteur.

Introduction

Cette recherche a été entreprise suite à un questionnement de l'auteur lors d'un projet d'architecture où il agissait en tant que designer de l'environnement. Il s'agissait, plus particulièrement, d'un projet d'habitation devant s'implanter près d'une étendue d'eau sensible aux apports en phosphore causant la prolifération d'algues bleues. Les concepteurs ont donc été obligés de se pencher sur la question des rejets, à travers les eaux usées, des déchets de nature domestiques vers l'environnement. Cet aspect de l'aménagement ne figurait pas au curriculum de la formation suivie par l'auteur. Celui-ci a donc senti le besoin de se pencher sur la question de la gestion de ces déchets (surtout au niveau des éléments nutritifs) et de l'utilisation de l'eau potable comme moyen de transport ou de milieu récepteur. Ces aspects faisant partie d'une vision globale de l'aménagement, il ne touche pas seulement les disciplines de l'ingénierie, mais bien l'ensemble des disciplines de l'aménagement. C'est pourquoi les informations le concernant devraient être les plus accessibles possible aux différents professionnels de l'aménagement pouvant intervenir dans ce type de projet plutôt que d'être restreints aux professionnels de l'ingénierie spécialisés dans la gestion des eaux usées.

Il existe plusieurs paradigmes lorsqu'il est question de la gestion des déchets domestiques via l'assainissement des eaux usées. Ils varient entre des approches linéaires – telles que la plupart des systèmes conventionnels – et des systèmes visant plutôt leur intégration à l'écosystème local – tels que la réutilisation des eaux ménagères et l'Assainissement Écologique (AE) –. Les systèmes conventionnels sont souvent plus enclins à de mauvais fonctionnements (Servos et coll., 2001) ou à un rendement moins performant au niveau de la réduction des éléments nutritifs pouvant se retrouver dans les effluents. De plus, ils ne considèrent pas autant la conservation des ressources hydriques et des éléments nutritifs dans le but de les retourner de façon sécuritaire vers l'environnement. Des systèmes s'appuyant plutôt sur une approche écosystémique telle que l'AE seront,

quant à eux, plus aptes à y arriver. Ces différentes approches seront mises en revue dans la section **mise en contexte**.

La **problématique** avec les approches alternatives telles que l'AE, c'est qu'elles ne sont pas enseignées aux différents professionnels œuvrant dans les disciplines de l'aménagement – par exemple les architectes, architectes du paysage, designers – malgré que celles-ci puissent avoir des répercussions sur leur pratique (Burkhard et coll., 2000). Elles nécessitent aussi une planification plus globale de la gestion de l'eau et des déchets impliquant alors une approche multidisciplinaire impliquant les différents professionnels mentionnés plus tôt (Winblad et coll., 2004). De plus, comme il sera démontré dans cette section, les exemples de cette approche sont souvent situés dans des contextes où la situation entourant la gestion de l'eau potable et les éléments nutritifs est la plus critique soit les pays en développement dans les régions du Sud (Werner et coll., 2003; Werner et coll., 2009; Winblad et coll., 2004). Néanmoins, le même phénomène de diminution des sources d'eau de qualité et de mauvaise gestion des éléments nutritifs, pouvant entraîner la pollution des milieux récepteurs, est tout aussi observable dans les pays industrialisés nordiques (Barlow, 2009; Burkhard, 2006; Stenekes, 2006). Il y a toutefois encore un manque d'information sur l'implantation de tels systèmes dans ce contexte (Winblad et coll., 2004).

Cette situation amène à se poser la **question de recherche** suivante : **Comment peut-on améliorer écologiquement l'assainissement des eaux usées domestiques des habitations isolées, dans les pays nordiques développés, lors de sa planification et de son aménagement?**

La position adoptée par la recherche a donc été que l'amélioration écologique des systèmes d'assainissement des eaux usées sera atteinte par l'adoption d'une approche plus globale et écosystémique telle que l'AE. Toutefois, elle reconnaît qu'il y a un manque d'information au niveau de son aménagement par les professionnels, plus précisément dans le contexte étudié. Le choix de la résidence isolée permet alors une meilleure flexibilité des systèmes tout en permettant d'étudier l'approche à sa plus petite échelle. C'est pourquoi la

transmission des caractéristiques de l'approche, des systèmes d'assainissement les plus adéquats pour y répondre ainsi que la synthèse de ces éléments auprès des professionnels dans ce contexte d'aménagement seront considérés comme la clé de son amélioration. Elle permettra d'offrir des connaissances de base sur cette approche aux professionnels. En étant plus informés, ceux-ci seront en mesure de mieux considérer l'approche et possiblement d'en intégrer la philosophie dans leur pratique de l'aménagement. En ce sens, cette étude ne se veut pas un recueil technique, mais bien un ouvrage de vulgarisation portant sur un éventail d'options alternatives pouvant être considéré lors de l'aménagement d'un système d'assainissement basé sur les principes de l'AE.

Les sections des **objectifs** et de la **méthodologie** expliqueront les visées poursuivies ainsi que les méthodes employées pour parvenir à l'amélioration des connaissances entourant cette approche émergente auprès des professionnels de l'aménagement. L'objectif ultime de cette recherche est de recueillir en un seul endroit, de manière vulgarisée, une synthèse de l'approche de l'AE ainsi que sur les pratiques les plus adéquates pour arriver à son aménagement pour ensuite en informer les professionnels. Pour y arriver, il faut que la transmission de l'information soit la plus accessible possible. Pour ce faire, il était capital de réduire la quantité d'informations à transmettre aux professionnels et d'y inclure seulement les informations pertinentes pour ceux-ci. Il a donc été nécessaire de faire une **(2) présélection sommaire des systèmes les plus adéquats** à utiliser lors d'un tel type d'aménagement. Cette présélection s'est faite à l'aide **d'une grille d'analyse se basant sur les recommandations de l'AE et certaines conditions particulières au contexte étudié**. Elle s'accompagne de représentations graphiques de certains systèmes et de textes résumant les raisons de cette présélection. Toutefois, cette analyse devait être réalisée à partir d'une liste d'options de traitements et de dispositifs d'assainissement disponibles aux professionnels. C'est pourquoi, en premier lieu, **(1) une synthèse de l'information sur une série de systèmes disponibles** était nécessaire. Cette synthèse a été réalisée au préalable à travers une **revue exhaustive de la littérature** sur une gamme d'options selon une grille de thèmes émergents abordant les caractéristiques reliées à leur aménagement et l'impact sur leur environnement au sens large (par exemple

l'impact socioculturel d'un tel dispositif). Cette synthèse ne sera présentée qu'en partie à travers les textes accompagnant la présélection afin de réduire l'envergure de ce mémoire.

Finalement, le dernier objectif à atteindre était la transmission des informations afin de **(3) faciliter la compréhension** de l'approche et son aménagement auprès des professionnels. Cette transmission a été réalisée à travers l'élaboration d'un **scénario d'aménagement type d'Assainissement Écologique** où des lignes directrices et différentes informations issues des constats d'analyse sont transmises, de façon écrite et graphique, aux différents professionnels. Ce scénario sera présenté dans la section des **résultats**. Il agira en tant que synthèse de la recherche et intégrera l'ensemble des résultats d'analyse atteints par la méthodologie employée. Il permettra aussi de fournir aux professionnels différents outils de conception (recommandations, modèles, grilles d'analyse) pouvant être intégrés dans leur pratique de l'aménagement.

Cette recherche se termine sur une **discussion** autour des différents constats d'analyse mettant en relief l'apport de cette recherche face aux connaissances déjà connues, différentes limitations rencontrées ainsi que sur certaines observations nouvelles concernant l'approche de l'AE pouvant mener à d'autres recherches futures.

Mise en contexte

Depuis quelques années, avec l'émergence du développement durable, il y a une réflexion sur la pérennité des ressources pour les générations à venir. L'une de ces ressources est l'eau, bien universel à chacun et essentiel à la vie. D'autres préoccupations sont toutefois aussi importantes telles que l'accès à des ressources en nourriture et, par conséquent, l'accès à des sols fertiles et de bonne qualité. Actuellement, il y a plusieurs questionnements entourant l'avenir des ressources en eau et en nourriture. La situation actuelle entourant l'eau et les éléments nutritifs n'est toutefois pas des plus reluisante. D'un côté, il y a une diminution des ressources en eau de bonne qualité et de l'autre, il y a détérioration de la qualité et de la fertilité des sols par la déplétion des éléments nutritifs nécessaires à la croissance des végétaux. Cette situation fait en sorte que deux sources d'éléments essentiels à la vie humaine sont actuellement en péril.

Au niveau des ressources hydriques, il y a une diminution de la quantité et de la qualité de l'eau potable à l'échelle mondiale. Cette diminution de ressource en eau soulève des problèmes qui deviennent de plus en plus sérieux. Ces problèmes nous affectent tous et ne semblent pas se résoudre. Au contraire, il est de plus en plus question d'une crise mondiale de l'eau (Barlow, 2009 ; Panesar et Werner, 2006 ; Werner et coll., 2003). Elle soulève aussi bien des inquiétudes à différents niveaux de la consommation. L'eau est une ressource naturelle qui touche d'innombrables sphères de la vie et de l'activité humaine, ce qui en fait un enjeu prioritaire. Pour différents secteurs tels que l'industrie, la vie municipale, l'agriculture ainsi que l'environnement en général, cette détérioration des ressources est une préoccupation très actuelle (Asano, 2002 ; Barlow, 2009 ; ONU, 2011) qui n'évoluera qu'en s'accroissant puisqu'il continue d'y avoir une augmentation de la démographie mondiale. Cette croissance du nombre de consommateurs aura plusieurs incidences sur les besoins en termes de ressources naturelles. Par exemple, il y aura une augmentation de la demande en eau nécessaire à l'irrigation des champs agricoles et des différentes plantations (Asano, 2002 ; Toze, 2006).

Contrairement à ce qui pourrait être pensé, cette crise ne touche pas seulement les régions les moins nanties de la planète ou dont les ressources en eau sont déjà éparées. En effet, ce phénomène est observable dans des régions occidentales riches en ressources naturelles. Le Canada, par exemple, a été classifié par le *Water Poverty Index* comme étant le deuxième pays le plus riche en ressources d'eau, à la suite de la Finlande (Sullivan, 2002 tel que cité dans Exall et coll., 2004). Malgré tout, ce pays a été sujet à des insuffisances d'approvisionnement en eau. Ces problèmes ont été observés soit au niveau de la quantité accessible ou par rapport à des problèmes de qualité. Entre les années 1994 et 1999, environ 26 % des municipalités canadiennes ont rapporté avoir été victime d'une pénurie d'eau (Environnement Canada, 2001 tel que cité dans Exall et coll., 2004). De plus, l'activité humaine a aussi accéléré l'eutrophisation de certaines eaux de surface par son apport en phosphore et en azote causant la perte de certains habitats et des modifications au niveau de la biodiversité au Canada (Chambers et coll., 2001).

Cette situation peut s'expliquer en majeure partie par deux phénomènes : la surconsommation et l'assainissement inadéquat des eaux usées. En étant sujettes à une surconsommation, les ressources d'eau sont détériorées. En effet, dans certaines régions telles qu'au Québec, lors d'une surconsommation d'eau, les municipalités doivent prélever plus d'eau de leur source d'approvisionnement entraînant, parfois, la baisse de la qualité et de la quantité des réserves (Réseau environnement, 2009). On peut ajouter, à cette explication, l'inefficacité des systèmes de traitement des eaux usées conventionnels. On soutient que la crise de l'eau est directement reliée à des problèmes d'assainissement (Werner et coll., 2003). Ces infrastructures d'assainissement sont responsables du nettoyage des eaux usées et de l'enlèvement des éléments polluants afin que les effluents en ressortant puissent être sécuritaires pour l'environnement tout en répondant aux exigences de l'hygiène publique (Grand dictionnaire terminologique, 2011). Ces problèmes d'assainissement sont responsables d'impacts et de problèmes environnementaux entraînant la détérioration de la qualité de l'eau potable accessible et donc la diminution des sources hydriques d'assez bonne qualité pour être consommées. En revenant sur les manques

hydriques observables à la fin du vingtième siècle au Canada, l'explication qui leur est attribuée consiste en une combinaison de sécheresse, de problème d'infrastructure et d'une augmentation de la consommation (Environnement Canada, 2001 tel que cité dans Exall et coll., 2004).

En plus d'avoir un impact important sur les ressources en eau, ce même système d'assainissement entrainera, au travers de ses effluents, une forte quantité d'éléments bénéfiques à la qualité et à la fertilité du sol. Ces éléments sont présents dans les fèces et dans l'urine expulsées par l'homme. Ces déchets contiennent des matières organiques ainsi que des éléments nutritifs nécessaires aux plantes (Jönsson, 2003). Tout comme l'eau, le sol devient un sujet d'intérêts grandissant pour la continuité du développement de l'homme et la société. Il est cependant en péril lui aussi. Selon la FAO (Food and Agriculture Organisation des Nations Unies), la terre perd chaque année l'équivalent de 25 milliards de tonnes de couches arables dû à l'érosion (FAO, 1995 tel que cité dans Winblad et coll., 2004). Celui-ci se compose d'une sorte d'humus formé par la décomposition des plantes et des matières animales — incluant les déchets organiques humains. Cet humus représente une source fertile en composés carboniques et microorganismes nécessaires à la croissance des organismes végétaux (Winblad et coll., 2004).

En réponse à cette baisse de fertilité des sols, les agriculteurs font appel à différents fertilisants chimiques. L'utilisation de ces fertilisants sera en mesure d'aider la croissance des plantes en lui fournissant des éléments nutritifs tels que du phosphore (P) et de l'azote (N), mais ils ne seront pas en mesure de remplacer cet humus indispensable (Winblad et coll., 2004). De plus, ces fertilisants ne représentent pas une solution durable du fait que leur utilisation repose sur l'exploitation de ressources non renouvelables. Effectivement, il y a de plus en plus d'inquiétudes à cet effet. Certaines estimations prévoient qu'au rythme de la consommation actuelle, les réserves de phosphore s'épuiseront d'ici 60 à 130 ans (Werner et coll., 2003). Ce même phosphore se retrouve dans les effluents des systèmes d'assainissement, mais, tout comme les autres éléments

nutritifs présents dans les eaux usées, il est transporté du milieu terrestre vers les réseaux hydriques (Jönsson, 2003) sans être exploité, entraînant, par le fait même des effets dévastateurs sur les milieux récepteurs.

Les traitements conventionnels d'assainissement

Il a été stipulé précédemment que l'assainissement des eaux usées est un facteur important dans la diminution des ressources d'eau de qualité ainsi que dans la détérioration des eaux réceptrices. Pour bien le comprendre, il faut d'abord faire un survol sur la situation actuelle quant aux traitements conventionnels d'assainissement. Les prémisses à la base de l'assainissement conventionnel avancent qu'il faut jeter un regard sur les fèces comme des agents polluants et néfastes à la santé. Il faut donc les considérer comme des déchets et en disposer. Ces mêmes prémisses considèrent aussi que l'environnement est en mesure d'assimiler la disposition de ces déchets de façon sécuritaire (Werner et coll., 2009). Afin de disposer de ces déchets, deux approches s'offrent généralement aux concepteurs de systèmes d'assainissement. Il y a, tout d'abord, le système dit *drop-and-store* visant à enfouir les fèces et puis les traitements dits *flush-and-discharge* qui consistent à les évacuer dans l'environnement par leur dilution dans les différents lacs, rivières et autres cours d'eau (Winblad et coll., 2004). Ces deux types de systèmes peuvent aussi être effectués de deux façons, soit par des installations sèches ou à base d'eau (Werner et coll., 2009). Dans la société occidentale, les systèmes à base d'eau sont souvent préconisés. Les toilettes à chasse d'eau, les systèmes d'égouts et autres systèmes conventionnels sont généralement perçus par le public comme étant la solution idéale — surtout parce qu'il s'agit de la technique qu'ils connaissent — et demeurent perçus, par les experts, les spécialistes de la santé et même les environmentalistes comme étant la solution la plus appropriée (Werner et coll., 2003). Le traitement de ces déchets, souvent dans des installations centralisées, est devenu, au cours du siècle précédent, l'approche conventionnelle de l'assainissement des eaux usées. Les eaux usées sont collectées dans les résidences et industries puis transportées par un système de canalisation vers une station

d'assainissement. Ayant subi une série de traitement, les effluents ressortant de ces installations sont ensuite déversés dans les eaux de surface. Puisque cette pratique est devenue, au fil du temps, la norme en matière de système d'assainissement, les réglementations ont été élaborées en ce sens. Aujourd'hui, les réglementations sont souvent écrites de façon à exclure les systèmes n'utilisant pas l'eau comme moyen de transport (Winblad et coll., 2004), ce qui a pour effet de standardiser les méthodes d'assainissement sur ce modèle, leur donnant leur statut de traitement conventionnel. Bien que ces traitements soient devenus la norme, lorsqu'on les examine dans leur globalité, en considérant leurs impacts environnementaux, sociaux, économiques, sur la santé et bien d'autres secteurs, ils sont insatisfaisants (Werner et coll., 2003). En effet, les traitements conventionnels utilisés en vue de l'assainissement de ces effluents sont parfois désuets, défaillants, ou encore inadéquats à la dépollution des contaminants s'y retrouvant (Réseau environnement, 2009 ; Servos et coll., 2001). Cette inefficacité peut être observable à différents niveaux, mais ceux requérant le plus d'attention sont premièrement le rendement environnemental de ces installations, puis leur difficulté à répondre au contexte dans lequel il est implanté.

En matière de rendement environnemental, les systèmes conventionnels comportent de fortes lacunes quant à leur conception — utilisant l'eau comme moyen de transport des déchets —, leur rendement — étant sujet à un mauvais fonctionnement — et leur efficacité — les effluents qui en ressortent étant une source importante de polluants.

La conception des systèmes à base d'eau repose sur l'utilisation des ressources d'eau potable comme moyen de transport des déchets (Werner et coll., 2009). Qu'il s'agisse d'un système centralisé ou décentralisé, l'eau potable des installations fait office de moyen de transport pour les fèces, l'urine et autres déchets domestiques jusqu'aux systèmes de traitement des eaux usées. Cette consommation d'eau joue un rôle prépondérant dans la diminution des sources d'eau de bonne qualité. De plus, en examinant les systèmes de conduits d'évacuation, on remarque que ces systèmes d'égouts nécessitent

une énorme quantité d'eau potable. Elle est alors polluée par les déchets domestiques, commerciaux et industriels dans le but de les emmener jusqu'aux installations d'assainissement municipales. Cette eau est clairement trop précieuse pour être utilisée à cette fin et évacuée aussi facilement (Werner et coll., 2003).

Au niveau de leur rendement, les installations conventionnelles ne sont pas adéquates. En regardant les systèmes de type décentralisé, tels que les fosses septiques et les latrines, ceux-ci sont à l'origine de bien des cas de pollutions des eaux souterraines dans plusieurs régions du monde (Panesar et Werner, 2006). Cette pollution peut être explicable dans certains cas par de mauvaises connaissances du public, un mauvais encadrement des autorités locales ainsi que des standards de design inadéquats (Geary, 1998). Un design inadéquat peut être dû à un manque de considération environnementale tel que la présence d'une nappe phréatique élevée (Winblad et coll., 2004), ou l'usage inefficace des capacités rénovatrices du sol lors de la percolation des effluents. Cette percolation peut transporter des contaminants chimiques et biologiques sur de grandes distances (Gardner et coll., 1997, tel que cité dans Geary, 1998). Ce mauvais fonctionnement ne s'applique pas seulement aux systèmes décentralisés, mais aussi aux systèmes de plus grande envergure prenant en charge, généralement, des eaux usées domestiques, industrielles ainsi que les eaux de ruissellement. Ces systèmes sont très sensibles aux précipitations et sont donc souvent appelés à être déficients lors de fortes pluies. Durant une pluie abondante, les eaux de ruissellement se dirigent vers les égouts. Ces conduits ne sont pas toujours en mesure de recueillir une telle quantité d'eau et finissent à déborder. Ces débordements font en sorte que les eaux usées se retrouvent dans l'environnement sans avoir été préalablement traitées (Servos et coll., 2001). En plus de ces débordements, les stations d'assainissement municipales ne sont pas conçues pour traiter un volume illimité d'eau au même moment. Lorsque le volume maximal est dépassé, les eaux peuvent continuer d'être traitées, mais de façon moins efficace, rejetant des effluents n'étant qu'en partie dépollués. Dans certains cas, lors d'une pluie abondante, les municipalités prennent la décision de simplement rejeter le surplus dans les eaux réceptrices sans qu'il ait été traité (Lapalme et coll., 2008).

On peut voir quelques répercussions de ces déversements telles que la fermeture fréquente de plage en milieu urbain en raison de la contamination microbienne qu'elles peuvent occasionner (Servos et coll., 2001).

Cette pollution des eaux réceptrices va, cependant, au-delà de simples fermetures de plages, suite à de fortes précipitations. Lorsque les effluents d'un système d'assainissement sont rejetés dans la nature, le milieu récepteur est grandement affecté et même transformé. Dans le cas des systèmes à base d'eau, le volume d'excréments et autres substances provenant du milieu terrestre est transporté vers le milieu aquatique (Jönsson, 2003). Ces éléments, traités ou non, causent une sévère dégradation des eaux de surface telles que les lacs, rivières et zones côtières (Toze, 2006). Les décharges venant des systèmes conventionnels sont, à travers le monde, une cause majeure de la pollution de l'eau (Winblad et coll., 2004). Ce phénomène est, en partie, explicable par l'utilisation de traitements n'ayant pas un rendement adéquat au niveau de leur capacité de dépollution.

« On a toujours réglementé les effluents des installations de traitement municipales en fonction d'un niveau de technologie déterminée ou de critères de qualité des effluents au point de rejet. Or, cette forme de réglementation ne garantit ni la protection de l'environnement, ni le respect de tous les règlements environnementaux. » (Servos et coll., 2001, p. 44)

Ce type d'approche et de réglementation fait en sorte que les effluents des systèmes d'assainissement conventionnels peuvent être dangereux pour la santé de l'homme et de l'environnement.

Au point de vue de la santé, les eaux usées ayant subi des traitements conventionnels ne sont pas sécuritaires. La qualité de ces effluents n'est même pas adéquate pour être utilisés lors du nettoyage corporel dans une baignoire (Werner et coll., 2003). La réduction des agents pathogènes dans ces eaux est limitée. De plus, d'autres substances dangereuses peuvent s'y retrouver telles que des produits chimiques toxiques, pharmaceutiques ainsi que des hormones (Werner et coll., 2009). Les effluents municipaux,

selon la loi canadienne sur la protection de l'environnement, sont considérés comme étant une source importante de ces produits toxiques (Servos et coll., 2001). Suite à leur rejet dans l'eau, ils entrent dans le cycle de l'eau, le détériorent et le rendent dangereux à la consommation. Mis à part ces produits dangereux, un autre élément, tout aussi dommageable, doit être pris en considération. Il s'agit des éléments nutritifs. En plus de priver le sol d'une source bénéfique à sa fertilité, les traitements conventionnels à base d'eau introduisent dans le cycle hydrique des éléments pouvant affecter les milieux récepteurs (Werner et coll., 2003). Suite à leur introduction dans l'écosystème, ceux-ci jouent un impact sur la vie animale et végétale qui s'y trouve. Les éléments nutritifs, tels que l'azote, le phosphate et le phosphore sont de très bons fertilisants pour les végétaux. Ces fertilisants favorisent alors la croissance d'algues, et provoquent l'eutrophisation des eaux (Panesar et Werner, 2006). Un exemple de l'eutrophisation est la croissance rapide d'algues bleu-vert dans les eaux de surface (Lapalme et coll., 2008). En résumé, la poursuite de ce genre de pratiques continuera d'entraîner des répercussions néfastes sur l'environnement telles que l'eutrophisation, la croissance rapide d'algues, l'épuisement des terres arables et la dégradation de la vie animale aquatique (Jönsson, 2003).

Il a été démontré précédemment que l'approche conventionnelle de l'assainissement était peu respectueuse de l'environnement. Elle n'est pas adaptée au contexte dans lequel les traitements s'inscrivent et provoque une pression sur les milieux récepteurs. Cette pression peut aussi être ressentie d'une autre manière. Les systèmes centralisés requièrent un très gros investissement financier ainsi qu'un coût élevé d'entretien et d'opération (Werner et coll., 2003). Ces coûts ne sont pas toujours envisageables pour tous. Selon Winblad et coll. (2004), ils ne peuvent être considérés comme étant une solution viable et même accessible financièrement pour la majorité des gens. Ces systèmes centralisés ne sont, par conséquent, pas une solution adéquate à l'obtention d'une société durable. De plus, ces systèmes sont conçus pour une quantité déterminée d'utilisateurs ou selon un volume prédéterminé. Lorsque cette capacité est atteinte, il faut en faire l'expansion par la construction de nouvelles installations. Cette approche n'est donc pas toujours en mesure

d'être assez flexible pour s'adapter au contexte dans lequel il est implanté. Dans le cas des municipalités isolées, ces systèmes représentent un investissement encore plus important dû à un bassin de population réduit. La connexion de nouvelles habitations, surtout dans le milieu rural, représente des coûts très élevés (Kennedy, 1997 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). Ces coûts viennent en partie de la distance devant être parcourue par le système d'égout. Pour réussir à connecter des résidences ou industries installées dans des milieux isolés, il est nécessaire de faire la construction de nouveaux réseaux parfois sur plusieurs kilomètres. Ces réseaux représentent une quantité considérable de matériaux de construction tels que le béton (Burkhard et Craig, 2000). Dans tous les cas, le maintien de ces systèmes représente déjà des frais élevés d'entretien et l'amélioration de ces installations – qui plus est défailante —, représenterait des sommes encore plus considérables. Dans certaines situations, malgré que l'approche centralisée soit perçue comme étant la solution idéale, certaines municipalités ou résidences opteront pour des solutions décentralisées pour diminuer ces investissements. Cependant, tel que mentionné plus tôt, les systèmes conventionnels d'assainissement décentralisés représentent aussi une source de pollution pour les milieux récepteurs, donc, ne sont pas viables, d'un point de vue environnemental. Malgré les impacts environnementaux et les coûts élevés associés à l'utilisation de solutions conventionnelles, ceux-ci sont tout de même encore adoptés aujourd'hui (Werner et coll., 2003).

Approche linéaire

Les systèmes de traitements conventionnels, qu'ils soient à base d'eau ou secs, reposent sur une pensée mécaniste très présente dans le milieu. Pour plusieurs, le mauvais rendement des traitements conventionnels serait dû, en partie, à cette approche linéaire de l'assainissement de l'eau (Servos et coll., 2001 ; Toze, 2006) et qu'elle ne représente pas une solution durable à la situation (Jönsson, 2003). Elles considèrent que pour arriver à un

assainissement satisfaisant des eaux usées¹ et eaux ménagères², il n'y a qu'une direction à suivre, celle de la destruction des déchets. Pour y parvenir, la pensée traditionnelle considère le rejet comme étant la seule solution pour le traitement des déchets résiduels (Werner et coll., 2003). Cette approche étant bien ancrée dans la pensée traditionnelle, les designers et planificateurs des systèmes conventionnels focalisent leur conception sur cette vision.

Modèle – Approche linéaire des flux dans l'assainissement conventionnel des eaux usées

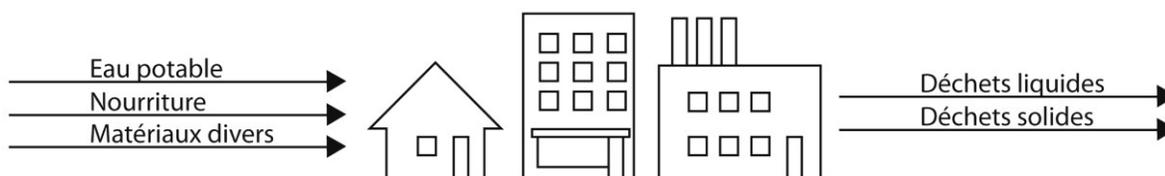


Figure 1 – Schéma de l'approche linéaire des flux dans le système d'assainissement des eaux usées conventionnel basé sur le modèle de Langergraber et Muellegger (2005)

Les solutions qu'ils développent s'alignent donc vers les meilleures méthodes permettant le déplacement, la destruction, le déchargement et même l'enfouissement de ces déchets (Werner et coll., 2003).

En plus d'être linéaire dans son approche, la planification des traitements, devant être effectuée lors de l'assainissement conventionnel des eaux usées, est aussi appliquée de façon séquentielle dans un sens unique. La gestion des eaux dans les zones urbaines a été dominée par cette approche *end-of-pipe* atteinte par l'application de solutions technologiques en réponse à des problèmes environnementaux individuels (Otterpohl, 2002). Ce schéma est le résultat d'un processus évolutif d'enchaînement d'étapes visant la résolution de problèmes répondant chacun à des enjeux individuels. C'est pourquoi les systèmes mis en place cherchent à gérer toutes les situations possibles par un contrôle

¹ On entend par eaux usées l'ensemble des effluents liquides (comprenant les eaux ménagères, les excréments, l'urine et autres déchets tels que la présence de métaux lourds et de produits chimiques) provenant des résidences, commerces et industries (Park, 2008).

² On entend par eaux ménagères les effluents de la cuisine, du bain et du lavage des vêtements (Winblad et coll., 2004, Werner et coll., 2003).

maximal de façon centralisée (Pahl-Wostl, 2005). Pour ce faire, surtout dans les milieux isolés, les systèmes conventionnels combinent les différents flux de déchets, qu'il s'agisse des eaux ménagères, des eaux noires³, des eaux usées industrielles⁴ ou des eaux de ruissellement⁵. Ces systèmes ne sont pas toujours en mesure de réduire le taux de pollution et sont très dispendieux (OMS, 2006c). Les eaux usées comportent des caractéristiques très différentes les unes des autres. D'un côté, elles sont peu polluées et nécessitent qu'un traitement simple d'assainissement, par exemple les eaux ménagères. À l'inverse, elles peuvent être très polluées par la présence de produits chimiques toxiques et dangereux ainsi que des métaux lourds comme les effluents industriels. Même si, parfois, les eaux municipales sont séparées et que les eaux usées domestiques sont traitées différemment des effluents industriels, les différents types d'eaux usées sont contaminés par les différents agents polluants propres aux autres types avec lesquels ils entrent en contact.

Dans le cas des eaux usées domestiques, l'élément le plus dangereux soulevant le plus d'inquiétudes est le volume des fèces. Ce déchet contamine l'urine, qui ne représente relativement aucun risque, ainsi qu'une grande quantité d'eau potable, sans compter les eaux ménagères (Winblad et coll., 2004). En combinant tous ces types de flux, il devient nécessaire de développer des systèmes de traitement qui peuvent prendre en charge tous les contaminants s'additionnant tout au long du parcours de l'eau à la suite de son utilisation. Ce faisant, les installations doivent être adaptées à tous types de situations, ce qui entraîne, dans certains cas, un traitement excessif et parfois inutile. Cette pratique génère une utilisation superflue d'énergie et de ressources.

³ On entend par eaux noires un mélange d'excrément, d'urine avec ou sans la présence des eaux ménagères (Werner et coll., 2003).

⁴ On entend par eaux usées industrielles un mélange d'eaux usées et de produits chimiques.

⁵ On entend par eaux de ruissellement l'ensemble des eaux issues des précipitations, de la fonte de la neige et de l'irrigation qui rejoindront un cours d'eau (Park, 2008).

Modèle - La transformation des flux d'eau potable et des éléments nutritifs à travers l'assainissement conventionnel des eaux usées domestiques

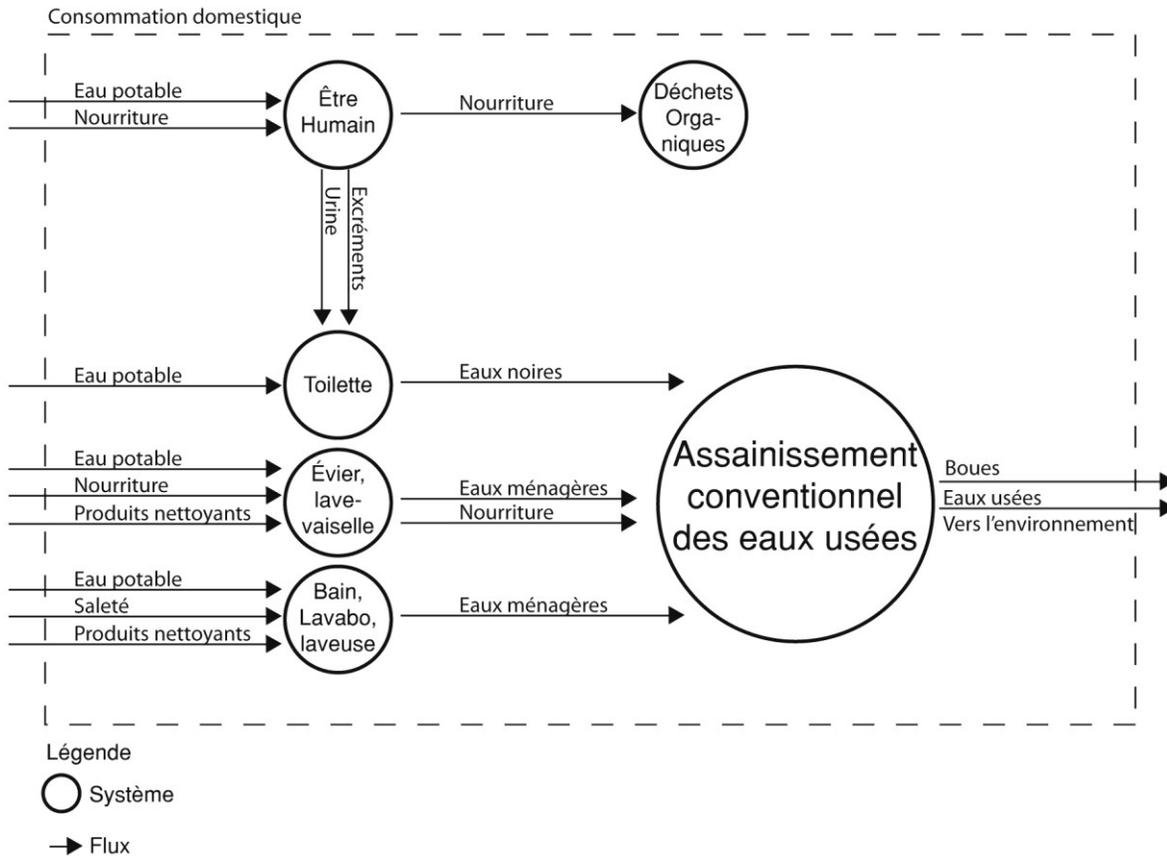


Figure 2 – La transformation des flux d'eau potable et des éléments nutritifs à travers l'assainissement conventionnel des eaux usées domestiques

La transformation des flux d'eau potable et des éléments nutritifs à travers l'assainissement conventionnel des eaux usées domestiques (figure 2) se fait de la façon suivante. Tout d'abord, il y a l'être humain, puis les activités et finalement l'assainissement. Les activités sont représentées dans le modèle par trois sous-systèmes. Ils sont catégorisés en fonction du type d'affluents et d'effluents qu'on retrouve suite à la transformation par ceux-ci (Geary, 1998). Le premier sous-système est composé des installations sanitaires soit les toilettes. Le deuxième groupe d'activités est composé des activités reliées à la nourriture ainsi qu'au nettoyage. Cette combinaison d'affluents agira sur le type de transformation qui sera effectué par le sous-système. On peut inclure dans

cette catégorie l'utilisation de l'évier ainsi que du lave-vaisselle. Le dernier sous-système des activités est représenté par l'utilisation de l'eau comme agent nettoyant. Le lavage du corps et des vêtements est réalisé au travers de ce sous-système. On peut y inclure le bain, la douche, le lavabo ainsi que la laveuse. Le dernier sous-système est l'ensemble des traitements d'assainissement des eaux usées résultantes des activités domestiques de la consommation de l'eau et des nutriments. Le système conventionnel d'assainissement d'une consommation domestique se compose généralement d'un système centralisé ou décentralisé (Geary, 1998 ; Servos et coll., 2001). Dans le cas d'un système centralisé, les installations ne se trouvent pas à proximité du domicile et les flux sont transportés par un réseau de canalisation d'égouts. Les systèmes d'assainissement sont généralement composés d'un traitement primaire et secondaire. Dans certains cas, surtout aux endroits où il y a un phénomène d'eutrophisation des eaux réceptrices, il est possible de retrouver un système tertiaire (Servos et coll., 2001). Il s'agit du dernier sous-système à franchir avant que le flux retourne vers l'environnement.

La transformation des flux se fait comme suit. Tout d'abord, l'être humain lors de sa nutrition consomme de l'eau potable ainsi que des éléments nutritifs. La nourriture non consommée, lorsqu'il s'agit de ressource organique, peut être redirigée vers un réservoir où elle sera compostée ou simplement retournée à la nature. Lors de la consommation par l'être humain, le flux de nourriture et d'eau potable est transformé. Suite à la transformation de ces ressources par le corps humain, il y a expulsion des déchets humains. Ces déchets se traduisent par les fèces ainsi que l'urine. Ces déchets seront dirigés vers la toilette. Ces deux nouveaux flux, bien que traités comme étant des déchets, sont très riches en P et en N (Panesar et Werner, 2006). Lorsque pris en charge par le système des toilettes, ces deux flux sont alors joints en un seul ensemble. L'eau potable est utilisée comme moyen de transport des déchets. Le flux sortant de ce système de transformation devient donc un ensemble d'urine, d'excrément et d'eau anciennement potable pour devenir les eaux noires. Ces eaux noires seront redirigées vers le système d'assainissement conventionnel. Maintenant, au niveau des éviers et du lave-vaisselle, le flux des affluents

est composé d'eau potable utilisée pour la cuisine ou pour le nettoyage. On peut donc ajouter à ce flux les produits ménagers tels que les produits nettoyants ainsi que les résidus de nourriture comprenant entre autres les graisses (Geary, 1998). On y ajoute le flux provenant des activités de nettoyage. Le nettoyage du corps peut aussi entraîner l'introduction de matière fécale dans l'eau, cependant comme la quantité est minime, ce flux n'est pas présenté dans le modèle. L'ensemble de ces composants mélangés dans ce système résulte en un effluent d'eaux ménagères. Le tout est additionné aux eaux noires et sera dirigé vers le système d'assainissement conventionnel. Ce flux est alors composé des eaux noires, eaux ménagères et particules de nourriture pour donner l'ensemble des eaux usées. Ces eaux usées seront transformées par les traitements primaires, secondaires et le cas échéant, tertiaires. Les effluents en ressortant sont les boues et biosolides qui seront par la suite enfouis ou incinérés. La balance des eaux usées traitées sera dirigée vers le sol ou vers les eaux de surface.

Modèle – Le cycle de l'eau et des éléments nutritifs selon l'approche linéaire conventionnelle de l'assainissement lors de la consommation domestique

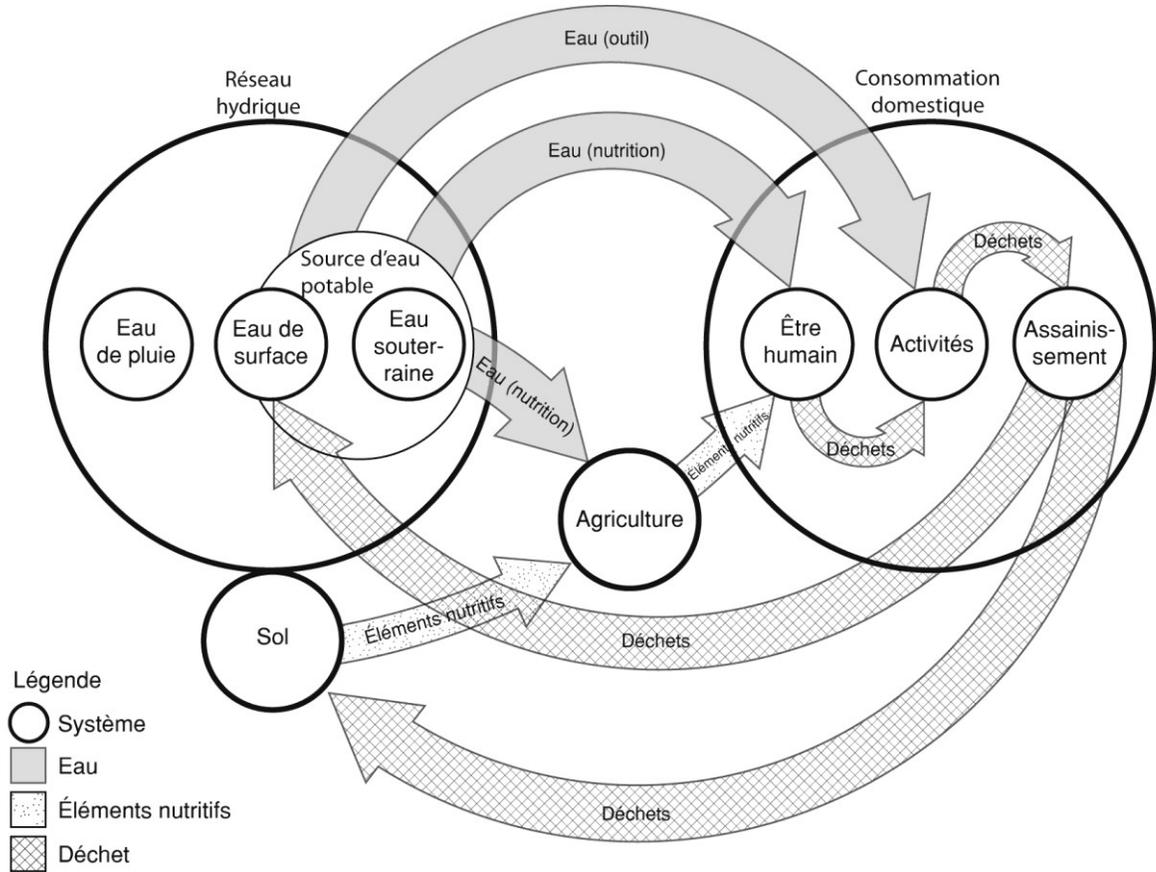


Figure 3 – Le cycle de l'eau et des éléments nutritifs selon l'approche linéaire conventionnelle de l'assainissement lors de la consommation domestique

Ce modèle (figure 3) présente l'assainissement conventionnel se basant sur l'approche linéaire dans un contexte plus global. En se basant sur la littérature scientifique de l'assainissement des eaux usées et sur ces définitions, on remarque que le cycle est alors composé de différents systèmes ici présentés. Premièrement, il y a le système hydrique. Il est composé des eaux de pluie, des eaux souterraines (nappe phréatique) et des eaux de surface (étendus d'eau telles que les lacs, rivières, mers et océans). Les sources d'eau potable conventionnelles sont généralement les eaux souterraines et les eaux douces de surface provenant des lacs et rivières excluant les eaux salées. Ces eaux sont par la suite amenées à être consommées dans le milieu domestique. Les nutriments, pour leur part,

proviennent du sol et sont transportés dans la nourriture au travers de l'agriculture (Panesar et Werner, 2006 ; Werner et coll., 2009). La nourriture est par la suite consommée à travers le système de consommation domestique.

La consommation domestique de l'eau et des éléments nutritifs se compose des êtres humains de leurs activités reliées à l'eau (par exemple, la cuisine, l'utilisation comme agent nettoyant ou bien dans le transport des eaux usées) et des systèmes d'assainissement des effluents (Geary, 2006 ; Karpiscak et coll., 1990) représentant chacun des sous-systèmes.

Tout d'abord, l'eau est recueillie dans une source d'eau potable se retrouvant dans le réseau hydrique (Geary, 2006 ; Panesar et Werner, 2006). Par la suite, elle est dirigée vers le système de consommation domestique pour être utilisée en tant que source de nourriture (par la consommation de l'être humain) ou bien en tant qu'outil dans les différentes activités domestiques (Geary, 2006). L'eau potable est aussi utilisée dans l'agriculture pour nourrir et faire pousser la nourriture où elle est combinée aux différentes sources d'éléments nutritifs (Panesar et Werner, 2006). Cette nourriture est ensuite acheminée à la résidence pour être consommée par l'être humain. À travers le processus de consommation, les différentes ressources naturelles sont transformées et combinées. Les déchets qui en résultent subissent un assainissement avant d'être retournés dans l'environnement. Cet assainissement sert à diminuer les impacts des déchets sur les différents systèmes récepteurs. Dans le cas de l'assainissement conventionnel, les effluents sortant du système d'assainissement sont encore considérés comme des déchets (Panesar et Werner, 2006). Ils peuvent être composés d'un mélange d'agents pathogènes, de produits chimiques, d'éléments nutritifs, de sous-produits, de boue et de biosolides ainsi que d'autres éléments pouvant être considérés comme ayant un impact important sur les systèmes récepteurs (Servos et coll., 2001). Ces effluents sont acheminés vers le réseau hydrique ou dans le sol (Brix et coll., 2005 ; Panesar et Werner, 2006). Par percolation, les eaux se retrouvant dans le sol finissent par pénétrer le réseau hydrique (Geary, 1998 ;

Réseau environnement, 2009). Cette dernière étape vient alors compléter le cycle de l'eau et des éléments nutritifs.

D'un point de vue écologique, cette approche linéaire peut apporter des changements importants sur un écosystème (EAWAG, 2005 ; Van der Ryn et Cowan, 2007) par le déplacement des ressources naturelles d'un milieu à un autre, créant un déséquilibre. En effet, le modèle linéaire traditionnel fait en sorte que l'eau douce est importée dans une zone, parfois très éloignée de la source d'origine, puis est exportée comme eaux usées à la suite de son utilisation (EAWAG, 2005). Le flux des éléments nutritifs et des matières organiques subit le même sort et est souvent transporté du milieu terrestre aux différents milieux aquatiques (Jönsson, 2003). Il y a donc un manque de recouvrement de ceux-ci. Ils sont extraits du sol par l'agriculture pour ensuite être consommés par l'être humain. Suite à leur consommation, ils sont rejetés dans les eaux réceptrices par le biais des eaux usées sans pouvoir retourner à la terre. Ces éléments possèdent une grande valeur agricole, mais sont rarement redirigés vers ce secteur dans l'approche conventionnelle. Même lorsque les boues sont réutilisées comme fertilisants dans les champs, celles-ci ne retournent qu'une fraction des éléments nutritifs dans le sol (Panesar et Werner, 2006). Les solutions *end-of-pipe* n'ont pas été en mesure de répondre à ces lacunes environnementales et à voir l'augmentation des répercussions qu'elles causent, elles ne le seront pas plus dans le futur (Jönsson, 2003). C'est pourquoi, de plus en plus, il y a une réévaluation de l'approche utilisée lors du traitement des eaux usées. Il est possible, avec nos technologies et les avancées dans le domaine de l'assainissement, d'arriver à une solution durable qui prendra en considération tous les éléments et l'environnement entourant l'assainissement. Pour ce faire, il sera, cependant, nécessaire de modifier l'approche lors de la planification des traitements ou, du moins, d'y apporter des changements (EAWAG, 2005). Les autorités en place et les planificateurs se voient donc confrontés à deux alternatives. D'un côté, ils pourraient chercher à améliorer les traitements en place, mais ils devront toujours faire face aux limites et aux faiblesses que ce système possède. L'autre solution est donc d'aborder la problématique en cherchant de nouvelles

solutions novatrices pouvant y répondre (Winblad et coll., 2004). Selon plusieurs chercheurs, tels que Jönsson (2003), l'amélioration des systèmes en place ne représente pas une solution durable. L'une des lacunes que ces professionnels reprochent à ce type de système linéaire, c'est qu'il va à l'encontre des cycles naturels des ressources au lieu de tenter de s'adapter à celui-ci.

Approche écosystémique de l'assainissement

Afin d'y arriver, il faudrait changer le paradigme dominant l'approche conventionnelle pour un paradigme environnemental qui supporterait les interrelations présentes dans la nature. Un paradigme qui tenterait d'être en harmonie avec l'écosystème et qui baserait ses fondements sur les principes fondamentaux s'y déroulant (Werner et coll., 2003). L'assainissement des eaux usées nécessite une modification de la nature qui nous entoure et comme le mentionne Winblad et coll. (2004), il est alors nécessaire de prendre en considération ces écosystèmes locaux et planétaires. Si le développement de nouvelles approches d'assainissement contribue à la réduction de la qualité de notre environnement et des habitats naturels, l'être humain court alors à sa propre perte. Ce paradigme devra aussi s'inscrire dans une idéologie de design écologique s'il veut être en mesure de respecter et conserver l'environnement naturel. On entend par design écologique un design qui minimisera les impacts néfastes sur l'environnement en tentant plutôt de s'intégrer aux processus de vie (Van der Ryn et Cowan, 2007). Van der Ryn et Cowan (2007) expliquent que cette intégration implique que le design respectera la diversité des espèces, réduira la perte de ressources — tel que les matières organiques —, préservera les éléments nutritifs et le cycle de l'eau tout en conservant la qualité de l'habitat et de la santé des écosystèmes humains et naturels. Pour arriver à comprendre cette approche, il faut considérer que dans la nature, rien ne se perd, rien ne se crée. Il y a un certain équilibre qui permet à un écosystème de s'autosuffire. Ce qui peut paraître comme un déchet dans une situation peut devenir source de nourriture pour un autre organisme. Une approche écosystémique visera

donc à reconsidérer les éléments traditionnellement perçus comme des déchets afin de leur permettre de réintégrer le cycle naturel en tant que nouvelle ressource. Van der Ryn et Cowan (2007) avancent dans leur livre sur le design écologique que pour arriver à une solution plus respectueuse de l'environnement, il faut concevoir avec la nature. Pour ce faire, dans le domaine de l'assainissement, il faudrait adopter une idéologie d'écologie industrielle. L'écologie industrielle, telle que décrite dans leur ouvrage, permettrait de s'intégrer à l'écosystème en place et aux différents cycles qui le composent. Elle accomplit deux choses. Premièrement, elle réutilise des déchets en les transformant en ressources, déplaçant, par le fait même, le besoin en matières premières. Deuxièmement, elle permet d'éviter que ces déchets ne deviennent une source de pollution. Il faut, pour cela, s'assurer que le choix des matériaux, des processus, des émissions et des possibilités de réutilisation sont compatibles avec l'intégrité de l'écosystème et de la biosphère. Les déchets doivent donc réintégrer le cycle de l'écosystème industriel ou retourner dans la nature de manière à être assimilés proprement par celle-ci.

Modèle - Approche circulaire des flux dans l'assainissement écosystémique des eaux usées

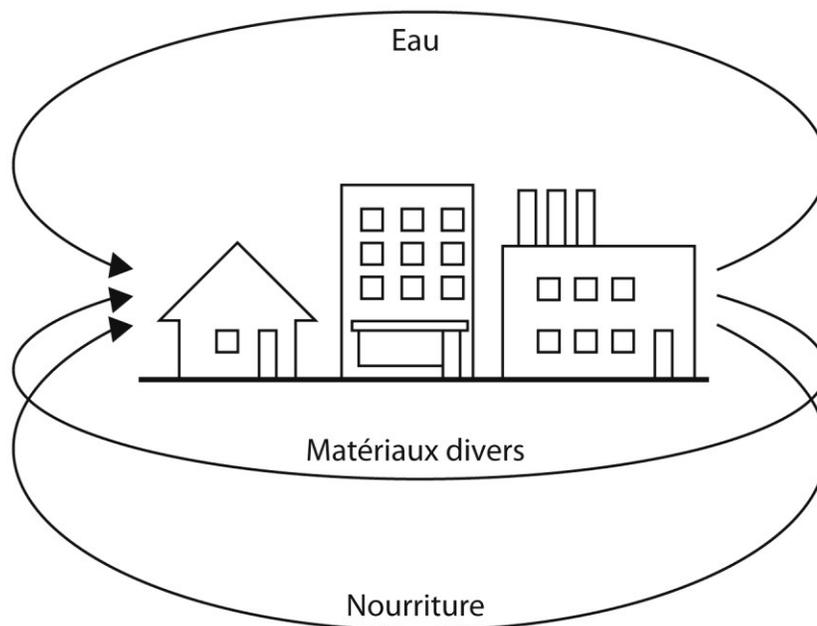


Figure 4 – Approche circulaire des flux dans l'assainissement écosystémique des eaux usées, basé sur le modèle de Langergraber et Muellegger (2005)

Approche globale de l'assainissement

Pour arriver à prendre en considération le cycle de l'eau et des éléments nutritifs ainsi que l'assainissement des eaux usées tout en respectant l'environnement et les écosystèmes qui le constituent, il devient clair qu'une approche plus complexe de la problématique de l'eau est de mise. De plus, une grande partie de la résolution du problème semble se situer dans la méthode de traitement des eaux usées, puisque les enjeux néfastes sur l'environnement découlent surtout de cette intervention humaine. Cette intervention se situe au centre de plusieurs autres systèmes et ne devrait pas être traitée comme une fin en soi. Le traitement des eaux usées touche à d'autres problématiques, celles-ci devraient être considérées lors de la planification (Burkhard et Craig, 2000). Devant la complexité de la problématique et de l'ensemble des systèmes l'entourant, plusieurs chercheurs avancent qu'une approche alternative plus globale de la gestion de l'eau permettrait d'y répondre plus adéquatement, tout en s'intégrant à l'écosystème l'englobant (Pahl-Wostl, 2005 ;

Schröder et coll., 2007). Par conséquent, ce n'est qu'en portant un regard sur l'ensemble des composantes de ce système ainsi que sur les interrelations que chacune d'elles a l'une vis-à-vis de l'autre, qu'il sera possible de comprendre les enjeux et les répercussions qu'elles ont sur la cohésion du système.

« La compréhension de l'ensemble des caractéristiques d'une installation ou d'un système d'exploitation facilite l'élaboration d'idées novatrices pour la réduction des coûts et des volumes de déchets et l'amélioration de l'efficacité de l'énergie et des ressources. » (Servos et coll., 2001, p.24)

Dans cette optique, il est nécessaire d'aboutir à une harmonie entre les éléments. Celle-ci nécessite une mise à niveau des objectifs techniques, économiques, environnementaux et sociaux. Ces objectifs doivent, de surcroît, être en accord avec les demandes et besoins des promoteurs, planificateurs, les agences gouvernementales et les consommateurs (Burkhard et Craig, 2000).

Réutilisation de l'eau comme approche globale

Afin de répondre à cette nécessité de translation d'une approche linéaire vers une approche plus écosystémique, plusieurs stratégies ont commencé à émerger depuis quelques années. L'une d'entre elles est la réutilisation de l'eau, plus particulièrement des eaux ménagères. Il s'agit d'une approche globale de la gestion de l'eau et de son cycle. Cette approche permettrait de réutiliser les effluents comme sources nouvelles d'eau non potable pouvant servir à remplacer l'utilisation d'une eau de bonne qualité là où elle n'est pas nécessaire (Exall et coll., 2004). La réutilisation de l'eau accomplit deux fonctions fondamentales (Asano, 1998 tel que cité dans Asano, 2002). Tout d'abord, l'eau, ayant été traitée, est considérée comme nouvelle ressource pouvant être utilisée à plusieurs fonctions. Celle-ci peut, entre autres, servir à l'arrosage des parcs, terrains de golf et autres utilisations n'ayant aucun impact néfaste sur l'environnement et surtout ne compromettant pas la sécurité de l'homme au niveau de la santé. En utilisant cette ressource comme source

alternative d'eau potable, on diminue la quantité d'eau prélevée des sources d'eau potable, réutilisant celle-ci plus d'une fois (Exall et coll., 2004). Deuxièmement, en réutilisant cette eau de moindre qualité, on réduit la quantité des effluents rejetés dans les différentes eaux réceptrices. Cette stratégie permettrait de réduire la pollution des eaux de surface et souterraines. L'approche plus globale de réutilisation de l'eau permettrait alors de réduire la pression effectuée sur les différentes sources limitées en eau, tout en assurant une certaine protection de l'environnement. De plus, elle occasionnerait des répercussions dans le domaine économique en diminuant la quantité d'eau potable servant à l'agriculture et à la récréation (EAWAG, 2005). Cette approche représente donc une amélioration écologique et économique de la problématique de l'eau.

Modèle – Système d'assainissement des eaux usées appliquant la réutilisation des eaux ménagères

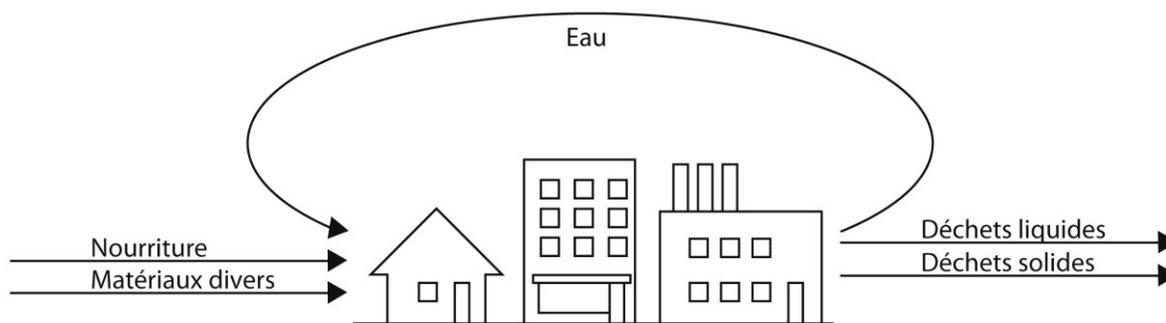


Figure 5 – Flux circulaires dans un système d'assainissement réutilisant les eaux ménagères, basé sur le modèle de Langergraber et Muellegger (2005)

Malgré tout, le cycle des éléments nutritifs est laissé de côté et le traitement des déchets solides et en partie liquides reste conventionnel. Pour arriver à une approche visant les systèmes circulaires – comme ceux qu'on retrouve dans les écosystèmes naturels —, il faut viser la réutilisation et le recyclage des eaux traitées et des déchets organiques humains. Celle-ci permettra, en plus de réduire les effluents rejetés dans les eaux réceptrices et l'extraction croissante d'eau potable, de diminuer la quantité de déchets, traités ou non, dans les cours d'eau récepteurs (EAWAG, 2005) et dans les sites

d'enfouissement. Il est donc nécessaire d'aller au-delà de la gestion de l'eau et d'adopter une approche encore plus globale des ressources naturelles.

L'Assainissement Écologique (AE)

Depuis une dizaine d'années, on voit se développer une approche plus globale de la gestion des ressources naturelles prônant un changement de paradigme par rapport à la conception et à la planification de l'assainissement de l'eau. Cette approche se nomme l'Assainissement Écologique (AE), plus souvent connue sous l'abréviation anglaise EcoSan. L'AE vise les mêmes objectifs que ceux de l'assainissement conventionnel soit : l'amélioration de la santé et de l'hygiène. Cependant, afin de permettre une gestion plus globale de la situation, le principe de l'AE repose sur la fermeture du cycle des ressources naturelles par l'annexion de l'assainissement à l'agriculture. Il s'agit d'une nouvelle approche cherchant à fermer la boucle sur le cycle des matériaux pour arriver à produire un écosystème fermé, au lieu d'utiliser des technologies *end-of-pipe* énergivores et dispendieuses. Ce paradigme émergent se veut durable écologiquement et au niveau de l'environnement. Il est aussi adapté aux besoins et conditions du contexte local (Werner et coll., 2003). Ce système complexe appelle donc les designers et différents professionnels de l'aménagement⁶ à considérer un éventail plus vaste de facteurs (Werner et coll., 2003).

Historique de l'approche

Avant de mieux définir en quoi consiste l'AE, il faut d'abord comprendre les origines de son élaboration et les facteurs y ayant contribué. Comme cette approche est encore émergente, il est intéressant de mieux comprendre son développement. Tout d'abord, l'AE est apparu en réponse aux *Objectifs du Millénaire pour le Développement* (OMD), élaborés lors du sommet du millénaire des Nations Unies de 2000, ainsi qu'au plan de mise en application de Johannesburg, élaboré lors du sommet mondial pour le

⁶ On entend par professionnels de l'aménagement les architectes, ingénieurs, architectes du paysage, designers, urbanistes et autres consultants dans les disciplines de l'aménagement.

développement durable en 2002 (Winblad et coll., 2004). L'objectif des OMD est de réduire la pauvreté, assurer la protection de l'environnement et l'accroissement de l'accès aux besoins primaires tels que l'éducation de niveau primaire, les soins de santé et la sécurité des ressources en nourriture (ONU, 2011 ; Panesar et Werner, 2006). Dans ces objectifs, on retrouve les points visant à assurer la durabilité de l'environnement et à développer un partenariat global pour le développement avec un regard particulier sur les enjeux de l'eau. Le plan de Johannesburg, quant à lui, vise la réduction de moitié de la portion des personnes n'ayant pas accès à l'eau potable et à un système d'assainissement de base d'ici 2015 (Werner et coll., 2003). Bien qu'il y ait eu des manifestations de l'AE avant ces dates, ces deux événements ont été des éléments majeurs à l'élaboration du concept.

Considérant ces objectifs et que près de quatre milliards de personnes vont manquer d'eau d'ici quelques années, un nouveau paradigme a été élaboré : l'Assainissement Écologique. Cette nouvelle approche de l'assainissement est née d'un regroupement de planificateurs, d'architectes, ingénieurs, écologistes, biologistes, agronomes et chercheurs en sciences sociales. Leur objectif était de développer une approche qui économiserait l'eau, qui ne polluerait pas et qui permettrait de retourner les éléments nutritifs rejetés par l'être humain vers le sol (Winblad et coll., 2004).

Il y eut alors des publications et des conférences sur cette approche émergente et c'est en 2003, lors du forum mondial de l'eau à Kyoto, que l'AE a été reconnu comme étant une option significative en réponse au plan de Johannesburg et aux OMD. Cette approche fut alors aussi soutenue de manière interalliée par des organismes tels que le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et le Fonds international de secours à l'enfance des Nations Unies (UNICEF) (Rosemarin, 2003).

Depuis, il y a eu dans le monde plusieurs manifestations de projets se basant sur l'AE. Ces projets sont surtout réalisés dans les pays en développement puisque l'OMD et le

plan de Johannesburg visent majoritairement ces régions. On retrouve, cependant, des exemples d'implantation de systèmes d'AE dans les cinq continents (Rosemarin, 2003). Dans les pays industrialisés, on voit même des efforts de la part d'organismes dans le but de préparer le terrain afin de permettre l'implantation de ce type de système. On peut citer l'exemple du DWA – *Association of water, wastewater and waste* – qui s'efforce à mettre en place les modifications nécessaires dans la législation et les standards allemands pour autoriser son implantation (Panesar et Werner, 2006).

La philosophie derrière l'AE

On avance que l'AE devrait être plus présente dans la planification des systèmes d'assainissement. Il devrait être considéré comme étant la nouvelle approche globale et durable puisqu'il permet un assainissement sécuritaire, réduit la pauvreté et contribue à la sécurité alimentaire. De plus, il permet la conservation de l'environnement de l'être humain autant dans les pays industrialisés, en développement ou émergents (Werner et coll., 2009). Donc, bien que l'AE se retrouve souvent dans les pays en développement, cette approche se veut assez flexible pour s'adapter à tous les contextes. De plus, en réponse au besoin de globalité de l'approche et de la protection de l'environnement par l'intégration à l'écosystème, l'AE introduit un concept de durabilité et de gestion intégrée écosystémique de l'eau et des ressources naturelles dans l'assainissement (Panesar et Werner, 2006). En adoptant cette philosophie, on obtient alors une approche prônant les systèmes cycliques, fermés et durables (Winblad et coll., 2004). On peut reconnaître ce système comme solution *sanitize-and-recycle* plutôt que *drop-and-store* ou *flush-and-forget* comme on retrouve dans les approches conventionnelles.

Le fonctionnement d'un système d'AE

L'AE se base sur trois principes fondamentaux pour arriver à fermer la boucle sur le cycle des ressources naturelles lors de la planification des systèmes d'assainissement. Tout d'abord, l'AE tente de prévenir la pollution avant qu'elle ne survienne, plutôt que d'adopter

des solutions *end-of-pipe*. Puis, il vise à faire l'assainissement de l'urine et des fèces. Finalement, par l'utilisation de ces deux éléments traités et rendus sécuritaires, il retourne les produits résiduels vers le milieu agricole (Panesar et Werner, 2006).

Pour arriver à répondre à ces trois principes, l'AE doit considérer les excréments humains et l'eau provenant du domicile comme de nouvelles ressources (Werner et coll., 2003). Pour ce faire, il est important de reconnaître les fèces et l'urine comme une ressource d'éléments nutritifs et de matières organiques pouvant être recyclées plutôt qu'une source de déchets, tel que se le représente l'approche conventionnelle. Au niveau de l'environnement, la réutilisation des déchets dans l'agriculture permet l'enrichissement du sol et ses capacités de rétention. L'idée de réutilisation dans l'agriculture ne s'arrête pas à la réutilisation des éléments nutritifs, mais aussi à la réutilisation des eaux ménagères pour l'irrigation, des matières organiques comme source de composte et les biogaz comme source d'énergie (Werner et coll., 2003). De plus, lors du symposium sur l'AE à Lübeck, en 2003, dix actions prioritaires nécessaires à la promotion et à l'amélioration de sa pratique ont été élaborées (Annexe 1). La troisième d'entre elles avance que l'AE ne sera pas complet tant qu'il n'y a pas cette réutilisation des effluents du système dans le milieu agricole, ce qui en fait un point fondamental.

Modèle - Le cycle de l'eau et des éléments nutritifs lors de la consommation domestique selon l'Assainissement Écologique

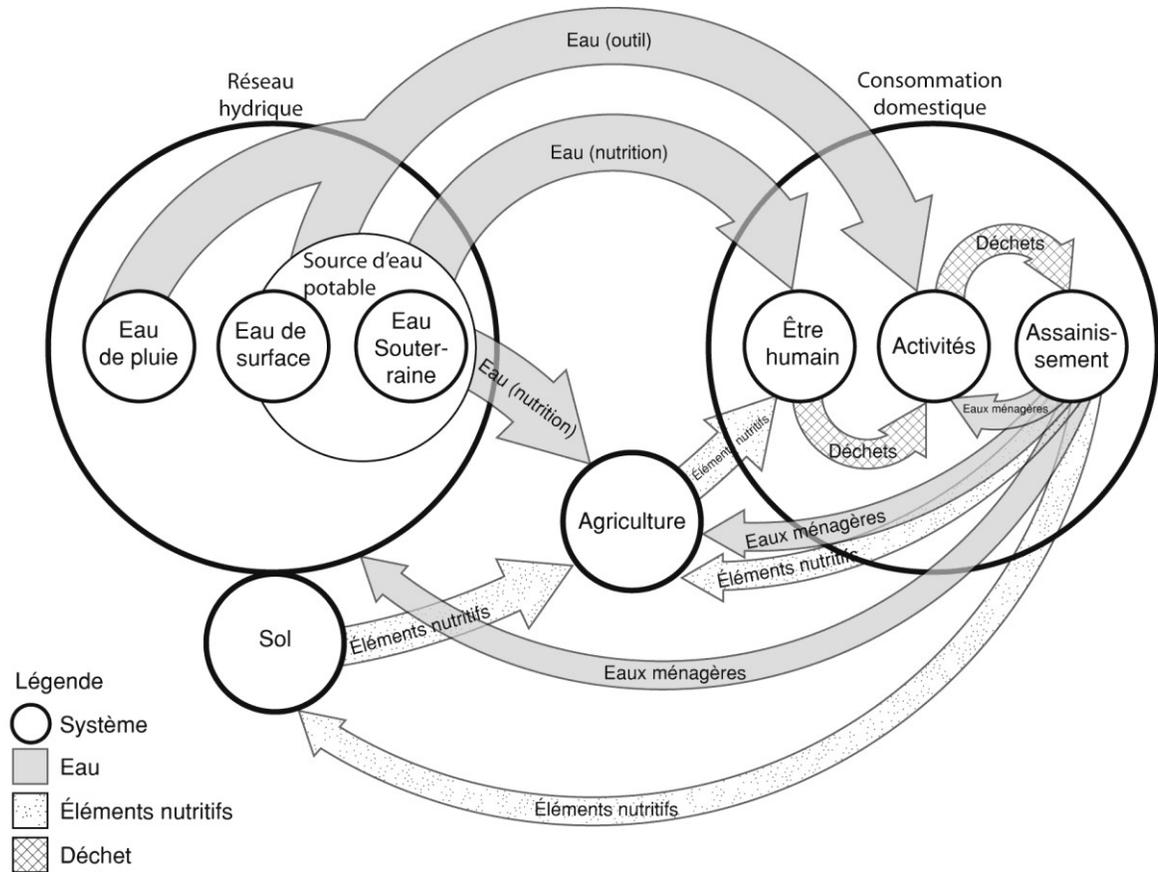


Figure 6 – Le cycle de l'eau et des éléments nutritifs lors de la consommation domestique selon l'Assainissement Écologique

En conservant les mêmes composants que dans le modèle sur *le cycle de l'eau et des éléments nutritifs selon l'approche linéaire conventionnelle de l'assainissement lors de la consommation domestique* (figure 3), il est possible de réorganiser les flux pour en obtenir leur fermeture conformément à l'AE (figure 6). Ce modèle se base principalement sur les textes de Panesar et Werner (2006) et Werner et coll. (2009). Tout d'abord, afin de diminuer la pression sur les sources d'eau potable souterraines et de surface, l'eau de pluie peut être envisagée comme nouvelle source d'eau nécessitant un minimum de traitement pour être utilisée en tant qu'outil (Burkhard et Craig, 2000) dans les activités du système de consommation domestique ainsi que dans l'agriculture. Par la suite, en transformant les

activités dans la consommation domestique ainsi que les traitements d'assainissement, il y a une modification de la nature des effluents. Comme expliqués précédemment, les éléments nutritifs ainsi que les eaux usées traitées ne sont plus perçus comme des déchets, mais bien comme de nouvelles ressources. En modifiant la perception de ces matières, il est désormais possible de les réutiliser en les redirigeant vers les systèmes adéquats. Les nouvelles ressources, riches en phosphore (P) et en azote (N), pourront être réutilisées pour fertiliser les champs à travers des activités agricoles ainsi que par l'enrichissement du sol. Cela permettra de régénérer les sources de fertilisants de nature minérale. Cette intervention vient directement répondre à la demande de l'AE en permettant de fermer la boucle au niveau des nutriments. En ce qui a trait à l'eau utilisée dans le domicile, en traitant de façon adéquate les polluants qu'elle peut contenir en fonction du type d'eaux usées, celle-ci pourra être réutilisée dans d'autres activités. La ségrégation des différents types d'eaux usées permettra la redirection des effluents vers les systèmes pouvant les traiter sans compromettre la qualité de ses composants. Ces eaux, suffisamment traitées, pourront régénérer les aquifères souterrains et les eaux de surface sans pour autant y intégrer des produits pouvant être toxiques ou dommageables à l'environnement récepteur.

Selon les auteurs Werner et coll. (2003), pour réutiliser les différents composants des eaux usées dans l'agriculture, optimiser la qualité des traitements et, par le fait même, l'efficacité des coûts, deux principes sont souvent appliqués et encouragés par l'AE. Premièrement, les flux ayant des caractéristiques différentes, telles que les eaux brunes⁷, les eaux jaunes⁸ et les eaux ménagères – on peut ajouter à la liste les eaux usées industrielles – sont collectés séparément. Cette stratégie aura pour effet d'optimiser les coûts et les opportunités de réutilisation. Deuxièmement, la dilution des différents flux par l'ajout d'eau potable devrait être évitée. Cela minimisera la consommation d'eau potable et permettra la production de produits recyclables concentrés. On donne comme exemple de

⁷ On entend par eaux brunes les eaux noires sans urine (Park, 2008).

⁸ On entend par eaux jaunes les urines ou le mélange des urines et des eaux ménagères (Park, 2008).

traitements l'utilisation de systèmes secs, à faible débit d'eau ou utilisant la technologie de vacuum.

Modèle - La transformation des flux d'eau potable et des éléments nutritifs à travers l'assainissement des eaux usées domestiques basé sur le paradigme de l'Assainissement Écologique

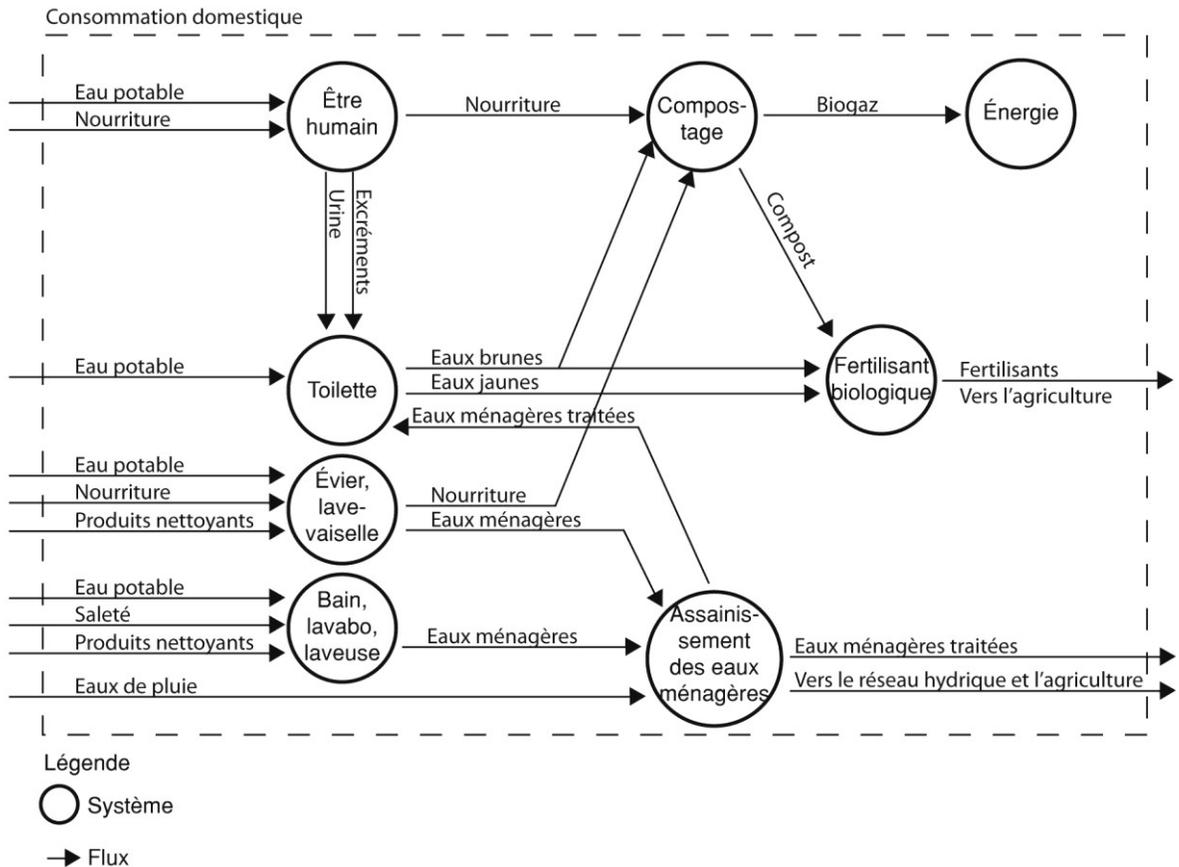


Figure 7 – La transformation des flux d'eau potable et des éléments nutritifs à travers l'assainissement des eaux usées domestiques basé sur le paradigme de l'Assainissement Écologique

Ce qui nous amène à revoir le modèle de l'assainissement des eaux usées domestique conventionnel (figure 3) et d'y apporter des modifications en se basant sur l'AE tel que peut le démontrer le modèle de *la transformation des flux d'eau potable et des éléments nutritifs à travers l'assainissement des eaux usées domestiques basé sur le paradigme de l'Assainissement Écologique* (figure 7). La première transformation se produit au niveau du sous-système des déchets organiques. Comme avancé par l'AE, il faut

considérer les matériaux, traditionnellement perçus comme des déchets, comme étant de nouvelles ressources contrairement au système linéaire d'assainissement conventionnel (figure 2). Les déchets organiques reliés à la nutrition peuvent alors être redirigés vers le sous-système de compostage⁹. Ce sous-système de transformation des matières organiques dégage, lors du processus de digestion, des biogaz pouvant être transformés par la suite en source d'énergie. Cette énergie pourrait être utilisée sous forme d'électricité ou dans certains cas pour la cuisson des aliments (Panesar et Werner, 2006). On peut remarquer que le même phénomène peut se produire à partir du sous-système évier / lave-vaisselle. Afin de rediriger les déchets organiques vers un système de compostage, il est nécessaire de changer la nature de la transformation au niveau de ce sous-système. Ce dernier, bien qu'il soit sensiblement le même en surface, il devra transformer sa structure interne pour permettre la séparation du flux de déchets organiques vers le compostage, du flux des eaux ménagères. Une autre transformation majeure du système conventionnel est la transformation du sous-système de toilette. Combinant traditionnellement l'eau potable et les déchets humains en une eau noire, il permettra désormais la ségrégation des types de déchets. Certains dispositifs existent à cet effet tels que les toilettes séparatrices et l'utilisation d'urinoir en plus de la cuvette. Les nouveaux effluents seront séparés en deux flux soit : les eaux brunes et les eaux jaunes. Les eaux brunes pourront être redirigées vers deux systèmes selon les besoins mis de l'avant et les choix des parties prenantes. Ces deux systèmes sont le compostage, nommé précédemment, ainsi que l'ensemble des fertilisants biologiques. Les eaux jaunes fortes en N et les eaux brunes fortes en P représentent une ressource très riche en éléments nutritifs qui seront utilisés vers l'agriculture diminuant ainsi l'utilisation de fertilisants chimiques (Servos et coll., 2001). Ce sous-système de fertilisant biologique pourrait aussi être enrichi par l'apport de compost. Les effluents restants, soit les eaux ménagères, seront alors dirigés vers un système d'assainissement des

⁹ « Procédé contrôlé de décomposition par microorganismes qui consiste à soumettre des déchets agricoles ou urbains déchiquetés à diverses manipulations mécaniques et à une fermentation en aérobie, de manière à récupérer les substances nutritives et les minéraux contenus dans les matières à composter, sans toutefois que la décomposition de ces matières ne dégage de substances polluantes ou de gaz fétides. » Grand dictionnaire terminologique (2011)

eaux spécialement conçu pour ce type d'eau. Il s'agit donc d'un sous-système différent de l'assainissement conventionnel. Grâce à cet assainissement sur mesure, l'effluent ressortant pourra être redirigé vers l'agriculture et le réseau hydrique. De plus, ces eaux ménagères traitées pourront être une nouvelle source d'eau pour le fonctionnement des toilettes à chasse d'eau. Cette nouvelle structure permettrait alors la seconde utilisation de cette ressource.

Les objectifs de l'AE

Bien que l'AE se base sur trois principes fondamentaux et qu'il tente de répondre aux OMD ainsi qu'au plan de Johannesburg, ce concept, au cours des années, a élaboré ses propres objectifs. Le principal d'entre eux peut se résumer comme suit. Dans sa vision globale de l'assainissement, l'AE permettrait, idéalement, la récupération de tous les éléments nutritifs, matières résiduelles, ainsi que l'énergie contenue dans les eaux usées domestiques et dans les matières organiques dans le but de les réutiliser en totalité dans l'agriculture (Werner et coll., 2003). Malgré tout, l'AE possède aussi plusieurs objectifs secondaires résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 – Objectifs de l’Assainissement Écologique

<p>Objectifs visant la santé des utilisateurs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduire les risques sur la santé au niveau de l’assainissement, des effluents et des déchets (Werner et coll., 2003) - Permettre le recyclage sécuritaire et hygiénique des éléments nutritifs (Werner et coll., 2009) - Être en mesure de détruire et d’isoler les agents pathogènes se retrouvant dans les fèces (Winblad et coll., 2004) <p>Objectifs visant l’environnement naturel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prévenir la pollution des ressources hydriques (Winblad et coll., 2004) - Conserver les ressources d’eau potable (Winblad et coll., 2004) - Améliorer la qualité des eaux de surface et souterraines (Werner et coll., 2003) - Préserver et améliorer la fertilité du sol (Werner et coll., 2003 ; Werner et coll., 2009) - Retourner les éléments nutritifs dans les sols (Winblad et coll., 2004) <p>Objectifs visant le rendement économique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permettre l’accessibilité des systèmes d’assainissement aux personnes les moins nanties de la planète (Winblad et coll., 2004) <p>Objectifs visant les considérations sociales et culturelles</p> <ul style="list-style-type: none"> - Être acceptable au point de vue esthétique (Winblad et coll., 2004) - Être en accord avec les valeurs sociales et culturelles du milieu (Winblad et coll., 2004) - Offrir aux usagers la possibilité de s’exprimer sur leurs besoins (Werner et coll., 2003) <p>Objectifs visant l’aménagement des systèmes d’AE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Offrir un système robuste et facile à entretenir (Winblad et coll., 2004) - Optimiser la gestion des ressources naturelles (Winblad et coll., 2004)
--

Avantages de l’AE

En se basant sur le discours des promoteurs de l’AE, il est possible aussi d’établir une liste des principaux avantages de son application tel que démontré dans le tableau 2.

Tableau 2 – Avantages de l'Assainissement Écologique

<p>Au niveau de l'agriculture et de l'environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diminution de la quantité d'eau consommée (Winblad et coll., 2004) - Diminution des fertilisants chimiques contribuant à la dégradation de la qualité des eaux (Winblad et coll., 2004) - Diminution des coûts reliés à l'utilisation de fertilisants chimiques (Winblad et coll., 2004) - Accessibilité à un fertilisant naturel riche en éléments nutritifs (Winblad et coll., 2004) - Retour continu à la terre d'éléments nécessaires à la fertilité du sol de manière à être durable (Winblad et coll., 2004) - Augmentation du carbone dans le sol (Winblad et coll., 2004) - Augmentation de la fertilité du sol (Winblad et coll., 2004) - Augmentation de la croissance des végétaux (Winblad et coll., 2004) - Diminution du dioxyde de carbone par l'augmentation des possibilités de photosynthèse (Winblad et coll., 2004) - Conservation des ressources de haute qualité (Werner et coll., 2009) - Conservation des ressources non renouvelables (Panesar et Werner, 2006) - Équilibre entre les éléments nutritifs rejetés par l'homme et ceux nécessaires à la croissance de sa nourriture (Panesar et Werner, 2006) - Accessibilité de l'agriculture aux plus démunis (Panesar et Werner, 2006) - Minimise l'introduction d'agents pathogènes dans le cycle de l'eau (Werner et coll., 2009) <p>Au niveau du domicile et du voisinage</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la nutrition par l'utilisation de fertilisants naturels dans les jardins privés (Winblad et coll., 2004) - Assurance d'une sécurité alimentaire pour les milieux ruraux et urbains (Winblad et coll., 2004) - Possible augmentation de la sécurité dans le domaine de la santé par l'augmentation de la production agricole (Jönsson, 2003) - Représente une opportunité économique (Jönsson, 2003) - Représente une opportunité de renforcer le secteur de l'assainissement par la formation d'alliances (Winblad et coll., 2004) - Réduction des coûts reliés aux traitements de l'eau potable et des eaux usées (Werner et coll., 2009)

L'AE comme approche complexe et interdisciplinaire

Comme expliqué précédemment, l'AE est une approche globale qui nécessite de prendre en considération un éventail plus vaste de facteurs comparativement à l'assainissement conventionnel. De plus, il considère qu'il ne faut pas adopter une solution

qui soit universelle et applicable dans tous les contextes, mais plutôt que celle-ci soit adaptée aux caractéristiques et conditions particulières à chaque milieu (Panesar et Werner, 2006). C'est pourquoi l'AE ne prône aucune technologie en particulier, mais plutôt un assemblage de celles-ci en lien avec le lieu d'implantation, dans le but de répondre aux objectifs d'assainissement. Pour ce faire, il faut donc que cette approche interdisciplinaire aille au-delà des disciplines et techniques associées traditionnellement à l'assainissement. Il faut aussi répondre à des enjeux plus larges au niveau de l'agriculture, la sociologie, la santé et l'hygiène, l'urbanisme, l'aménagement, l'économie, la gestion des ressources et bien d'autres secteurs (Werner et coll., 2003 ; Werner et coll., 2009). Ce changement de paradigme appelle donc à revoir l'assainissement de façon plus complexe et à développer de nouveaux critères dans l'application des systèmes par exemple : l'efficacité au niveau des ressources, la demande en énergie du système, les risques sur la santé, les risques environnementaux, la création d'emplois et des analyses de rendement économique du système (Werner et coll., 2003). De plus, dans le but de concevoir un système d'AE, il est essentiel d'adopter une approche participative lors de la planification du système. Cette stratégie répond aux principes de Bellagio (annexe 2) de 1996 concernant le développement durable. Ces principes, élaborant les recommandations pour le progrès du développement durable, ont été intégrés dans l'AE afin d'en améliorer sa durabilité. On retrouve l'un de ces principes clairement identifié dans la cinquième action de Lübeck. Celle-ci vise à assurer la participation de tous les acteurs dans la planification, le design, l'implantation et la surveillance du système. Plusieurs outils ont été développés pour assurer une approche participative dans le design. Cependant, afin de s'accorder avec les principes de Bellagio et de l'AE, l'approche de l'Assainissement environnemental centré sur les ménages (HCES) (EAWAG, 2005) est souvent envisagé comme outils de planification positionnant l'utilisateur, ou le groupe d'utilisateurs, au centre des décisions. Selon les auteurs Werner et coll. (2003), les deux principaux fondements de l'HCES sont les suivants :

Tableau 3 – Principaux fondements de l'HCES

- La planification devrait se centrer sur le ménage de sorte que les décisions partent du bas vers le

haut au lieu de l'inverse. L'utilisateur devrait avoir une place dans la planification. Puis, les enjeux de l'assainissement devraient être pris en charge le plus près possible de l'endroit où il s'effectue.

- La gestion des ressources devrait être circulaire plutôt que linéaire comme l'assainissement conventionnel.

Ces points, étant préconisés par l'AE, font en sorte que l'outil HCES s'accorde parfaitement avec ses objectifs.

L'AE est donc une solution écosystémique plus écologique à la problématique de l'eau et des éléments nutritifs. Il s'accorde avec les principes de développement durable de Bellagio tout en répondant au plan de Johannesburg et aux OMD. Il représente une approche complexe et globale de l'assainissement préconisant la participation de tous les acteurs, se centrant sur l'utilisateur, tout en s'adaptant à tous les contextes.

Problématique

Malgré qu'elle semble représenter une solution plus écologique et durable à la gestion des ressources naturelles, cette approche émergente est peu fréquemment utilisée et les expériences sont encore rares au sujet de son implantation et de sa planification (Werner et coll., 2003), surtout dans les pays industrialisés; on en retrouve quelques petits projets en Suède et en Allemagne (Sustainable sanitation alliance, 2009 ; Winblad et coll., 2004). Puisque l'AE a surtout une volonté de répondre aux OMD et au plan de Johannesburg et que la problématique qu'ils adressent se retrouve surtout dans les pays en développement, c'est donc majoritairement dans ces régions qu'on retrouve des exemples de projets. L'AE a pourtant été démontré dans plusieurs contextes à l'échelle planétaire et a même été utilisé dans des climats tempérés du nord de l'Europe (Werner et coll., 2003). Bien que l'AE soit une solution très adéquate en réponse aux problèmes d'assainissement dans les régions plus démunies en matière d'eau et de ressources financières, il ne devrait pas être considéré comme étant une solution de seconde classe, seulement envisageable pour les pauvres (Winblad et coll., 2004). Il y a un besoin pressant de développer des solutions pour le milieu rural et le milieu urbain afin d'y démontrer les avantages de cette approche (Panesar et Werner, 2006).

La situation dans les pays industrialisés

Tout comme dans les pays en développement, on retrouve le même phénomène de pénurie d'eau, de surconsommation de l'eau et de gaspillage des ressources naturelles ainsi qu'un mauvais rendement des traitements d'assainissement (Barlow, 2009 ; Burkhard, 2006 ; Stenekes, 2006). L'AE pourrait représenter une solution adéquate pour répondre à cette situation et ainsi améliorer le rendement environnemental des installations. Toutefois, on retrouve peu d'exemples de systèmes visant la réutilisation de l'eau et donc encore moins visant à se conformer à l'AE. Les régions industrialisées se prêtant à cette activité de réutilisation sont majoritairement les régions où il y a une faible présence de sources d'eau potable telles que la Californie ou l'Australie. Malgré que cette stratégie modernisée soit

connue depuis une centaine d'années, on la pratique rarement dans les pays européens (Salgot, 2008) ainsi qu'au Canada (Exall et coll., 2004). En portant un regard plus particulier sur le Canada, on remarque que les eaux usées, surtout au niveau municipal, représentent justement une préoccupation due au volume de déchets qu'elles contiennent et de leur impact sur l'environnement (Servos et coll., 2001). De plus, les régions nordiques, par leur climat, ne présentent pas les mêmes enjeux que les autres pays industrialisés et comportent des caractéristiques différentes des régions en développement. Il serait donc nécessaire de les étudier plus en détail.

Plusieurs causes sont envisageables pour expliquer ce manque de pratique de l'AE dans les pays industrialisés. L'une d'entre elles est le manque d'information et d'éducation auprès des professionnels de l'aménagement et de la population quant au cadre clair et de son application. Les systèmes d'AE sont peu connus et peu compris (Winblad et coll., 2004). De plus, les professionnels les plus informés ne sont pas toujours au courant de cette approche émergente. Il est donc évident que cette approche ne peut être envisagée si elle n'est pas connue en tant qu'alternative à l'assainissement conventionnel. Ceux qui sont au courant de l'approche, sont confrontés à une conception beaucoup plus complexe que dans les systèmes conventionnels et ne sont pas toujours en mesure de la maîtriser. Il leur manque les connaissances de base leur permettant de le mettre en application (Werner et coll., 2003). Dans la plupart des universités, la formation entourant cette approche ne fait pas partie du curriculum (Panesar et Werner, 2006). Le rôle d'un ingénieur dans la planification des systèmes d'assainissement est indéniable. Cependant, il y a des limites à l'approche de l'ingénierie, surtout lorsqu'il s'agit de prendre en considération les facteurs environnementaux, économiques et sociaux (Burkhard et Craig, 2000). En effet,

« la formation des ingénieurs en particulier semble ne pas tenir compte de beaucoup d'approches techniques envisagées et bon nombre d'ingénieurs professionnels ont une compréhension limitée de la portée institutionnelle, financière et sociale de leur travail. »
(EAWAG, 2005, p.30)

C'est pourquoi il est important que tous les acteurs et décideurs, tels que les professionnels de l'aménagement, soient informés pour arriver à la prise de décision avisée comme le stipule la cinquième action de Lübeck (Annexe 1). De plus, une grande quantité de solutions alternatives peut être envisagée. Celles-ci ne sont pas toujours connues par les ingénieurs, les planificateurs et les promoteurs, ce qui rend la recherche de solutions plus écologiques encore plus difficile (Burkhard et Craig, 2000).

Question de recherche

Comment peut-on améliorer écologiquement l'assainissement des eaux usées domestiques des habitations isolées, dans les pays nordiques développés, lors de sa planification et de son aménagement?

Les prémices de la recherche présentée sont que dans la mise en application de l'Assainissement Écologique (AE), en se basant sur l'Assainissement environnemental centré sur les ménages (HCES), il est impératif que tous les acteurs participent à la planification et que, pour ce faire, il faille que ceux-ci soient au courant des solutions disponibles à cette fin (Werner et coll., 2003). Les ingénieurs, architectes, promoteurs, constructeurs, consultants – et autres professionnels de l'aménagement – devraient être mis au courant du concept de l'AE et du vaste éventail de solutions techniques et organisationnelles pouvant y parvenir (Werner et coll., 2003).

Comme les systèmes d'AE doivent être adaptés au contexte, et aux conditions locales plutôt que de façon universelle (Nawab et coll., 2006), il est important de bien cibler le contexte étudié. Le choix du contexte des habitations isolées vient du fait que dans les pays industrialisés, les problèmes qui devraient être réglés sont au niveau de la réduction des impacts environnementaux dans les milieux ruraux – et périurbains – et que c'est à ce niveau que devrait focaliser l'AE (Langergraber et Muellegger, 2005). La plupart des solutions de l'AE se sont, jusqu'à présent, limitées surtout au niveau des régions rurales et urbaines de faible densité. Plus d'informations à ce sujet sont alors accessibles en vue d'être mises à l'étude. De plus, dans les actions de Lübeck apportées par les auteurs Werner et coll. (2003), l'AE devrait promouvoir ses systèmes comme solutions favorisées dans les milieux ruraux et périurbains. Selon les HCES, « [l]es problèmes liés à la gestion des services d'assainissement environnemental; par exemple, l'évacuation des effluents urbains, des déchets solides ou des eaux pluviales peut donc être abordée au niveau de la plus petite zone appropriée (initialement le ménage) » (EAWAG, 2005, p.13). Donc, la résolution des

problèmes d'assainissement devrait être gardée à la plus petite échelle du contexte soit la résidence individuelle (Werner et coll., 2003). Ce qui donnerait à l'utilisateur une plus grande capacité d'expression quant à ses besoins. Finalement, afin d'éviter la prolifération de la pollution, les principes de Bellagio conseillent de minimiser l'exportation des déchets. C'est pourquoi l'AE préconise les systèmes décentralisés (Winblad et coll., 2004). Ceux-ci se prêtent souvent mieux au contexte rural. Ces systèmes décentralisés permettent d'adopter une approche plus globale de la situation (Burkhard et Craig, 2000).

Objectifs de recherche

Comme expliqué précédemment, il est donc nécessaire d'informer les professionnels des pratiques les plus adéquates à adopter pour améliorer de façon écologique l'aménagement des systèmes d'assainissement des eaux usées pour ce contexte. C'est pourquoi il y a un urgent besoin de lignes directrices pour la mise en pratique de l'Assainissement Écologique (AE) (Werner et coll., 2009). Ces lignes directrices devraient servir à aider les professionnels de l'aménagement à faire des choix informés, assurant le succès des projets d'AE (Werner et coll., 2003). Afin d'y arriver, il est possible de s'inspirer du processus d'aménagement d'un tel projet. En s'appuyant sur le processus de planification de l'Assainissement environnemental centré sur les ménages (HCES), il est possible d'identifier deux étapes particulièrement importantes qui peuvent avoir des répercussions sur la pratique des professionnels. Il s'agit de **l'étape 5 : identification des options** et de **l'étape 6 : évaluation des combinaisons de services réalisables**. Ces étapes demandent alors à ce que ceux-ci soient en possession de certaines connaissances. Les objectifs de cette recherche et les méthodologies pour y répondre ont donc été élaborés en tenant compte ces étapes.

D'une part, il était nécessaire de **(1) synthétiser l'information sur les traitements disponibles** pour effectuer l'assainissement des eaux usées domestiques et donc d'amorcer l'étape 5 de l'HCES. En effet, l'AE ne préconise pas de technologie en particulier. Il encouragera plutôt l'adaptation de celles-ci selon le milieu où elles seront implantées. Il y a donc une vaste sélection de techniques et de technologies pouvant alors être projetées lors de la planification d'un système d'AE (Werner et coll., 2003 ; Werner et coll., 2009). Cette mesure a permis de filtrer l'abondance d'informations en excluant les traitements visant l'assainissement des effluents commerciaux et industriels nettement différents des effluents domestiques.

Par la suite, cette recherche a fait une **(2) présélection sommaire des traitements les plus adéquats à adopter** selon leur concordance avec les besoins des résidences isolées et avec la philosophie derrière l'AE. Cet objectif vient alors répondre concrètement à l'étape 5 de l'HCES. Cet objectif s'accorde aussi avec la huitième action de Lübeck (Annexe 1), qui prétend qu'il faut adapter un cadre normatif aux endroits appropriés. Dans les systèmes locaux, il devrait y avoir une codification dans la normalisation et les standards techniques. Cette codification permettrait de proposer les meilleures pratiques et technologies disponibles (Werner et coll., 2003). Cette stratégie permettra de réduire le nombre de solutions ou de combinaisons possibles. Bien qu'il ne faille pas les écarter trop rapidement, cette quantité de solutions, qui sont parfois inadéquates, peut représenter un fardeau important lors de la planification (Werner et coll., 2003).

Finalement, des lignes directrices sont nécessaires pour la promotion de l'AE. Elles serviront à l'enseignement du concept des traitements disponibles et des meilleures pratiques de réutilisation (Werner et coll., 2003). Il était alors nécessaire de **(3) faciliter la compréhension, par les professionnels de l'aménagement, de ces pratiques et traitements** considérés plus écologiques. Pour que cette transmission ait une apparence concrète aux yeux des professionnels, elle devrait s'appuyer sur l'ensemble des étapes de l'HCES et particulièrement sur la sixième étape étant l'évaluation des services réalisables.

Contribution escomptée

La principale contribution escomptée est que, par cette recherche, les différents professionnels de l'aménagement puissent avoir accès à un outil de consultation lors de la planification d'aménagements d'assainissement domestique plus écologique des eaux usées dans les pays nordiques industrialisés. Ce type d'information n'est souvent enseigné qu'aux ingénieurs ayant suivi un cours spécialisé leur permettant d'acquérir les connaissances sur les techniques alternatives et plus écologiques (Burkhard et coll., 2000). En offrant une synthèse de ces connaissances à l'ensemble des professionnels, il sera possible d'améliorer la compréhension et la communication entre les différentes disciplines de l'aménagement.

La recherche permettra de rassembler en un seul endroit le survol de plusieurs traitements conventionnels et alternatifs en plus d'aiguillonner les professionnels vers la sélection des solutions les plus adéquates lors de l'aménagement d'un système d'AE.

De plus, cette recherche permettra l'avancement des connaissances auprès des professionnels de l'aménagement sur l'approche émergente qu'est l'AE. En informant ces professionnels, la recherche donnera les connaissances nécessaires pour permettre à ces acteurs de participer lors de la planification et du design d'un système d'AE domestique. Cette contribution permettra l'avancement en partie du cinquième point des actions de Lübeck pour la promotion de l'AE à l'échelle mondiale (Panesar et Werner, 2006).

Méthodologie

Bien que l'assainissement plus écologique de l'eau soit un sujet qui a été exploré sous plusieurs angles, peu de recherches se sont penchées sur sa mise en pratique dans les résidences isolées des pays nordiques développés. Par une recherche exploratoire sur le sujet, il a été possible de déterminer les variables importantes à examiner (Creswell, 2003), c'est pourquoi une approche qualitative fut choisie afin de répondre aux différents objectifs de la recherche. De plus, puisque l'AE réfère à une gestion innovatrice des eaux usées et des éléments nutritifs, cela en fait un sujet privilégié de la recherche qualitative (Deslauriers et Kérisit, 1997). En outre, comme il s'agissait de trouver les meilleurs traitements à envisager, il ne s'agit pas de confirmer une théorie ou d'appliquer une approche hypothético-déductive, c'est pourquoi une approche quantitative n'aurait pas été appropriée (Creswell, 2003).

Le corpus littéraire sur le sujet est considérable et adéquat en matière d'informations pour être utilisé comme unique source de données. Pour cette raison, la recherche a été réalisée à l'aide de productions invoquées – c'est-à-dire à l'aide de données extérieures et/ou antérieures à la recherche par exemple dans le cadre d'autres recherches (Van Der Maren, 1995) – et par approche inductive des différents constats en ressortant. Dans cette optique, il était nécessaire d'être le plus exhaustif possible afin de ne pas altérer les résultats par une présélection de matériels soutenant seulement une hypothèse préconçue (Van Der Maren, 1995). Cette précaution permettra au chercheur de rester le plus neutre possible.

Afin de **(1) synthétiser l'information sur les traitements et systèmes disponibles** en vue d'assainir les eaux usées domestiques, une revue exhaustive de la littérature sur le sujet a été effectuée. Comme mentionnée précédemment, elle est abondante et a donc été l'unique source de données. Ces productions invoquées provenaient majoritairement de publications gouvernementales, de textes sur l'AE et d'autres livres de référence, ainsi que d'articles scientifiques connexes à l'objet de recherche. Dans l'étape d'identification des

options d'assainissement de l'HCES, il devait y avoir une identification des aspects techniques, institutionnels et de gestion relatifs à la variété des solutions envisagées pour l'AE. Ces solutions ne devaient pas se limiter aux solutions généralement associées à l'AE. Lorsqu'appropriées, des solutions conventionnelles pouvaient être envisagées. (Werner et coll., 2003). À cette étape-ci, il était important de ne pas faire de discrimination quant aux traitements abordés afin d'avoir un aperçu le plus global possible des solutions disponibles en vue d'accomplir l'assainissement domestique des eaux usées. La synthèse de ces informations s'est effectuée par la mise en tableaux des caractéristiques particulières à chaque traitement ou technologie. Pour ce faire, l'analyse des données s'est basée sur les six étapes d'analyse et d'interprétation avancées par Creswell (2003). Tout d'abord, les différents textes ont été regroupés selon leur source, sujet et type de traitement en vue d'être analysés. Les principaux concepts et constats ont pu ensuite être puisés de ceux-ci, qu'il s'agisse d'enjeux, impacts ou perceptions liés à ces pratiques. Par la suite, il s'agissait de venir codifier ces différentes données en étiquetant des sections de textes ou paragraphes selon des catégories émergentes, par exemple les enjeux politiques ou les impacts environnementaux. Ces différentes catégories ont servi à établir les thèmes majeurs à analyser pour chaque traitement. Dans la littérature, on retrouve déjà une certaine classification des caractéristiques à analyser. Il s'agit des suivants : enjeux techniques, institutionnels, écologiques, économiques, sur la santé publique et sociaux (Werner et coll., 2003). Enfin, ces différents thèmes ont été représentés sous forme de tableaux, décrivant les informations caractéristiques à chaque traitement ou technologie pour en effectuer la synthèse. Il s'agissait d'un processus itératif. La synthèse de ces tableaux fut particulièrement importante lors de la présélection sommaire des meilleures techniques et pratiques à adopter. Les différentes caractéristiques abordées dans chaque thème se sont basées sur cette grille (tableau 4). Celle-ci a été élaborée en s'inspirant des caractéristiques et thèmes émergents de l'analyse de la littérature ainsi que de la liste de Kvarnström et Petersens (2004).

Tableau 4 – Thématiques d'analyse des systèmes de traitement d'assainissement

<p>Technique :</p> <p>Entretien :</p>	<p>Description de la technologie, du traitement ou du dispositif</p> <p>Type de traitements requis avant et après celui-ci</p> <p>Robustesse du traitement (appareil, risque de mauvais fonctionnement)</p> <p>Robustesse face à l'environnement</p> <p>Niveau de connaissance pour la construction</p> <p>Durabilité</p> <p>Compatibilité avec les autres traitements</p> <p>Flexibilité de la technologie</p> <p>Fréquence de nettoyage requise</p> <p>Fréquence de surveillance requise</p> <p>Type de connaissances requises</p> <p>Professionnels requis</p>
<p>Aménagement :</p> <p>Climat :</p>	<p>Quantité d'équipement requis</p> <p>Espace à aménager</p> <p>Localisation des équipements</p> <p>Superficie d'aménagement</p> <p>Rendement du traitement selon la température :</p> <p>Par climat froid, par climat tempéré, par climat variable</p>
<p>Économie :</p>	<p>Utilisation d'une source d'énergie</p> <p>Entretien régulier</p> <p>Surveillance par professionnels</p> <p>Coûts de construction</p> <p>Superficie d'aménagement</p> <p>Matériaux de construction</p> <p>Possibilité d'extraction : des éléments nutritifs, d'énergie, de matériaux organiques et d'eau</p> <p>Coûts du maintien des installations</p> <p>Investissements requis</p>
<p>Environnement :</p>	<p>Rendement du traitement en rapport à :</p> <p>Demande Biochimique en Oxygène DBO</p> <p>Taux d'enlèvement des Matières En Suspension MES</p> <p>Azote N</p> <p>Phosphore P</p> <p>Toxines</p> <p>Utilisation de matériaux considérés dommageable vers l'environnement</p> <p>Utilisation de source d'énergie</p> <p>Construction pouvant être intensive</p>

	Ressources naturelles utilisées lors de la construction Superficie d'aménagement Matériaux de construction Quantité d'eau potable utilisée Possibilité d'eutrophisation Odeur Contribution du traitement au réchauffement de la planète Possibilité d'extraction : des éléments nutritifs, d'énergie, de matériaux organiques et d'eau
Santé :	Rendement du traitement en rapport aux : Bactéries, Virus, Protozoaires, Vers Présence de mouches et autres insectes pouvant être porteurs de maladies. Risque d'infection lors de l'utilisation Risque d'exposition à certaines substances dangereuses Présence de coliformes fécaux
Politique :	Réglementation gouvernementale, régionale et municipale entourant le traitement.
Socioculturel :	Pratique acceptée ou non par la communauté Pratique courante ou non Responsabilité de l'usager Confort (odeur, usage, esthétisme) Traitement en accord ou désaccord avec le mode de vie, la religion ou les mœurs d'une société. Perception du traitement par le public

En outre, pour arriver à une **(2) présélection sommaire des traitements les plus adéquats à adopter** pour l'AE des eaux usées de ces habitations isolées, les informations recueillies dans ces tableaux synthèses ont servi de données de base. Ces traitements représentaient l'ensemble des solutions conventionnelles et alternatives envisageables dans la planification du traitement des eaux usées domestiques. Ces traitements ne sont, cependant, pas nécessairement les plus adéquats d'un point de vue écologique ou relatif au contexte particulier des habitations isolées des pays nordiques développés. L'HCES conseille de « limiter les options à celles réalisables dans la situation locale ; quand les conditions spécifiques au site local sont prises en compte, beaucoup d'options ne sont plus réalisables et les choix deviennent plus simples » (EAWAG, 2005, p. 46). Pour arriver à

cette sélection, il a donc été nécessaire de construire une **grille d'analyse des traitements**. Celle-ci s'est basée sur les exigences et besoins particuliers du type d'habitation étudié ainsi que sur les exigences et principes rattachés à l'AE. L'élaboration de cette grille d'analyse s'est effectué encore une fois en se basant sur les six étapes d'analyse de Creswell (2003) telles qu'expliquées plus tôt.

Tout d'abord, une revue de la littérature sur les besoins et exigences des habitations isolées des pays développés ainsi que sur les exigences du contexte nordique a été exécutée. Les différents thèmes en ressortant sont demeurés sommaires permettant aux résultats de dresser un portrait global du contexte. De plus, au lieu d'établir une liste de caractéristiques telle qu'effectuée précédemment avec les traitements d'assainissement, les besoins et exigences se composaient d'une série de points de repère servant à l'analyse des traitements envisageables.

Dans le même ordre d'idées, une autre revue de littérature a été exécutée pour définir les exigences et principes recommandés par l'AE. Elle s'est basée surtout sur les publications officielles du *GTZ*¹⁰ et de *L'EcoSanRes*¹¹ ainsi que sur les différents comptes-rendus de conférences¹² sur l'AE. Les différents thèmes émergents, constituant les principes et exigences, ont été ajoutés à la liste des points de repère servant à l'analyse des traitements. La plupart des recherches scientifiques sur le sujet portent cependant sur les régions moins nanties du monde. Il était alors nécessaire de sélectionner seulement le matériel offrant la possibilité d'extension des résultats vers un contexte similaire à celui étudié dans cette recherche.

¹⁰ GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) est une entreprise coopérative internationale, détenue par le gouvernement allemand, sur le développement durable. Site internet : <http://www.gtz.de/en/>

¹¹ L'EcoSanRes (Ecological Sanitation Research) est un programme d'étude suédois sur l'Assainissement Écologique au *Stockholm Environment Institute*. Site internet du programme : <http://www.ecosanres.org>

¹² Les conférences internationales sur l'Assainissement Écologique sont principalement celles ayant eu lieu Bonn en 2000, puis à Lübeck en 2003 ainsi qu'à Durban en 2005.

Cette grille d'analyse, composée des différents points de repère et des recommandations émergeant de la littérature, a servi de référence lors de l'analyse critique des différents traitements envisageables. Elle a permis de faire une présélection des traitements les plus adéquats en fonction de leur capacité à s'intégrer dans l'approche plus écologique qu'est l'AE tout en respectant le contexte dans lequel il s'inscrit.

Suite à cette présélection, les résultats devaient être transmis aux professionnels de l'aménagement, ce qui nous amène au dernier objectif de la recherche. Il s'agit donc de **(3) faciliter la compréhension, par les professionnels de l'aménagement, de ces pratiques et traitements**. Pour ce faire, la recherche a alors eu recours à la scénarisation. Le développement et l'interprétation de ces modèles, lorsqu'utilisés dans un contexte de planification, offrira une meilleure objectivité dans le processus de gestion et de planification (Burkhard et Craig, 2000). La méthode consiste donc à élaborer un scénario d'aménagement *type* d'AE sur un site fictif. L'utilisation d'un scénario permettra alors aux professionnels de réfléchir de façon proactive sur l'approche en considérant comment pourrait se présenter son aménagement (Willis, 2005) tout en leur permettant de mieux la comprendre. De plus, il permettra aux professionnels d'être plus en mesure de se former une opinion sur l'approche en ayant des bases plus solides (Manzini, 2003). Il s'est basé sur les conditions environnementales et besoins intrinsèques d'une habitation isolée d'un pays développé nordique. Dans ce cas-ci, il s'agit d'une habitation unifamiliale dans un milieu rural de la région québécoise du Canada. En se basant majoritairement sur les différentes données fournies par le gouvernement fédéral et provincial, il fut possible de construire le contexte nécessaire au scénario. Par la suite, en analysant les tableaux synthèses, une sélection plus précise des traitements à utiliser a été effectuée. Celle-ci représente une solution possible en réponse à la problématique de l'AE des eaux usées domestiques. L'aménagement *type* ainsi que les traitements sélectionnés ont été traduits en un langage graphique uniforme facilitant leur compréhension. De plus, un ensemble de textes explicatifs a été réalisé en vue d'expliquer les particularités et le fonctionnement des traitements d'assainissement aménagés. Des recommandations sont émises, tout au long de

la présentation du scénario, suite à l'analyse critique des tableaux synthèses élaborés auparavant.

Collecte et analyse des données

Tableau synthèse des traitements

Afin de procéder à l'analyse des systèmes de traitement conventionnels et alternatifs, il a tout d'abord été nécessaire d'en regrouper les caractéristiques en un tableau. Pour ce faire, tel que mentionné dans la méthodologie de recherche, une revue de littérature portant sur différents types de systèmes a été effectuée. La codification des données a alors été effectuée en fonction des sept thèmes identifiés en se basant sur la liste de Kvarnström et Peterson (2004). Toutefois, à travers un processus itératif, les caractéristiques se rapportant à chaque thème ont été enrichies par celles ressortant d'une première analyse de données. Chaque traitement possède ses propres caractéristiques et chaque type de traitement aussi (primaire, secondaire, tertiaires et autres). C'est pourquoi la grille de codification des sept thèmes ne sera pas utilisée en tant que liste de points à répondre, mais bien en tant que liste de sous-thèmes d'analyse. Il est alors possible que certaines caractéristiques n'apparaissent pas pour un système de traitement. Par exemple, une toilette à compost ne contribue pas à l'enlèvement des MES ou un traitement souterrain avec lequel l'utilisateur n'entre jamais en contact ne donne pas d'information sur son acceptation au niveau de la population. Certaines données ont aussi été extrapolées suite à l'analyse de la littérature. Par exemple, un traitement nécessitant un système de distribution à faible débit implique la nécessité d'une source d'énergie malgré qu'il ne soit pas explicitement indiqué. Finalement, puisque l'ensemble des tableaux représente un volume considérable de données, un exemple de classification est présenté au tableau 5. Cet exemple sert à montrer sommairement la méthode utilisée pour classifier les données.

Tableau 5 – Exemple de traitement des données

Nom du traitement	Latrine
Technique	<ul style="list-style-type: none"> - Cette installation fonctionne en isolant les matières fécales (fèces et urine) des eaux ménagères (Québec, 2009c). - Lorsque le trou est rempli, on l’enterre et les bactéries et organismes du sol en font la décomposition (Krekeler, 2008). - Etc.
Aménagement	<ul style="list-style-type: none"> - Il est important qu’il n’y ait pas d’eau externe qui s’introduit dans le système afin de réduire les risques de contaminations de l’eau souterraine (Krekeler, 2008). - Elles doivent être construites à une distance satisfaisante de la résidence (Panesar et Werner, 2006). - Etc. ...
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> - Les latrines sont souvent une source importante de contamination des eaux souterraines, surtout aux endroits où le niveau de la nappe phréatique est haut (Winblad et coll., 2004). - Elles ne requièrent pas d’eau pour son fonctionnement (Krekeler, 2008). - Etc. ...
Économique	<ul style="list-style-type: none"> - S’il n’y a pas de risque que les excréments humains viennent contaminer l’eau souterraine, ce traitement est économique (Krekeler, 2008). - Comme on rebâtit de nouvelles fosses au lieu de les vider, il s’agit d’un investissement important (Werner et coll., 2003). - Etc. ...
Sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> - Problème d’infiltration de mouche dans le système (Panesar et Werner, 2006). - Les agents pathogènes pouvant se disperser des latrines peuvent introduire les eaux souterraines contaminant les puits avoisinants (Krekeler, 2008). - Etc. ...
Socioculturel	<ul style="list-style-type: none"> - Problème d’odeur (Werner et coll., 2003). - Elles sont désagréables à entretenir pour les résidents du foyer (Werner et coll., 2003). - Etc. ...
Politique	<ul style="list-style-type: none"> - Elles sont permises au Québec sous certaines conditions (Québec, 2009c). - Etc. ...

Grille d'analyse des traitements

Afin de faire l'analyse de ces systèmes et éventuellement d'en faire une présélection, il a été nécessaire de se pencher sur la littérature portant sur l'Assainissement Écologique (AE) et d'en ressortir les recommandations. Toutefois, puisque la littérature sur l'AE tend à vouloir en faire la promotion dans tous les contextes, les considérations couvertes sont très larges et non spécifiques au contexte abordé par la présente recherche.

Besoins d'une résidence isolée dans un pays industrialisé au climat nordique

C'est pourquoi des caractéristiques se rapportant au contexte étudié ont été ajoutées à la grille d'analyse. Il s'agit des besoins rattachés à une résidence isolée dans un pays développé au climat nordique. Les contraintes sont les suivantes (tableau 6) :

Tableau 6 – Besoins de la résidence isolée nordique

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Les systèmes doivent pouvoir s'adapter à un climat avec des variations de température de sous le point de congélation à une température tempérée. - Les systèmes devront être adaptables à un certain niveau de confort auquel les utilisateurs sont accoutumés. |
|---|

Il est évident que ce dernier point est relatif à chaque région. C'est pourquoi, afin de limiter les interprétations, la toilette sur socle à position assise à chasse d'eau sera considérée comme étant le standard au niveau du confort pour les besoins de l'analyse. Ces contraintes clarifiées, il a alors été possible d'entreprendre l'analyse des recommandations de l'AE.

Recommandation de l'Assainissement Écologique

L'aménagement d'un système d'AE est réalisable par une multitude de configurations possibles de traitements d'assainissement. Ces traitements peuvent être atteints par des systèmes de différents niveaux de complexité. Ils peuvent être aussi simples que le traitement par l'utilisation d'une toilette sèche ou plus complexes tels que lors de l'utilisation d'une toilette à vacuum à faible utilisation d'eau (Werner et coll., 2003). Une

certaine prudence est toutefois de mise puisqu'on considère que certains systèmes, tels que les latrines et les fosses septiques, peuvent mener à une contamination des eaux souterraines ou à certains autres impacts néfastes sur la santé et l'environnement (Panesar et Werner, 2006). C'est pourquoi il est nécessaire de prendre en considération certaines recommandations émises par des professionnels. La sélection des systèmes les plus adéquats en fonction des conditions locales et autres critères ayant été préalablement établis (techniques, d'aménagement, environnementaux, économiques, sanitaires, socioculturels et politiques) est alors essentielle. Les recommandations suivantes se basent sur la littérature ayant été publiée sur l'AE et les pratiques connexes telles que la réutilisation de l'eau et l'assainissement conventionnel.

Technique

L'une des stratégies de l'AE est la séparation des fèces, de l'urine et des eaux ménagères. Elle a pour objectif de diminuer le besoin en ressources naturelles et de permettre la réutilisation des effluents dans l'agriculture (Winblad et coll., 2004). Elle représente la méthode la plus efficace de récupérer les éléments nutritifs se retrouvant dans les fèces et l'urine en vue de leur réutilisation (Werner et coll., 2003 ; Winblad et coll., 2004). Bien qu'elle ne soit pas absolument nécessaire pour adhérer à l'AE, cette séparation permet aussi une plus grande diversité et une plus grande flexibilité dans le choix des systèmes permettant d'y arriver (Werner et coll., 2003). De plus, en séparant les types de déchets, il est possible d'optimiser les composants techniques des systèmes, les rendant plus durables (Winblad et coll., 2004). Selon Winblad et coll. (2004), les systèmes type d'AE se composent de quatre éléments; la diversion d'urine, l'entreposage, le traitement d'assainissement et la réutilisation. En analysant la littérature sur l'AE, cette recherche a réorganisé cette division pour mieux faire l'analyse des traitements et de leur aspect technique. Tout d'abord, il y a la *collecte des types de déchets* – incluant, en plus de la diversion d'urine, la collecte des fèces et des eaux ménagères. Cette catégorie comprend les toilettes et différents dispositifs de diversion des déchets. Ensuite, il y a le *traitement* de celles-ci – incluant l'entreposage puisque celui-ci peut faire office de traitement. Cette

catégorie inclut tous les traitements primaires, secondaires, secondaires avancés, tertiaires, d'évacuation, de désinfection et les dispositifs d'entreposage faisant office de traitement tels que les cabinets à terreau. Finalement, il y a la *réutilisation* des effluents. Cette catégorie représente les possibilités de réutilisation des effluents. Bien qu'il ne s'agisse pas de systèmes de traitement en soi, le type de réutilisation peut jouer sur la sélection des systèmes à utiliser. Il n'est pas possible de considérer un système d'AE comme étant complet tant qu'il n'y a pas une réutilisation quelconque vers l'agriculture (Werner et coll., 2003). La manière la plus simple d'y arriver est de réutiliser les effluents dans le jardin du foyer ou ses terres agricoles (Winblad et coll., 2004). Les fractions les plus souvent réutilisées dans les projets résidentiels d'AE sont les fèces et l'urine, mais il peut arriver que les eaux grises et les matières organiques soient aussi considérées (Werner et coll., 2003). L'AE recommande que la réutilisation soit considérée dès la conception de l'aménagement des systèmes (Werner et coll., 2009).

Ces trois catégories permettront une première division des systèmes afin de mieux les considérer dans l'analyse. Les recommandations de l'AE dans chaque catégorie seront regroupées selon les différents types de déchets – fèces, urine et eaux ménagères —, ceux-ci ayant des caractéristiques propres.

Fèces

Les fèces représentent le type de déchet étant le plus dangereux et posant le plus de risques au niveau de la santé puisqu'elles contiennent possiblement des coliformes fécaux, des virus, bactéries et autres agents nocifs pour la santé (Panesar et Werner, 2006 ; Stinzing et coll., 2007). Cependant, bien qu'elles comportent moins d'éléments nutritifs que l'urine, les fèces sont une source de phosphore et de potassium non négligeable ainsi que de matière organique servant à l'enrichissement et la revitalisation des sols pouvant être très avantageuse dans le domaine de l'agriculture (Jönsson, 2003 ; Winblad et coll., 2004). Son volume annuel par habitant est en moyenne de 50 kg (Panesar et Werner, 2006) et contient 10 % de l'azote, 40 % du phosphore et 12 % du potassium total se retrouvant dans les eaux usées (Fitshen et Hahn, 1998, tel que cité dans Krekeler, 2008). Non traitées, elles peuvent

être responsables de différents problèmes environnementaux tels que l'eutrophisation des eaux et la contamination des sources d'eau potable.

Afin de conserver un volume réduit de cet élément à haut risque, il est recommandé de ne pas mélanger les fèces à l'urine ou à l'eau. L'urine et les eaux ménagères étant relativement sécuritaires, celles-ci nécessiteront un traitement simplifié, différent des fèces (OMS, 2006c). Toutefois, si les conditions ne permettent pas cette séparation, une combinaison des fèces et de l'urine peut représenter un produit servant à l'enrichissement du sol (Winblad et coll., 2004). Le professionnel de l'aménagement devrait alors préconiser les systèmes de collecte permettant cette séparation. Les systèmes de collecte conseillés sont : les systèmes à vacuum, les systèmes à gravitation, les systèmes à séparation des liquides et solides, les cabinets à terreau et les toilettes à déshydratation (Werner et coll., 2009).

Afin de réduire les risques sur la santé, le traitement de cette fraction devrait se composer d'un système de traitement primaire, tel que la déshydratation, le compostage, l'augmentation du taux d'acidité. Il devra être suivi d'un traitement secondaire, tel que les traitements par compostage à haute température, l'ajout d'urée ou de chaux augmentant le pH ou l'incinération si nécessaire (Winblad et coll., 2004). Quelques traitements conseillés sont les cabinets à terreau, les toilettes à déshydratation, l'entreposage prolongé, le compostage, le vermicompostage, la déshydratation des boues et le traitement conventionnel des eaux usées (Werner et coll., 2009). Habituellement, dans les systèmes d'AE, les fèces sont traitées à travers la déshydratation ou le compostage. Cependant, une combinaison des deux traitements peut être envisageable (Winblad et coll., 2004). Lorsque les agents pathogènes, virus, bactéries et œufs de larves seront détruits par les types de traitements cités précédemment, et seulement à ce moment, les matières résiduelles pourront être réutilisées (Winblad et coll., 2004). Ces stratégies permettront la diminution du volume de l'effluent, facilitant son entreposage et son transport (Winblad et coll., 2004).

Une fois les fèces traitées, différentes réutilisations sont possibles. Les éléments à en retirer sont les biogaz, les éléments nutritifs et les matières organiques. Les différentes

utilisations possibles sont le reconditionnement des sols en augmentant leur qualité et leur capacité de rétention (Panesar et Werner, 2006 ; Winblad et coll., 2004), la fertilisation, la production d'électricité et la réutilisation dans l'aquaculture (Werner et coll., 2003 ; Werner et coll., 2009).

Urine

Contrairement aux fèces, l'urine, avant qu'elle ne soit mélangée aux autres déchets domestiques, est considérée comme étant une substance non critique au niveau de l'hygiène (Panesar et Werner, 2006). Son volume annuel par habitant est en moyenne de 500 l. (Panesar et Werner, 2006) et contient 87 % de l'azote, 50 % du phosphore et 54 % du potassium total se retrouvant dans les eaux usées (Fitshen et Hahn, 1998, tel que cité dans Krekeler, 2008)¹³. Ce qui en fait la fraction avec le plus haut taux d'éléments nutritifs pouvant être réutilisés. Au niveau de la réutilisation pour la fertilisation des plantes, c'est l'urine qui sera la plus bénéfique (Panesar et Werner, 2006), les eaux ménagères et les fèces comportant un volume beaucoup plus faible d'éléments nutritifs récupérables.

Lors du choix du système de collecte de l'urine, le professionnel de l'aménagement devrait considérer les dispositifs permettant de faire la diversion de l'urine en la diluant le moins possible; c'est-à-dire qu'une faible quantité d'eau sera utilisée et qu'une toilette sans chasse d'eau pour l'évacuation de l'urine est fortement conseillée. La raison est que l'urine, lorsqu'elle n'est pas diluée, offre un milieu hostile pour les microorganismes, augmente l'efficacité de la destruction des agents pathogènes et prévient la prolifération d'insectes (Schönning, C. and Stenström, T-A., 2004, Vinnerås, B., 2002, tel que cité dans Winblad et coll., 2004 ; OMS, 2006c), en plus d'offrir un fertilisant de meilleure qualité. Les systèmes de collecte conseillés sont : les systèmes à vacuum, les systèmes à gravitation, les systèmes à séparation des liquides et solides, les systèmes à diversion d'urine, les cabinets à terreau et les toilettes à déshydratation (Werner et coll., 2009).

¹³ Comme le soulignent Burkhard et Craig (2000), ces données sont des moyennes en considération d'une région. En portant un regard dans la littérature, les pourcentages varient (81-88% pour les nitrates, 48-57 % pour le phosphate).

De manière générale, suite à la séparation des autres types de déchets, l'urine peut être réutilisée dans l'agriculture sans subir de traitement, en étant simplement entreposée durant une brève période selon les conditions d'entreposage (Stintzing et coll., 2007 ; Werner et coll., 2009 ; Winblad et coll., 2004). La condition la plus importante à considérer est la température, l'OMS a donc émis des recommandations quant à la période à respecter selon le type de réutilisation (Stintzing et coll., 2007). Bien qu'un simple entreposage pourrait suffire, d'autres systèmes sont tout de même recommandés comme alternative par les défenseurs de l'AE. Les traitements conseillés sont les cabinets à terreau, les toilettes à déshydratation, l'entreposage prolongé et le traitement conventionnel des eaux usées (Werner et coll., 2009).

L'urine, étant riche en azote, peut être réutilisée comme fertilisant liquide au même titre que les fertilisants chimiques qu'on retrouve sur le marché (Jönsson, 2003 ; Stintzing et coll., 2007). Ces deux produits n'ont pas tout à fait la même composition, mais tout comme les fertilisants commerciaux, l'urine est composée d'une forte concentration d'azote et d'une concentration plus faible de phosphore et de potassium. Des résultats similaires peuvent alors être considérés quant à leurs effets sur l'accélération de la croissance des végétaux (Winblad et coll., 2004). Selon Winblad et coll. (2004), en absence de lignes directrices plus définies, on peut considérer que l'urine produite par une seule personne en une année serait suffisante pour la fertilisation d'un lot de 300 à 400 m² de plantation, ce qui explique la grande valeur qu'on lui accorde dans ce nouveau paradigme. Les éléments possibles d'en extraire sont des éléments nutritifs et de l'eau. Les différentes utilisations possibles sont la fertilisation et la réutilisation dans l'aquaculture et l'agriculture (Werner et coll., 2003 ; Werner et coll., 2009).

Eaux ménagères

Les eaux ménagères, quant à elles, se composent des effluents de la cuisine, du bain et du lavage des vêtements (Winblad et coll., 2004). Elle représente la plus grande portion des eaux usées domestiques. Tout comme l'urine, cette fraction ne représente habituellement pas de risque majeur sur l'hygiène. De plus, comme elle ne contient que très

peu d'éléments nutritifs, son traitement peut alors être plus simplifié (Panesar et Werner, 2006). Son volume annuel par habitant est en moyenne de 25 000 - 100 000 l. (Panesar et Werner, 2006) et contient 3 % de l'azote, 10 % du phosphore et 34 % du potassium¹⁴ total se retrouvant dans les eaux usées (Fitshen et Hahn, 1998, tel que cité dans BGR, 2008). L'une des caractéristiques des eaux ménagères est que, contrairement aux autres fractions, elles contiennent une forte concentration de matières organiques facilement dégradables (savons, graisses, huiles et autres résidus de cuisine) (Winblad et coll., 2004).

La collecte des eaux ménagères peut s'effectuer directement à la source, par un réseau de canalisation déviant les drains de la cuisine, de la buanderie et du bain afin qu'elles ne soient pas mélangées aux autres fractions. Bien que la collecte des eaux de pluie¹⁵ ne soit pas exigée par l'AE, il est possible d'ajouter sa collecte à celle des eaux ménagères (Werner et coll., 2003). Les systèmes de collecte conseillés sont : les systèmes à vacuum, les systèmes à gravitation et la collecte par séparation des eaux ménagères (Werner et coll., 2009).

Dès que les eaux ménagères sont collectées, il doit y avoir un prétraitement, surtout si un entreposage est envisagé. Sans un prétraitement de ce genre, l'accumulation de matières grasses et d'autres résidus organiques biodégradables peut occasionner une obstruction et donner place aux mauvaises odeurs (Winblad et coll., 2004). Les traitements conseillés sont nombreux; les principaux étant : les marais artificiels, les étangs, les traitements biologiques (Werner et coll., 2009), les traitements par infiltration à travers le sol, les lits d'évapotranspiration (Winblad et coll., 2004). Winblad et coll. (2004) font quelques recommandations quant aux traitements les plus appropriés à l'AE. Selon ces

¹⁴ Les pourcentages indiqués viennent de la littérature cependant, il est indiqué que dans les eaux ménagères, l'utilisation de détergent sans potassium ou plus responsable au niveau de l'environnement peut avoir une grande influence sur les chiffres indiqués. La présentation de ces chiffres ne sert pas à des calculs dans la recherche, mais plutôt à aider le professionnel à se faire une idée de l'envergure des éléments nutritifs qu'on y retrouve.

¹⁵ Les eaux de pluie peuvent aussi être considérées comme une source d'eaux ménagères – ou eaux grises – puisque leur composition s'apparente à celle des eaux ménagères domestiques. La littérature est cependant diverse à ce sujet puisqu'il est possible que les eaux de pluie contiennent certains résidus de métaux lourds pouvant avoir été recueillis lors de leur parcours sur la toiture.

auteurs, la solution la plus appropriée pour le traitement des eaux ménagères est la filtration par le sol. Lorsque les conditions climatiques le permettent, il est aussi possible d'utiliser les systèmes aquatiques tels que les étangs et les marais artificiels. Cependant, lorsqu'il s'agit d'un climat froid ou que les ressources en eaux sont éparées, ceux-ci sont moins appropriés. Si les étangs sont tout de même considérés, il est important que les eaux ménagères soient traitées préalablement, par exemple par une fosse septique, sinon elles émettront des odeurs et seront propices à l'augmentation de bactéries et autres organismes nuisibles. Quels que soient les systèmes envisagés, les eaux ménagères doivent être retournées dans la nature de façon responsable.

Les réutilisations possibles pour cette fraction sont surtout au niveau de l'irrigation. Elle pourra être utilisée pour l'arrosage de plantes, la recharge des eaux souterraines — plusieurs systèmes le font déjà en utilisant la percolation par le sol comme traitement — ou même pour l'entretien d'aménagements paysagés (Werner et coll., 2009 ; Winblad et coll., 2004).

Quels que soient les systèmes et traitements choisis, les différents intervenants du projet doivent être en mesure d'assurer un certain maintien des installations. C'est pourquoi, de manière générale, les capacités techniques du milieu doivent être en accord avec la sélection. Les compétences et outils locaux doivent être en mesure de maintenir et d'entretenir les systèmes qui seront mis en place (Winblad et coll., 2004). Dans les milieux isolés, le foyer est souvent responsable de la manutention des matières réutilisées (Werner et coll., 2003) et du maintien des installations. On considère que cette approche est plus efficace, car elle permet à l'utilisateur d'avoir une certaine rétroaction sur le fonctionnement des systèmes (Winblad et coll., 2004). Il est aussi possible, dans une communauté, de considérer un maintien collectif des systèmes par des instances professionnelles. Comme l'indique Winblad et coll. (2004), cette gestion commune peut s'avérer plus pratique pour les utilisateurs et réduire en même temps les risques d'hygiène liés à la manutention des produits recyclés. Quoi qu'il en soit, selon ces mêmes auteurs, un design réfléchi et fait en fonction de cet aspect aidera à minimiser le maintien intensif

des installations et aidera l'utilisateur dans l'entretien tout en réduisant ses coûts. Un exemple est l'utilisation d'une salle d'entreposage double, lors de l'utilisation de toilettes écologiques, permettant l'entretien de l'une lorsque l'autre est en fonction. Si celles-ci sont mobiles, c'est encore mieux.

Tableau 7 – Recommandations techniques de l'Assainissement Écologique

Préconiser les systèmes :

- permettant la séparation des différents types de déchets (fèces, urine, eaux ménagères)
- flexibles et pouvant s'adapter aux conditions locales de façon optimale
- **permettant la réutilisation dans l'agriculture**
- pouvant être entretenus et contrôlée par le propriétaire ou une instance locale
- offrant une rétroaction à l'utilisateur
- pouvant être entretenus par le foyer ou la communauté
- minimisant l'entretien et le maintien des installations
- permettant un fonctionnement continu, même lors des activités d'entretien
- mobiles, facilitant la manutention des différentes fractions

Fèces

- évitant la contamination des effluents par les fèces
- de collecte suivant : les systèmes à vacuum, les systèmes à gravitation, les systèmes à séparation des liquides et solides, les cabinets à terreau et les toilettes à déshydratation
- combinant un traitement primaire et secondaire
- de traitement suivant : les cabinets à terreau, les toilettes à déshydratation, l'entreposage prolongé, le compostage, le vermicompostage, la déshydratation des boues et le traitement conventionnel des eaux usées
- permettant la réutilisation pour la production d'électricité, le reconditionnement du sol ou la fertilisation

Urine

- **permettant, principalement, la séparation des urines**
- **diluant le moins possible l'urine par l'ajout d'eau**
- de collecte suivant : les systèmes à vacuum, les systèmes à gravitation, les systèmes à séparation des liquides et solides, les systèmes à diversion d'urine, les cabinets à terreau et les toilettes à déshydratation
- d'entreposage s'accordant aux exigences de l'OMS et permettant le contrôle de la température
- de traitement suivant : les cabinets à terreau, les toilettes à déshydratation, l'entreposage prolongé et le traitement conventionnel des eaux usées

Eaux ménagères

- de collecte suivant : les systèmes à vacuum, les systèmes à gravitation et la collecte par séparation des eaux ménagères
- permettant un prétraitement avant son entreposage
- de traitement suivant : les marais artificiels, les étangs, les traitements biologiques, les traitements

par infiltration à travers le sol, les lits d'évapotranspiration

- de traitement par filtration à travers le sol
- permettant un prétraitement si les eaux ménagères sont entreposées dans un étang ou marais (par exemple fosse septique)
- permettant le retour des eaux ménagères dans la nature de façon responsable

Éviter les systèmes :

- à chasse d'eau
- aquatiques – étangs, marais – pour le traitement des eaux ménagères dans des conditions froides

Aménagement

Mis à part les considérations techniques pouvant entrer dans le processus de décision lors du choix des systèmes, il est important de porter une attention particulière à l'implantation, au site et aux conditions locales du projet. Les systèmes d'Assainissement Écologique étant plus sensibles au mauvais design et à son opération, ces éléments sont alors cruciaux à son bon fonctionnement (Winblad et coll., 2004). Les systèmes pouvant varier grandement en envergure, il est important de considérer la superficie occupée par les systèmes et l'espace pouvant être accordé à ceux-ci, qu'il s'agisse des traitements sur le site ou de l'espace nécessaire à l'entreposage (Winblad et coll., 2004). Comme la littérature sur l'AE n'émet pas de conseil précis à ce sujet, il est donc nécessaire de considérer des aspects connexes y étant reliés tels que la considération économique y étant attachée ainsi que l'impact environnemental d'un tel aménagement. Toutefois, cette même littérature préconise les systèmes décentralisés, lorsque possible, utilisant des sections modulables. Cette modularité permet aux systèmes de mieux s'adapter aux conditions locales (Werner et coll., 2003). Ainsi, un système occupant le même espace pour des considérations économiques et environnementales plus avantageuses sera préconisé. Par la suite, la proximité de la végétation présente, des cours d'eau, des voies de circulation, la hauteur de la nappe phréatique et tout autre caractéristique du site doit s'accorder avec le type de traitement choisi (OMS, 2006c ; Québec, 2009c ; Winblad et coll., 2004). La hauteur de la nappe phréatique est d'une importance particulière quant à la sélection des systèmes à considérer. Certains traitements, utilisant la percolation à travers le sol, peuvent poser problème sur les sites où la nappe phréatique est trop élevée et vite devenir source de

pollution pour les réserves d'eau souterraine (Winblad et coll., 2004). Ces caractéristiques ne sont pas nécessairement définies par la littérature sur l'AE, mais font partie de tout projet d'assainissement, c'est pourquoi elles sont mentionnées ici et devraient être considérées dans la sélection des systèmes.

En termes d'emplacement des systèmes et de leur implantation, on aperçoit de plus en plus dans l'AE, le concept de « station écologique ». Il s'agit d'un lieu intermédiaire où se produisent le recyclage des déchets solides et le traitement secondaire des fèces. Ces stations sont surtout utilisées dans les agglomérations (Winblad et coll., 2004), mais il serait possible de les concevoir pour des systèmes de plus petite envergure. Si l'entreposage des déchets ou des matières traitées est envisagé, il est alors recommandé d'aménager des conteneurs mobiles pour recueillir l'urine et les fèces. Cette stratégie aura pour effet de faciliter son transport en plus de faciliter le contrôle en cas de mauvais fonctionnement (Stintzing et coll., 2007). Dans le cas de la collecte des fèces, ces conteneurs peuvent se retrouver dans une pièce située directement sous la toilette. Un système adéquat de ventilation est alors nécessaire pour une bonne circulation d'air ainsi que pour éviter la propagation d'odeur à l'intérieur du foyer (Stintzing et coll., 2007).

Outre le site, les conditions locales, telles que le taux d'humidité, la température et autres paramètres environnementaux devront être pris en compte (Werner et coll., 2003). Puisque la présente recherche se penche sur les pays nordiques, le climat est un élément primordial à considérer. Par exemple, dans les milieux secs, l'assainissement des fèces peut se faire par déshydratation tandis que dans les milieux humides, le compostage peut représenter un traitement ayant un meilleur succès (Winblad et coll., 2004). Dans les climats nordiques, quelques traitements sont alors déconseillés puisque plus enclins à être peu efficaces à de telles conditions. Ainsi l'utilisation d'étangs et de marais artificiels est déconseillée quoique non proscrite (Winblad et coll., 2004). Pour répondre à certaines de ces contraintes, il est alors important de porter une attention particulière à l'isolation et à la ventilation dans les systèmes installés dans les régions froides. De plus, dans les régions où la température peut descendre en dessous du point de congélation, certains effluents ne peuvent être réutilisés à longueur d'année. L'urine, par exemple, ne pouvant être utilisée

pendant l'hiver, doit être entreposée lors des mois hivernaux (Stintzing et coll., 2007). Il est donc possible d'envisager un aménagement qui fonctionnera selon les conditions les plus contraignantes pour une utilisation à l'année ou un aménagement s'adaptant aux deux principales saisons – été et hiver – comme celui conçu par le projet Erdos en Chine¹⁶ (Winblad et coll., 2004). Toutefois, afin de ne pas tomber dans le piège de la planification des systèmes par contrôle optimal de toutes situations tel qu'on retrouve dans la planification conventionnelle des systèmes d'assainissement, il est important de considérer que chaque site possède ses propres caractéristiques et peut alors permettre d'autres systèmes, mais que dans l'optique plus générale de cette recherche, ces conditions plus contraignantes seront considérées.

Les différents types de déchets et leur traitement ont été abordés lors des recommandations techniques. Cependant, il est nécessaire de prendre en considération les conditions locales, car elles peuvent avoir une incidence sur les capacités des systèmes de traitement et méthodes d'entreposage utilisés. La récupération de l'eau de pluie pour l'augmentation des ressources en eau est alors clairement déconseillée pour les climats nordiques (Burkhard et Craig, 2000). Le traitement des fèces et des urines est un peu plus problématique en présence de climats froids, car ceux-ci joueront un rôle moins bien défini sur leur traitement. Au niveau des fèces, on conseille un entreposage de 18 à 24 mois si la température ambiante atteint 20 °C et 12 mois lorsqu'elle atteint 35 °C. Cependant, il n'y a pas de recommandations d'entreposage lors de températures descendant en bas de 4 °C. L'OMS a émis des recommandations pour les systèmes utilisant un entreposage incluant un traitement alcalin et dont la température dépasse 35 °C, mais ne prend pas en considération les climats dont les intervalles de température sont considérables ou pouvant être très froids. Des recherches sont encore nécessaires à ce niveau (Stintzing et coll., 2007 ; Winblad et coll., 2004). Indépendamment de la température, certaines municipalités recommanderont six mois additionnels suite à la dernière addition de matière à un compost. En ce qui concerne l'urine, on remarque un manque semblable d'informations (Stintzing et

¹⁶ Ce projet adopte l'application directe de l'urine comme fertilisant durant l'été, mais utilise plutôt un système par percolation durant l'hiver (Winblad et coll., 2004).

coll., 2007). Le point de congélation de l'urine est à $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Présentement, il n'y a pas de recommandations quant à la durée de l'entreposage d'urine ayant descendu sous cette température. Il n'y a pas assez de connaissances quant aux conséquences qu'aura cette température sur les agents pathogènes et bactéries (Stintzing et coll., 2007). De plus, cette congélation de l'urine dans les conteneurs contenant de l'air peut augmenter la concentration d'ammoniaque qu'on y retrouve (Stintzing et coll., 2007).

Tableau 8 – Recommandations d'aménagement de l'Assainissement Écologique

Préconiser les systèmes :

- de traitement et d'entreposage de moindre envergure lorsque le rendement environnemental, sanitaire et économique est sensiblement le même
- décentralisés et modulables
- mobiles pour la collecte des différents types de déchets pour faciliter leur réutilisation
- pouvant se regrouper en un seul lieu pour faciliter leur accès et leur contrôle
- bien ventilés, surtout lorsqu'utilisés dans le foyer
- pouvant être implanté loin des cours d'eau, sources d'approvisionnement en eau, arbres, plantations comestibles et voies de circulation
- de déshydratations dans les milieux secs et de compostage dans les milieux humides
- n'étant pas sensibles aux températures froides telles que les étangs et les marais artificiels lorsque le site est dans un milieu nordique
- pouvant s'adapter aux rigueurs de toutes les saisons

Éviter les systèmes :

- de collecte d'eau de pluie comme source hydrique additionnelle dans les milieux nordiques
- permettant à la température de l'urine de descendre sous $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- permettant à la température des fèces de descendre sous $4\text{ }^{\circ}\text{C}$

Environnement

L'AE est une forme de recommandation environnementale en soi. Sa prémisse est de refermer la boucle du cycle de ressources naturelles telles que l'eau et les éléments nutritifs. Pour ce faire, elle encourage fortement le retour des éléments nutritifs vers les terres arables et des eaux usées traitées vers les terres arables ou les différentes surfaces d'eau sans qu'elles ne soient néfastes pour les milieux récepteurs. Pour cette raison, il est conseillé d'extraire le plus possible les éléments nutritifs et autres éléments pouvant être nocifs pour les milieux récepteurs avant de remettre les eaux traitées en recirculation. Cette notion de dépollution et de purification des eaux usées est à la base de l'assainissement,

mais contrairement à l'assainissement conventionnel, les éléments nutritifs ne seront pas détruits, – ou le moins possible – mais seront plutôt redirigés vers les milieux dans lesquels ils seront productifs et mis à profit, par exemple dans l'agriculture. C'est pourquoi il sera nécessaire de traiter les différentes fractions en considérant les différentes ressources qu'elles pourront apporter à certains milieux. L'eau, par exemple, devra être dépariée de ces solides en suspension (MES) pouvant diminuer la quantité de lumière nécessaire aux organismes en augmentant la turbidité (Winblad, 2004), de l'azote, potassium et phosphore agissant comme fertilisant pouvant mener à l'eutrophisation des eaux et autres éléments polluants tels que les graisses ou produits chimiques. Les autres types de déchets, tels que les fèces et l'urine, seront traités pour en extraire les éléments nutritifs et matières organiques pour les combiner avec ceux retirés des eaux usées. Ils seront utilisés pour enrichir le sol et aider la croissance des végétaux. Toutefois, il y a quelques craintes, rattachées à cette pratique, concernant les hormones et substances pharmaceutiques pouvant se retrouver dans l'urine et dans les fèces et leur impact sur l'environnement. Les avis sont divergents à ce sujet dans la littérature. Cependant, certains auteurs soutiennent qu'il est préférable de diriger ces éléments vers les terres arables plutôt que vers les eaux réceptrices (Jönsson, 2003 ; Stintzing et coll., 2007). Considérant que l'extraction des éléments nutritifs et des matières organiques est fortement conseillée, il devient alors évident que l'AE préconise les systèmes n'utilisant pas l'eau comme moyen de transport des différentes fractions. Cette stratégie fera en sorte qu'il n'y aura pas de traitement supplémentaire à effectuer sur les effluents afin de séparer les différents éléments. De plus, les quantités d'eau nécessaires aux systèmes seront dès lors diminuées; ce qui contribuera à la diminution de la consommation en eau par foyer.

Dans cette recherche de recirculation des ressources naturelles et de diminution de la pollution des milieux récepteurs, il est possible, par extension, de considérer que l'AE préconise aussi les traitements qui ont un impact réduit sur l'environnement. Cet aspect n'est cependant pas toujours bien indiqué. Dans la littérature sur l'AE, ce sujet est rarement abordé et peut être un peu flou par moment. D'un côté, certains parleront de réduire les matériaux nécessaires à la construction, des ressources d'énergie nécessaires au

fonctionnement des systèmes et autres éléments ayant un impact sur l'environnement, de l'autre, afin de répondre à un large éventail d'utilisateurs, ils conseilleront des systèmes énergivores offrant un meilleur rendement ou un meilleur confort. L'un des objectifs de cette recherche étant de rendre plus écologique l'assainissement des eaux usées domestiques, le discours plus environnemental de l'AE sera alors considéré. Il consistera en une sélection des traitements comportant un impact environnemental réduit; c'est-à-dire, utilisant des matériaux et méthodes de fabrication les plus durables possible et utilisant le moins d'énergie possible pour son fonctionnement. Il faut toutefois considérer qu'aucune Analyse de Cycle de Vie (ACV) ne sera utilisée lors de l'analyse des systèmes et traitement et qu'alors leur degré de durabilité sera considéré selon la compréhension de la littérature analysée.

Tableau 9 – Recommandations environnementales de l'Assainissement Écologique

Préconiser les systèmes :

- avec les meilleurs rendements en réponse aux DBO et MES et autres produits toxiques
- avec les meilleurs rendements en termes de diminution d'azote, potassium et phosphore dans les eaux destinées à retourner dans le réseau hydrique
- **permettant l'extraction des éléments nutritifs et des matières organiques, en vue de les utilisés dans l'agriculture**
- **utilisant le moins d'eau possible pour le transport des fractions lors de leur assainissement**
- ayant peu d'impact sur l'environnement et le réchauffement de la planète
- utilisant le moins de ressources naturelles possible (incluant la superficie d'implantation)
- nécessitant le moins d'énergie possible

Économie

Les coûts nécessaires à l'implantation de systèmes innovateurs sont souvent plus élevés que pour les systèmes conventionnels (Werner et coll., 2009). Dans les projets où un système est déjà présent, les parties prenantes – propriétaires, entrepreneurs, promoteurs municipalités et toute autre personne touchée par le changement – ne seront peut-être pas d'accord avec les coûts supplémentaires associés à ce changement (Werner et coll., 2003). De plus, des coûts sont aussi associés à la mise en place de sources d'informations et de formation sur ces systèmes en plus de ceux associés à la manutention, le transport et l'entreposage des effluents (Winblad et coll. 2004). Ces éléments peuvent être trop

dispendieux pour certaines communautés (Schröder et coll., 2007), ou foyers dans le cas de systèmes décentralisés et jouent un rôle prépondérant sur la durabilité des aménagements. L'ozonation, par exemple, est un traitement avec un rendement très avantageux, mais le coût de son installation et de son entretien est très élevé et peut ne pas être adéquat pour la communauté visée – et encore moins pour un foyer isolé – (Schröder et coll., 2007). De plus, les critères d'évaluation reliés à la réutilisation de certaines fractions peuvent parfois nécessiter un contrôle de qualité plus élevé, augmentant les coûts, ne justifiant pas son implantation (Exall et coll., 2004) en ne considérant que l'aspect financier.

D'un autre côté, en réduisant les effluents à traiter à la source – par la séparation des types de déchets et la diminution d'eau utilisée dans le processus, il est possible de diminuer l'envergure des systèmes à utiliser ainsi que leur rendement nécessaire, diminuant les coûts reliés à leur construction et leur entretien (Winblad et coll., 2004). Winblad et coll. (2004) stipulent que, pour les mêmes standards de qualité, les systèmes d'AE sont habituellement plus économiques que les toilettes conventionnelles. La réutilisation des différentes fractions en tant que fertilisant peut être un attrait additionnel très intéressant remplaçant l'achat de fertilisant commercial (Stintzing et coll., 2007 ; Winblad et coll., 2004). De plus, la réduction de la quantité d'eau potable nécessaire au fonctionnement des systèmes d'assainissement contribue à une diminution des coûts de consommation par le foyer.

Les coûts reliés à ces systèmes demeurent encore un aspect problématique quant à l'implantation de systèmes se basant sur l'AE. Certains individus ou communautés pourront être en désaccord avec l'implantation de nouveaux systèmes sur la base qu'ils entraînent des coûts supplémentaires trop élevés et que l'investissement n'en vaut pas la peine. La réalité est qu'il y a un grand manque d'informations au niveau de l'analyse économique des systèmes d'AE. Une évaluation complète des coûts versus les bénéfices reste encore à faire (Werner et coll., 2009 ; Winblad et coll., 2004). Il est cependant possible d'adopter des stratégies visant la diminution des coûts tels que l'utilisation de

systèmes nécessite peu ou pas d'énergie, nécessitant une superficie d'implantation réduite et moins d'entretien par des professionnels.

Tableau 10 – Recommandations économiques de l'Assainissement Écologique

<p>Préconiser les systèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - nécessitant un investissement adapté aux exigences des futurs utilisateurs - pouvant s'adapter aux systèmes déjà en place - nécessitant peu de formation pour son application, sa construction, son maintien et son entretien - nécessitant un contrôle peu fréquent des effluents - nécessitant un entretien peu fréquent de ses composants - décentralisés, dans le cas des foyers isolés - demandant une superficie d'implantation réduite - permettant l'extraction des éléments nutritifs et matières organiques pouvant être appliqués comme fertilisant par les propriétaires, réduisant leurs besoins de substituts commerciaux - utilisant peu ou pas d'eau potable pour son fonctionnement
--

Santé

Les systèmes basés sur l'AE, comme tout autre système d'assainissement, ont pour objectif principal de diminuer la pollution et les risques sur la santé et l'hygiène publique reliés aux déchets et effluents de la consommation. C'est pourquoi il est essentiel de considérer ce point comme étant crucial à la sélection des systèmes les mieux adaptés. Dans le but de se conformer aux principes de l'AE, il est alors nécessaire de sélectionner les systèmes permettant la fermeture du cycle des éléments nutritifs et de l'eau sans toutefois compromettre la santé des individus pouvant entrer en leur contact. En suivant cette ligne de pensée, il est possible d'extrapoler que les conditions sanitaires doivent alors être égales ou supérieures à celles pouvant être obtenues par les systèmes conventionnels. Les pratiques, systèmes et traitements pouvant comporter des risques sur la santé devraient alors être évités.

Les fèces étant la fraction représentant le plus de risques pour la santé, son traitement doit être très efficace. Les recommandations suivantes se basent surtout sur celles émises par Winblad et coll. (2004) dans leur ouvrage sur l'AE. Tout d'abord, certaines conditions des systèmes peuvent avoir un impact sur la destruction des agents pathogènes, microorganismes, virus et autres agents dangereux. L'utilisation de

températures élevées ($> 40\text{ }^{\circ}\text{C}$) amène une destruction rapide, les températures modérées quant à elles activent la multiplication, et les basses températures ($< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) arrêtent la multiplication sans toutefois les détruire. Le pH, quant à lui, désactivera les microorganismes s'il est élevé. Il y aura une stérilisation rapide (moins de six mois) lorsque celui-ci est plus élevé que 12 et prendra environ six mois à un an s'il est supérieur à 9. Lorsqu'il y a des inquiétudes au niveau de la présence d'œufs de vers, la carbonisation ou l'incinération sont des traitements secondaires assurant la stérilité du produit. La présence d'ammoniaque (NH_3) permettra elle aussi la désactivation des microorganismes et des agents pathogènes. Un taux d'humidité élevé mènera à la survie des agents pathogènes tandis que les germes et les agents pathogènes meurent dans un environnement sec. Dans les systèmes de traitement se basant sur le procédé de décomposition, le taux d'humidité idéal est 50-60 %. Couvrant le tout de matériaux absorbants, il sera possible d'arriver à un traitement sans odeur, sans larve avec une destruction rapide des agents pathogènes. Finalement, la présence de lumière naturelle peut aider au traitement puisque les microorganismes sont sensibles aux rayons UV.

L'urine, quant à elle, constitue un milieu très hostile pour les bactéries. Pour cela, cependant, il faut que sa concentration soit forte, c'est pourquoi il est encore une fois recommandé de ne pas diluer l'urine lors de sa collecte (Stintzing et coll., 2007). L'OMS, pour sa part, considère que l'urine n'a besoin d'être traitée que par entreposage pour des raisons hygiéniques et peut être réutilisée directement dans le jardin du foyer d'où elle provient (Stintzing et coll., 2007). Comme mentionné un peu plus tôt, il y a certaines craintes soulevées par la présence de substances pharmaceutiques dans l'urine. Selon Guerin (2001, tel que cité par Stintzing et coll., 2007), les systèmes de compost ont été évalués comme étant des solutions biologiques pouvant mener à la dégradation de ces substances et devraient alors être préconisés.

Finalement, en portant un regard sur les eaux ménagères, on remarque qu'il y a beaucoup d'opinions partagées quant aux risques leur étant associés. On reconnaît cependant que plusieurs autorités publiques dans le monde considèrent encore que les eaux

ménagères représentent un risque au niveau de la santé (Winblad et coll., 2004). Pour cette raison, il sera alors considéré que sa réutilisation ne devra consister qu'en un retour dans la nature sans qu'elles entrent en contact avec les humains et leur consommation des ressources naturelles – par exemple la réutilisation dans les jardins ne servant pas à la culture de végétaux comestibles ou auxquels les humains peuvent entrer en contact direct.

Qu'il s'agisse de la manutention des fractions ou de leur réutilisation, il est important aussi d'adopter des comportements hygiéniques adéquats. Les designers sont alors en mesure de planifier l'aménagement des installations et des systèmes de traitement d'assainissement en fonction de bonnes pratiques sanitaires. Si les toilettes et systèmes sont bien entretenus, il n'y aura pas d'odeur, de liquides ni de présence de mouches. Les produits provenant du traitement des fèces – déshydratation, compost — sont inoffensifs et ressemblent à de la terre. Cela ne veut pas dire qu'ils sont nécessairement sans danger sur la santé et devraient être manipulés avec soin (Winblad et coll., 2004). C'est pourquoi une hygiène corporelle lors de la manipulation des résidus et le respect des consignes d'entreposage doivent toujours être observés à la lettre (Stintzing et coll., 2007). Afin de d'éviter la transmission de bactéries contenues dans les fèces à la bouche par le biais des mains, il est recommandé d'installer des dispositifs d'hygiène pour les mains près des installations afin que les utilisateurs, responsables de la manutention des effluents, puissent le faire en demeurant hors de danger de contamination par la présence de résidus dangereux sur leurs mains (Winblad et coll., 2004).

L'application des sous-produits dans l'agriculture soulève aussi quelques craintes. Plusieurs auteurs ont émis des recommandations sur le sujet. Par exemple, les fèces ne devraient jamais être utilisées pour l'enrichissement des plantations qui seront consommées crues (Jönsson, 2003 ; OMS, 2006c). Pour sa part, l'urine peut être utilisée sur de telles plantations, mais une attente d'au moins un mois entre l'application et la consommation devrait être respectée pour des raisons de santé (Stintzing et coll., 2007). L'utilisation des eaux ménagères, quant à elle représente un risque pour la santé, surtout dans les cas où une contamination de l'eau potable est possible. C'est pourquoi elles doivent être traitées avec

une considération toute particulière à l'égard des risques qu'elles peuvent avoir sur la santé des humains pouvant entrer en contact avec celles-ci (Sims, 1998 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). L'Organisation Mondiale pour la Santé a émis une série de lignes directrices à l'égard de la réutilisation sécuritaire des eaux usées, eaux ménagères et des fèces dans l'agriculture (OMS, 2006a, 2006b, 2006c ; Panesar et Werner, 2006). Cette série de recommandations est extensive et ne sera pas énumérée ici. Celles-ci devraient tout de même être prises en considération lors de l'aménagement de traitement permettant la réutilisation des déchets dans l'agriculture et pourraient aussi aider les gouvernements dans l'établissement de législations adéquates, permettant la promotion de l'AE (Panesar et Werner, 2006).

Tableau 11 – Recommandations sanitaires de l'Assainissement Écologique

<p>Préconiser les systèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - permettant la réutilisation des eaux usées sans toutefois augmenter les risques pour la santé publique - éliminant le plus possible des bactéries, virus, agents pathogènes, protozoaires et larves - permettant à l'utilisateur d'adopter une pratique hygiénique sécuritaire (dispositif d'hygiène pour les mains) <p>Fèces</p> <ul style="list-style-type: none"> - portant une attention particulière aux risques rattachés aux fèces - utilisant des températures élevées pour le traitement des fèces, ou se trouvant dans un environnement où la température peut être élevée - permettant d'augmenter le taux d'acidité des fèces à plus de 9 - de traitement par carbonisation ou incinération pour éliminer les larves et stériliser le produit des fèces - à environnement sec pour la destruction des agents pathogènes - de décomposition avec un taux d'humidité pouvant varier entre 50 % et 60 % combiné à l'ajout de matériaux absorbants - de traitement par UV - ne réutilisant pas les fèces pour la fertilisation des produits consommés crus <p>Urine</p> <ul style="list-style-type: none"> - conservant la concentration élevée d'urine - d'entreposage conformes aux exigences de l'OMS - de compostage pour l'élimination de substances pharmaceutiques <p>Eaux ménagères</p> <ul style="list-style-type: none"> - de réutilisation n'entrant pas en contact avec les êtres humains - ne permettant pas la contamination de l'eau potable par les eaux ménagères

Société et Culture

Comme les textes le mentionnent régulièrement, l'aménagement de systèmes d'AE doit être flexible et être conçu autour des conditions locales. Au niveau des considérations socioculturelles, il est alors important de considérer les habitudes, croyances, coutumes et le niveau d'accessibilité des différents systèmes par le foyer et la communauté visée (Winblad et coll., 2004). Ces conditions peuvent avoir une incidence sur la sélection puisque certaines solutions ne seront pas en accord avec les pratiques locales. Par exemple, l'utilisation de couches réutilisables lavées à la machine peut introduire des matières fécales dans les eaux ménagères, ou le rejet de déchets organiques de la cuisine dans le compostage peut y introduire des larves de mouches menant à des risques sur la santé (Winblad et coll., 2004). La voix des utilisateurs doit être le centre des décisions quant à la sélection de certains systèmes pouvant perturber les pratiques et habitudes de ceux-ci, sans compter l'aspect financier y étant rattaché. Pour certains, c'est l'aspect esthétique qui doit prédominer, pour d'autres, c'est le rendement écologique des installations ou l'aspect économique (Werner et coll., 2003) – ce dernier étant souvent un aspect décisif. Pour plusieurs sceptiques, les systèmes d'AE sont perçus comme étant inférieurs et malodorants, ne pouvant s'adapter avec un mode de vie contemporain (Winblad et coll., 2004). L'utilisation de latrine à séparation d'urine, par exemple, est perçue comme une solution archaïque et les utilisateurs auront un penchant pour les systèmes à chasse d'eau (Nawab et coll., 2006). Certains ne seront alors peut-être pas prêts à déboursier pour ces modifications (Werner et coll., 2003). C'est pourquoi, l'avis général est qu'un système d'AE doit être suffisamment attirant, confortable et sans nuisance – telle que la présence de mouche ou d'odeur – pour être en mesure de rivaliser avec les systèmes conventionnels (Winblad et coll., 2004). L'une des nuisances régulièrement abordées est la présence d'odeurs pouvant émaner des différents systèmes. Qu'il s'agisse de l'entreposage des fèces ou de l'urine, surtout à l'intérieur du foyer, il est impératif que l'odeur soit réduite au minimum (Stintzing et coll., 2007). Cependant, l'utilisateur doit être mis au courant que l'utilisation de l'urine comme fertilisant est une activité très odorante, mais que l'utilisation de fertilisants commerciaux l'est tout autant et qu'un tel aspect est inévitable (Stintzing et coll., 2007).

L'implantation de systèmes d'AE dans une communauté implique nécessairement un changement d'attitude face à l'assainissement. Un système d'AE peut être très efficace, mais son succès à long terme dépendra de la crédibilité qu'il aura auprès des utilisateurs potentiels (Winblad et coll., 2004). Il y a présentement encore plusieurs éléments perçus négativement par la population. Bien que plusieurs fermiers soient ouverts à l'AE et aux bénéfices de la réutilisation des éléments nutritifs des fèces et de l'urine, plusieurs craignent encore la perception des consommateurs face à leurs produits s'ils utilisaient ce type de fertilisant (Panesar et Werner, 2006). Le simple fait d'être plus écologiquement responsable n'assurera pas automatiquement l'acceptation du public. Les gens sont plus aptes à accepter les risques s'ils sont familiers, volontaires et avec des répercussions négligeables (Slovic et MacGregor, 1994, Renn, 1998 et Lofstedt, 1997 tel que cité par Burkhard et Craig, 2000). La manutention de fèces devient alors une barrière considérable à l'acceptation de ces nouveaux systèmes (Burkhard et Craig, 2000). L'utilisation de l'urine est moins problématique du fait que l'utilisation d'urine animale est une pratique courante (Stintzing et coll., 2007). L'acceptation de ces types de réutilisation est alors reliée en grande partie à la « sensibilité au dégoût »¹⁷ des utilisateurs (Bixler et Floyd, 1997 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). On parle alors de « phobie des fèces »¹⁸ qu'on retrouve dans plusieurs cultures qui considèrent les fèces humaines comme étant des matières dangereuses et malodorantes (Winblad et coll., 2004). C'est pourquoi il est indispensable de considérer les croyances culturelles et la religion des utilisateurs (Warner, 1999 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000 ; OMS, 2006c). Par exemple, pour les adeptes de l'hindouisme, les castes les plus hautes n'auront rien à voir avec les fèces et l'urine, puisqu'elles sont considérées comme étant non propres (Winblad et coll., 2004). Pour les musulmans, il y a une interdiction stricte d'avoir des contacts avec les fèces et l'urine (Nawab et coll., 2006). En Chine, au contraire, les fèces sont considérées comme une ressource importante et son odeur, sa manutention et le fait d'en parler ne pose aucun de problème pour ses habitants (Winblad et coll., 2004).

¹⁷ Traduction libre du terme *disgust sensitivity* utilisé par Burkhard et Craig (2000)

¹⁸ Traduction libre du terme *fecophobia* utilisé par Winblad et coll. (2004)

Pour arriver à respecter la culture et le mode de vie de l'utilisateur, il est important de conserver une approche multidisciplinaire et globale de l'assainissement ce qui permettra de mieux intégrer le nouveau système dans le foyer (Winblad et coll., 2004). Puisqu'il peut y avoir des besoins de changement d'habitude de leur part, il est important de les inclure dans le processus de sélection des systèmes et de leur en expliquer le fonctionnement. L'utilisation de toilette à diversion d'urine peut exiger des hommes qu'ils s'assoient sur la cuvette au lieu de rester debout pour ne pas qu'il y ait d'urine qui s'introduit dans les fèces (Winblad et coll., 2004). Le nettoyage de l'anus par utilisation d'eau ou de papier hygiénique joue aussi un rôle considérable. Les cultures utilisant le papier hygiénique devraient préconiser les cabinets à terreau puisqu'ils le décomposent lors du compostage, ce que les systèmes par déshydratation ne font pas à moins d'y ajouter un traitement secondaire par incinération, composte ou carbonisation (Stintzing et coll., 2007 ; Winblad et coll., 2004). Qu'il s'agisse de nouveaux propriétaires ou de propriétaires transformant leur système actuel, il est essentiel que ceux-ci soient mis au courant de l'utilisation adéquate à adopter pour obtenir un bon fonctionnement des systèmes (Winblad et coll. 2004).

Tableau 12 – Recommandations socioculturelles de l'Assainissement Écologique

Préconiser les systèmes :

- pouvant s'adapter aux exigences culturelles de l'utilisateur ainsi qu'à ses habitudes de vie
- esthétiquement attrayants
- aux rendements écologiques supérieurs selon les préférences de l'utilisateur
- nécessitant des investissements considérables de la part du propriétaire
- n'émettant aucune odeur, surtout lorsqu'il se trouve à l'intérieur du foyer
- offrant un haut niveau de confort
- s'adaptant au mode de vie contemporain du foyer
- ayant fait ses preuves
- comportant des risques connus et acceptés par la population
- ayant le moins de répercussions possibles sur le foyer et les activités qui s'y déroulent
- permettant d'éviter la manutention des fèces
- de réutilisation d'urine plutôt que des fèces si les deux ne sont pas possibles
- en accord avec les pratiques religieuses locales
- dont le bon fonctionnement est facilement accessible à l'utilisateur
- de traitement par compostage pour le traitement des fèces lorsque le foyer utilise le papier

- | |
|---|
| hygiénique, sinon en ajoutant un traitement par incinération ou carbonisation
- facile d'entretien et de maintient |
|---|

Politique

Comme l'indiquent plusieurs auteurs, maints gouvernements et législations excluent en ce moment l'utilisation de systèmes n'utilisant pas l'eau comme moyen de transport des déchets à travers les systèmes de traitement; ce qui rend l'aménagement de systèmes d'AE plus difficile (Geary, 1998 ; Winblad et coll., 2004). De plus, la présence d'infrastructures conventionnelles existantes limite les opportunités d'implantation de systèmes alternatifs (Geary, 1998). Malgré tout, de plus en plus d'autorités publiques encouragent la réutilisation des déchets domestiques tels que les eaux ménagères (McQuire, 1995 tel que cité dans Geary, 1998). Les systèmes permis sont souvent régis par les autorités en place. C'est pourquoi il est essentiel de se rapporter à la législation locale pour les connaître. Dans le but d'éviter la contamination du sol par des métaux lourds, des gouvernements - tels que l'Union Européenne - ont mis en place une réglementation prohibant l'utilisation des boues pour l'agriculture (Winblad et coll., 2004). La réglementation a été mise en place dans le but de protéger le sol, mais en interdisant la réutilisation des boues septiques, ils privent le sol des sources d'éléments nutritifs que l'Assainissement Écologique pourrait leur offrir (Werner et coll., 2003). Dans la plupart des municipalités suédoises, il est nécessaire de faire une demande de permis pour la manutention des fèces. L'urine peut cependant être réutilisée dans le jardin domestique, mais les autorités locales peuvent imposer certaines conditions. L'Allemagne, quant à elle, ne reconnaît pas l'urine comme un fertilisant et ne permet donc pas son utilisation dans l'agriculture (Stintzing et coll., 2007). Au Canada, pour le moment, il n'y a pas de lignes directrices quant à la réutilisation des eaux usées. Cependant, dû à des préoccupations au niveau de la quantité d'eau accessible et de sa qualité, des lignes directrices ont été rédigées par l'Alberta et la Colombie-Britannique (Exall et coll., 2004).

Malgré les lignes directrices publiées par l'OMS, il y a un manque au niveau des normes gouvernementales. L'AE est tellement émergente qu'il manque de régularisations et

de législations y faisant référence ou permettant cette pratique (Winblad et coll., 2004). La terminologie de l'AE est aussi rarement considérée dans les règlements. Dans la législation de l'Union Européenne, une réglementation sur la réutilisation des boues septiques est présente, mais il n'y a aucune mention des fèces ni de l'urine. Il serait nécessaire d'en faire la distinction pour arriver à mieux les considérer dans la conception de systèmes d'assainissement (Stintzing et coll., 2007). Il y a un urgent besoin de révision des cadres législatifs et des standards techniques pour faciliter l'implantation de systèmes d'AE (Werner et coll., 2009).

Tableau 13 – Recommandations politiques de l'Assainissement Écologique

<p>Préconiser les systèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - en accord avec la législation locale au niveau de la gestion des eaux usées, de la réutilisation des matières résiduelles et de l'agriculture - permettant la réutilisation dans le jardin domestique - de réutilisation respectant les lignes directrices gouvernementales - de réutilisation respectant les lignes directrices incluses dans les guides émis par l'OMS
--

Présélection des traitements

Maintenant que les traitements ont été analysés et convertis en tableaux et que la grille d'analyse issue des recommandations de l'AE a été élaborée, il est nécessaire de procéder à l'analyse et la présélection des traitements. Cette présélection représentera les options les plus aptes à répondre aux exigences de l'AE et à celles reliées au contexte des pays développés nordiques. La classification des traitements a été réalisée de façon à ce qu'il puisse se situer dans le groupe des traitements recommandés ou déconseillés. Une troisième catégorie a aussi été ajoutée au tableau de présélection (tableau 9) soit : recommandée sous conditions. En effet, certains traitements ne sont pas nécessairement bons ou mauvais selon le contexte d'utilisation. Par exemple, un élément épurateur modifié peut représenter une solution envisageable, mais il est fortement conseillé d'utiliser un élément épurateur classique si le contexte le permet (Québec, 2009c). La classification des

traitements a été faite selon l'étape à laquelle elle fait référence. Tout d'abord, il y a le **système de collecte** par lequel les déchets sont recueillis. Ensuite vient le temps de retirer des effluents, les matières pouvant être décantées et l'écume. Ce traitement est fait généralement par un traitement primaire (Servos et coll., 2001). Par la suite, il s'agit de continuer à dépolluer les effluents en enlevant les matières fines, restant en suspension, et les matières qui demandent une consommation d'oxygène. C'est le traitement secondaire (Servos et coll., 2001). Vient alors le temps, par traitement secondaire avancé ou tertiaire, de retirer les résidus d'azote (N) et de phosphore (P) (Servos et coll., 2001). Lorsque nécessaire, il est possible de continuer le traitement des effluents en leur faisant subir des traitements de désinfection afin de détruire la majorité des microorganismes tels les organismes pathogènes pour l'homme (Santé Canada, 2010). Finalement, si les effluents ne sont pas réutilisés dans une activité particulière, ils sont retournés dans la nature par un système d'évacuation, généralement via le sol. Cette catégorisation est toutefois large. Certains systèmes font office de traitements multiples et ne seront classés que dans une seule catégorie en fonction de leur utilisation principale.

Tableau 14 – Tableau de présélection des systèmes de traitement

Système de traitement	Recommandé	Recommandé sous conditions	Déconseillé
Systèmes de collecte			
Toilette à chasse d'eau			XXX
Toilette à faible chasse d'eau			XXX
Toilette à vacuum		XXX	
Latrines			XXX
Toilettes sèches à déshydratation	XXX		
Toilettes à chasse d'eau à diversion d'urine (NoMix Design)			XXX
Cabinet à terreau ou Toilette à compost	XXX		
Systèmes de traitement primaire			
Fosse septique		XXX	
Fosse d'assainissement		XXX	
Fosse Imhoff		XXX	

Système de traitement	Recommandé	Recommandé sous conditions	Déconseillé
Fosse de décantation	XXX		
Bark rings		XXX	
Systèmes de traitement secondaire et/ou secondaire avancé			
Étang de stabilisation des déchets			XXX
Filtre à sable		XXX	
Filtre granulaire à recirculation			XXX
Filtre Tripling			XXX
Fosse à boues activées			XXX
Réacteur à lit fixé			XXX
Systèmes de traitement tertiaire			
Réacteur biologique séquentiel			XXX
Marais filtrant			XXX
Living machine			XXX
Aquaculture			XXX
Disques biologiques			XXX
Systèmes de désinfection			
Chloration			XXX
Dioxyde de chlore			XXX
Ozonation			XXX
Irradiation aux rayons ultraviolets	XXX		
Systèmes d'évacuation des effluents			
Champ d'évacuation			XXX
Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration	XXX		
Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration sous système de traitement secondaire non étanche		XXX	
Élément épurateur à lit d'infiltration ou élément épurateur modifié		XXX	
Puits absorbant			XXX
Terre à sable hors sol			XXX
Filtre à sable hors sol sous un système de traitement secondaire non étanche			XXX

Système de traitement	Recommandé	Recommandé sous conditions	Déconseillé
Champ de polissage à tranchées d'infiltration	XXX		
Champ de polissage à lit d'absorption		XXX	

Afin de simplifier la présélection des traitements, certains regroupements de systèmes ont été faits. Par exemple, il existe une multitude de modèles différents de toilettes à compost. Plusieurs ont été analysés par la recherche. Cependant, au lieu de présenter chaque modèle, le compte-rendu analytique de ceux se basant sur un même principe de traitement a été réalisé de façon sommaire. Toutefois, quelques caractéristiques particulières à certaines ont été identifiées plus spécifiquement. Si un professionnel de l'aménagement est intéressé par l'utilisation d'un de ces modèles dans un aménagement, il lui sera conseillé de s'informer de ses caractéristiques particulières.

Le regroupement a été réalisé comme suit (tableau 15) :

Tableau 15 – Regroupement des systèmes d'assainissement

Systemes de collecte
Toilette à chasse d'eau
Toilette à faible chasse d'eau
- faible chasse
- très faible chasse
Toilette à vacuum
Latrines
- Toilettes sèches
- Arborloo (Esrey et coll., 2001)
- Unité sanitaire écologique (Krekeler, 2008)
- Toilette sèche vietnamienne (Krekeler, 2008)
- DAFF (Krekeler, 2008)
Toilettes sèches à déshydratation
- Toilettes à traitement thermophile
- Toilettes à traitement alcalin et dessiccation
- Toilettes à incinération
- Sirdo Seco (Krekeler, 2008)
- Tepcan (Krekeler, 2008)
Toilettes à chasse d'eau à diversion d'urine
- NoMix Design (Sustainable Sanitation Alliance, 2009)
Cabinet à terreau ou Toilette à compost
- Clivus Multrum (Sustainable Sanitation Alliance, 2009)
- Blair (Esrey et coll., 2001)

- Toilette Carrousel (Krekeler, 2008)

Systèmes de traitement primaire

Fosse septique

- Préfabriqué
- Construite sur place

Fosse d'assainissement

Fosse Imhoff

Fosse de décantation

Bark rings

Systèmes de traitement secondaire et/ou secondaire avancé

Étang de stabilisation des déchets

Filtre à sable

Filtre granulaire à recirculation

Filtre Tripling

Fosse à boues activées

Réacteur à lit fixé

Systèmes de traitement tertiaire

Réacteur biologique séquentiel

Marais filtrant

- Marais à écoulement vertical
- Marais à écoulement horizontal
- Marais à écoulement horizontal sous la surface

Living machine

Aquaculture

Disques biologiques

Systèmes de désinfection

Chloration

Dioxyde de chlore

Ozonation

Irradiation aux rayons ultraviolets

Systèmes d'évacuation des effluents

Champ d'évacuation

Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration

Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration sous système de traitement secondaire non étanche

Élément épurateur à lit d'infiltration ou élément épurateur modifié

Puits absorbant

Terre à sable hors sol

Filtre à sable hors sol sous un système de traitement secondaire non étanche

Champ de polissage à tranchées d'infiltration

Champ de polissage à lit d'absorption

Systemes de collecte

Toilette à chasse d'eau :

Ce type de toilette conventionnel requiert une quantité considérable d'eau soit 19 l. par chasse d'eau (Canada, 2010). De plus, elle ne permet aucune séparation des types de déchets faisant en sorte que les différents déchets sont dilués et mélangés avant de pouvoir en faire la réutilisation ou le traitement de façon moins intensive. Elle ne sera pas considérée pour la recherche en cours.

Toilette à faible chasse d'eau :

Ce type de toilette utilise une quantité d'eau inférieure à la toilette conventionnelle. Une toilette à faible chasse utilisera 13,2 l. par chasse d'eau et une toilette à très faible chasse, 5,7 l. par chasse d'eau (Canada, 2010). Toutefois, elle présente les mêmes désavantages que la toilette conventionnelle à chasse d'eau. Elle ne rencontre donc pas les recommandations de l'AE. Elle ne sera pas retenue pour les systèmes à aménager.

Toilette à vacuum :

Les toilettes à vacuum sont utilisées pour la collecte des eaux noires. Elles utilisent généralement de 0,5 l. à 1,5 l. par chasse (OMS, 2006c ; Prystajeky et coll., 2006). Pour le traitement des effluents, il est conseillé d'y ajouter, par la suite des matières ou déchets organiques de la résidence (OMS, 2006c). Son niveau de confort est similaire à celui de la toilette conventionnelle (OMS, 2006c), ce qui peut jouer un rôle important sur son acceptation par le domicile (Prystajeky et coll., 2006). Elles requièrent, cependant, une source d'énergie pour fonctionner ce qui les rend moins avantageuses au point de vue environnemental et économique. Ce système de collecte représente toutefois une solution adéquate, surtout lorsqu'il s'agit d'opter pour un système ayant un confort similaire aux systèmes conventionnels. Il est toutefois recommandé d'opter pour une option qui n'utilisera pas d'eau et qui sera économiquement plus intéressante.

Latrines :

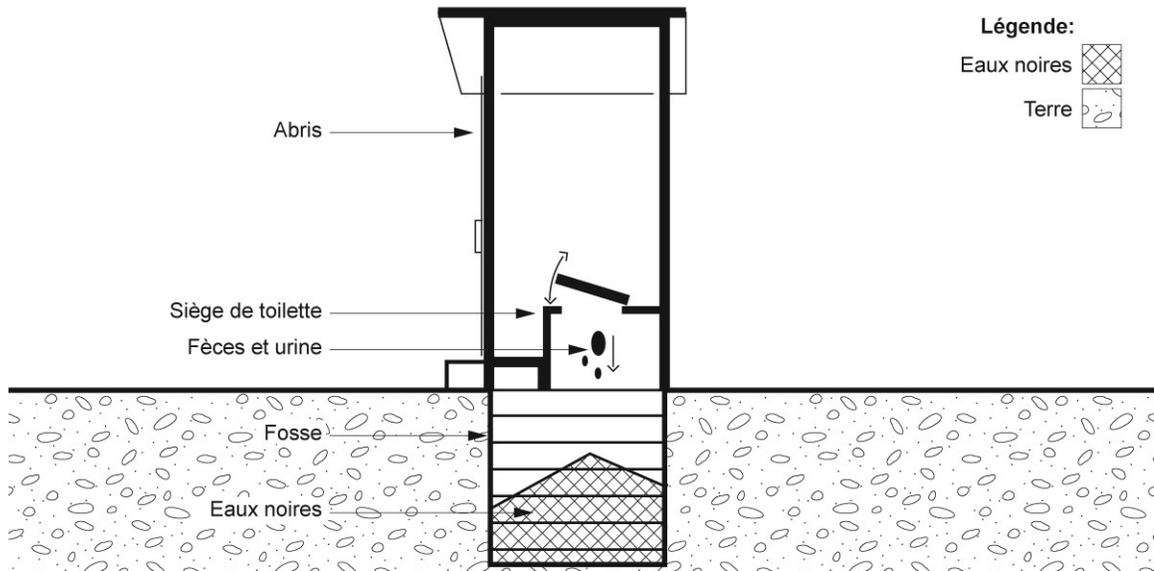


Figure 8 – Latrine (inspiré de Québec, 2009c)

Ce système, d'un point de vue de l'AE, est une option souvent fortement conseillée, car il permet la séparation des composants des eaux usées (fèces et urine des eaux grises) et de retourner les éléments nutritifs vers le sol. Cependant, bien qu'il soit économique, qu'il ne requiert pas d'eau pour son fonctionnement et que le traitement des déchets s'effectue de façon naturelle par la décomposition des fèces et de l'urine dans le sol (Krekeler, 2008), celui-ci ne peut être conseillé pour l'assainissement des eaux usées domestiques. Au niveau technique, la vidange de la fosse recueillant les fèces est un aspect déplaisant pour l'utilisateur (Werner et coll., 2003). Il est toutefois possible, lorsque la fosse est pleine, de déplacer la latrine à un autre endroit et donc de recouvrir la fosse actuelle, et d'en creuser une nouvelle. Cela dit, cette alternative entrainera des coûts supplémentaires compromettant l'aspect économique de ce système. Toutefois, la fermeture du compartiment sur une durée de deux ans peut permettre la réutilisation des résidus en tant que source de fertilisant (OMS, 1996 tel que cité dans OMS, 2006c). L'aménagement d'une latrine doit aussi se faire à une certaine distance de la maison pour des raisons de santé et pour éviter les désagréments tels que les odeurs et les mouches (Krekeler, 2008 ; OMS, 2006c ; Panesar et coll. 2006 ; Québec, 2009c ; Werner et coll., 2003) ce qui les rend moins

accessibles. Dans les climats nordiques où les températures peuvent être très froides, l'utilisation de ce système peut en être d'autant plus inconfortable. Au niveau environnemental, son rendement est risqué, car elle est souvent source de pollution des eaux souterraines (Krekeler, 2008 ; OMS, 2006c ; Panesar et coll., 2006 ; Werner et coll., 2003 ; Winblad et coll., 2004). Au niveau sanitaire, comme stipulé plus tôt, ce système est propice à la colonisation de mouches et d'insectes posant un risque pour la santé des utilisateurs. De plus, si une infiltration des effluents dans les eaux souterraines se produit, il y aura alors l'introduction d'agents pathogènes et de bactéries pouvant affecter les sources d'eau potable de la résidence (Krekeler, 2008). Finalement, d'un point de vue social, les latrines sont mal vues, car odorantes, difficiles à utiliser et difficilement accessibles (Krekeler, 2008 ; Panesar et coll., 2006 ; Werner et coll., 2003).

Toilettes sèches à déshydratation :

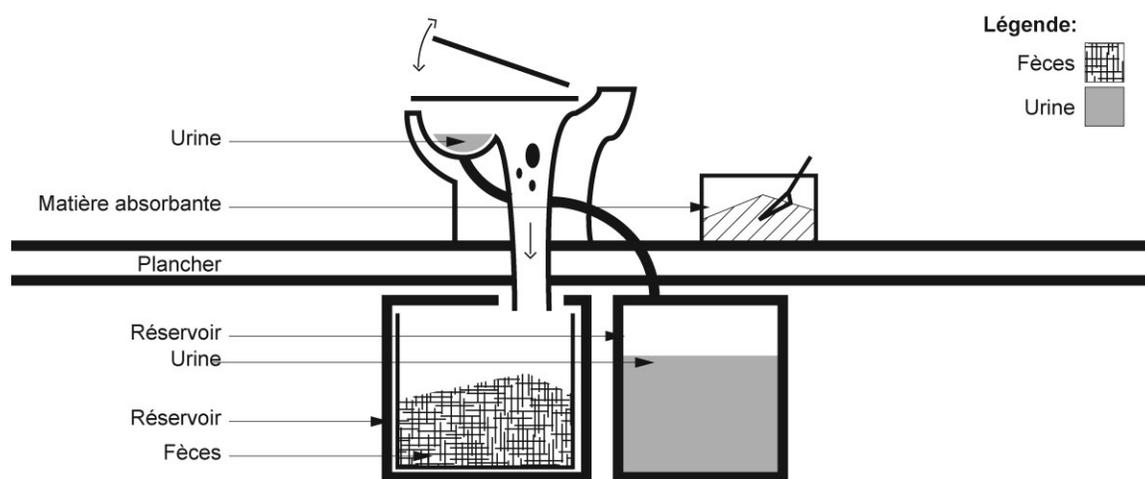


Figure 9 – Toilette sèche à déshydratation

Ce système consiste à faire la collecte des fèces et de l'urine pour en faire le traitement par déshydratation des fèces et/ou en y ajoutant des éléments afin d'augmenter le taux d'acidité des déchets et en faire l'assainissement. Il est alors possible de faire la collecte des fèces avec ou séparément de l'urine. Lorsqu'il y a séparation d'urine, celle-ci peut alors être traitée séparément à l'aide de traitements plus spécifiques à ce type de déchet. Lorsqu'il est question de toilettes à déshydratation, il est possible de trouver

plusieurs modèles différents de cuvettes, toilette en position squatteur et autres dispositifs (Del Porto et Steinfeld, 2000). C'est pourquoi son aménagement peut être réalisé selon une multitude de configurations différentes. En se basant sur la littérature analysée, ce système prendra généralement la forme d'une toilette sur podium ou à position squatteur, à l'intérieur ou à l'extérieur du foyer (Del Porto et Steinfeld, 2000 ; Jönsson, 2003). Il y aura souvent aussi la séparation de l'urine et des fèces. Dans la plupart des cas, il n'y aura aucune utilisation de source d'eau afin de conserver les éléments recueillis le moins humides possible. L'entreposage sera réalisé à l'aide d'un ou deux compartiments qui seront aménagés sous le cabinet d'aisance. Leur accès pourra s'effectuer par l'extérieur du foyer ou sous le système. D'un point de vue technique, ce système est intéressant, car il permet la séparation des éléments (Esrey et coll., 2001 ; Krekeler, 2008 ; Stintzing et coll., 2007). De plus, la présence d'un double compartiment permet un entretien sans obliger l'arrêt du fonctionnement du système (Krekeler, 2008). La séparation des déchets permettra aussi une certaine flexibilité quant à leur traitement ultérieur (Esrey et coll., 2001). Toutefois, afin de s'assurer d'un traitement avec un taux d'acidité élevé, il peut être nécessaire d'ajouter de la cendre, de la chaux, du bran de scie et autres matériaux absorbants (Esrey et coll., 2001 ; Krekeler, 2008) ce qui signifie un entretien plus demandant de la part de l'utilisateur et la nécessité de se procurer ces produits. De plus, en n'utilisant aucune source d'eau, il est possible qu'un certain blocage se produise dû aux fibres et particules s'accumulant. Il peut être alors nécessaire de faire des rinçages à l'aide de produits chimiques. Ces produits n'affecteront cependant pas la qualité des effluents d'urine (Stintzing et coll., 2007). La versatilité de l'aménagement pouvant se faire à l'intérieur comme à l'extérieur offre alors la possibilité au système de s'adapter au milieu (Krekeler, 2008). S'il est installé à l'intérieur, une bonne ventilation sera nécessaire. La robustesse du système a aussi été éprouvée selon différentes zones climatiques (Krekeler, 2008), ce qui en fait un système pouvant être implanté dans le climat nordique. Malgré tout, ce système, tel que mentionné auparavant, convient moins aux milieux humides, celui-ci reposant sur un processus de déshydratation. La construction peut se faire sur les lieux ou être préfabriquée dans certains cas. Il est toutefois nécessaire d'aménager un espace pour

l'entreposage et l'accès aux effluents, ce qui peut entraîner des coûts supplémentaires en espaces et en investissements (Esrey et coll., 2001 ; Krekeler, 2008). Ils sont, malgré tout, considérés comme étant des systèmes très économiques à opérer et à construire (Del Porto et Steinfeld, 2000 ; Krekeler, 2008). Les effluents pouvant être réutilisés, ils peuvent représenter une source d'économie en fertilisant. D'un point de vue environnemental, les toilettes sèches à déshydratation sont intéressantes, car elles n'utilisent pas d'eau, ne diluent donc pas l'urine et les éléments nutritifs qui s'y trouvent et ne sont pas source de pollution des eaux souterraines (Esrey et coll., 2001 ; Krekeler, 2008). De plus, les effluents étant bien traités pourront être retournés dans l'environnement par le biais de l'agriculture. Le système de ventilation nécessaire peut cependant entraîner certains coûts énergétiques. En ce qui a trait aux considérations sanitaires, ce traitement se faisant dans un environnement sec permettra la destruction de la plupart des germes et agents pathogènes. Un temps d'entreposage prolongé et l'augmentation du taux d'acidité peuvent être nécessaires pour la destruction de ces derniers (Krekeler, 2008 ; OMS, 2006c). De plus amples recherches sont en cours pour déterminer l'efficacité de cette destruction (Esrey et coll., 2001). Il est aussi essentiel de faire un bon entretien du système pour que la réutilisation ultérieure des déchets ne représente pas de risques significatifs pour la santé (Krekeler, 2008). Les recommandations de l'OMS (2006c) sont de lignes directrices alors très importantes et un usager voulant aller vers cette avenue devra s'y rapporter et vérifier la législation locale à cet effet. Au niveau de l'urine, le système permettant d'atteindre une concentration élevée, cet effluent est alors un environnement hostile pour les agents pathogènes. Socialement, ces systèmes offrent une certaine flexibilité afin de s'adapter aux habitudes de l'utilisateur. Celui-ci pouvant alors choisir entre un modèle à position assise ou squatteur. Il pourra aussi procéder à la vidange du système sans les inconvénients olfactifs puisque les fèces séchées ne dégagent pas d'odeur (Krekeler, 2008).

Toilette à chasse d'eau à diversion d'urine (NoMix Design) :

Ce système de collecte consiste en une toilette séparant l'urine des fèces sans que sa concentration soit diluée par l'eau de la cuvette. Il consiste en un système complexe

comportant encore beaucoup de problèmes techniques et ne devrait alors pas être considéré dans la sélection des traitements les plus adéquats. Son fonctionnement nécessite une utilisation particulière ne s'adaptant pas aux habitudes de vie des utilisateurs (Burkhard, 2006). De plus, bien qu'il utilise une quantité moindre d'eau par chasse (Burkhard, 2006), les utilisateurs tirent celle-ci plus d'une fois pour mieux nettoyer la cuvette. Il y a aussi des problèmes d'odeurs pouvant surgir d'un mauvais entretien (Sustainable Sanitation Alliance, 2009).

Cabinets à terreau ou toilettes à compost :

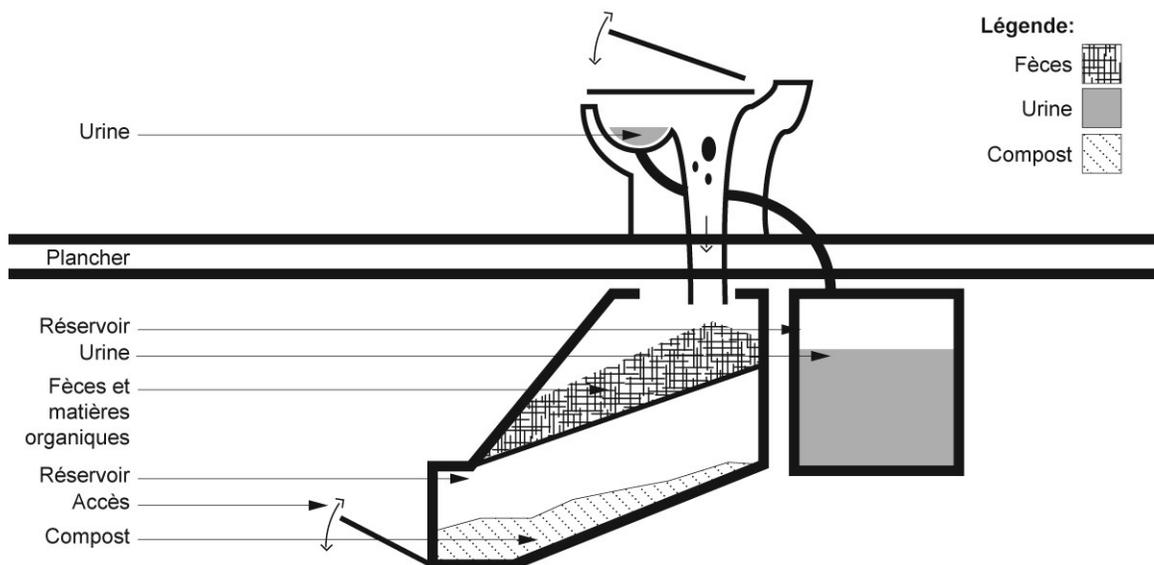


Figure 10 – Toilette à compost

Ce type de toilette combine à la fois la cueillette et le traitement des fèces et urines. Elle vise la décomposition des matières organiques par procédés aérobiques. Le produit final se résume à une combinaison de dioxyde de carbone, d'eau, de chaleur et d'une forme d'humus pouvant être utilisé pour l'amélioration de la qualité du sol (Krekeler, 2008 ; Smerdon et coll., 1997 ; Stintzing et coll., 2007). Ce traitement repose sur le maintien de températures supérieures à 15 °C et d'un taux d'humidité variant entre 50 % et 60 % (Kunst, 2002 tel que cité dans Krekeler, 2008). L'urine n'est habituellement pas séparée des fèces avant l'étape de compost (Krekeler, 2008). Il est toutefois possible d'adopter un modèle qui le permet si tel est l'intention de l'utilisateur (Jenkins, 2005 ; OMS, 2006c ;

Smerdon et coll., 1997). En plus de recueillir les fèces et l'urine, il est possible aussi d'y ajouter d'autres éléments décomposables par le procédé. Le papier de toilette et certains déchets organiques de la cuisine en sont des exemples. L'ajout de déchets organiques domestiques est même conseillé pour une meilleure efficacité du traitement (OMS, 2006c). L'ajout de ces matières aidera à l'aération de la pile de compost tout en diminuant le volume de déchets domestiques. Dans le cas où ce type d'ajout n'était pas effectué, il serait nécessaire d'ajouter certains autres éléments tels que des copeaux de bois et de la tourbe pour l'aération (Krekeler, 2008 ; Smerdon et coll., 1997 ; Sustainable Sanitation Alliance, 2009 ; Stintzing et coll., 2007). Cet ajout est essentiel pour le fonctionnement du système, sinon il risque d'y avoir des problèmes d'odeurs (OMS, 2006c). Laissant plusieurs options d'usage à l'utilisateur, ce système permet une bonne flexibilité afin de s'adapter aux besoins du foyer. Il est possible, entre autres, d'opter pour un modèle avec compartiment intégré, séparé, simple ou double pouvant être aménagé à même le podium de la toilette ou dans une pièce distincte au sous-sol (Esrey et coll., 2001 ; Krekeler, 2008 ; Smerdon et coll., 1997 ; Sustainable Sanitation Alliance, 2009). Le compartiment peut même être quadruple comme dans le cas de la toilette *Caroussel* qu'on retrouve dans les Iles Pacifiques (Burkhard, 2006 ; Krekeler, 2008). L'entretien de ces systèmes est assez varié, car il dépend en grande partie de la configuration de chacun. Un système dont le compartiment est intégré à la toilette nécessitera une vidange plus fréquente et le traitement des fèces devra se continuer dans un compartiment secondaire. Les compartiments doubles permettront un usage en alternance, facilitant la vidange et permettant l'entreposage des matières en traitement séparément des matières organiques plus fraîches (Esrey et coll., 2001 ; Krekeler, 2008). La vidange des compartiments se fera au bout de quelques mois ou même années comme avec le système *Clivus Matrium* de Suède et la toilette *Caroussel* (Krekeler, 2008), plutôt qu'après quelques semaines (Krekeler, 2008 ; Smerdon et coll., 1997). Malgré tout, bien que la vidange n'ait pas besoin d'être effectuée régulièrement, il y a un entretien périodique devant être fait tel que le mélange des matières organiques, l'ajout de matières pour faciliter l'aération, la mise à niveau du contenu des compartiments pour en éviter la densification (Smerdon et coll., 1997 ; Sustainable Sanitation Alliance, 2009). On

peut aussi considérer environ une heure de travail par mois pour ce type d'entretien (Sustainable Sanitation Alliance, 2009). Lorsqu'un nouveau compost est commencé, il est aussi suggéré d'ajouter de l'humus et des verres de terre afin d'accélérer le processus de décomposition (Krekeler, 2008). L'un des principaux inconvénients de ce système est la connaissance nécessaire à la bonne utilisation de celui-ci. Par exemple, il est nécessaire de faire la surveillance des températures pour s'assurer d'atteindre les recommandations de l'OMS (2006c). De plus, il faut de bonnes connaissances pour arriver à un mélange adéquat d'azote, de carbone, de liquide et d'air afin d'atteindre les conditions thermiques nécessaires au processus (Stintzing et coll., 2007).

Comme stipulé précédemment, il y a une grande flexibilité avec ce système et ce, aussi, au niveau de l'aménagement. En effet, la versatilité des différents systèmes permet d'aménager les compartiments d'entreposage et de traitement à même la cuvette ou ailleurs telle une pièce intérieure donnant sur l'extérieur du foyer vers le jardin, facilitant l'entretien du système et l'utilisation des effluents dans la cour ou même permettant de recueillir les matières organiques de la salle de bain et de la cuisine dans un même récipient (Esrey et coll., 2001 ; Krekeler, 2008 ; Sustainable Sanitation Alliance, 2009). Il est aussi possible d'avoir plusieurs toilettes connectées à un même dispositif d'entreposage. Si la cuisine n'est pas connectée au système, il est toutefois possible d'y ajouter les matières organiques par la suite. Elles sont considérées comme étant idéales pour l'utilisation à l'échelle du foyer où elles permettent de meilleurs résultats dus à une supervision plus étroite de la part de la famille (Esrey et coll., 2001). La dimension des compartiments peut cependant nécessiter un espace considérable si elles ne sont pas intégrées à la toilette, mais lorsqu'elles sont séparées de celle-ci, elles permettent une vidange moins fréquente (Smerdon et coll., 1997). Comme la température de ces compartiments doit toujours être plus élevée que 15 °C, certains systèmes auront recours à un système de chauffage permettant aussi de réduire le volume de ce dernier (Smerdon et coll., 1997). C'est sans doute aussi l'une des raisons menant à l'aménagement de ces systèmes à l'intérieur de la maison. De plus, l'isolation de la surface est particulièrement importante afin de ne pas ralentir le processus (Stintzing et coll., 2007). Bien que le processus de compostage requiert

des températures très élevées, il est possible que le mélange de compost génère des températures suffisamment élevées malgré une température allant sous zéro (Stintzing et coll., 2007). D'un point de vue économique, les toilettes à compost assurent une diminution de la consommation en eau tout en permettant l'utilisation des effluents, lorsque la réglementation locale l'autorise, comme source de fertilisant ou de reconditionnement du sol qu'il s'agisse des effluents liquides ou de l'humus obtenu par le compostage des matières organiques (Esrey et coll., 2001 ; Krekeler, 2008 ; Smerdon et coll., 1997 ; Stintzing et coll., 2007 ; Sustainable Sanitation Alliance, 2009). Afin d'atteindre les températures nécessaires, il est parfois nécessaire de chauffer électriquement le mélange ou d'aménager un espace intérieur, ce qui entraîne des coûts supplémentaires. L'analyse préliminaire de l'impact environnemental permet de considérer qu'il s'accorde avec la philosophie de l'AE. Il tend vers la diminution de la consommation d'eau potable, le retour des éléments nutritifs au territoire au lieu de les transporter dans le réseau fluvial et permet la séparation des fèces et de l'urine tout en prenant en charge certains déchets organiques provenant de la cuisine. De plus, mis à part les systèmes nécessitant l'électricité pour le maintien des températures élevées, ce système ne requiert pas de sources d'énergie. Au niveau politique, il est nécessaire de référer à la législation locale puisque certaines régions, telles que le Québec, proscrirent ce genre d'installation sauf lors de circonstances particulières (Québec, 2009c). Il est pourtant possible d'observer ce type de système dans plusieurs cottages et résidences d'été en Europe du Nord (Krekeler, 2008). Socialement, ces systèmes peuvent s'adapter aux différentes habitudes de vie des utilisateurs tout en offrant des cuvettes sur piédestal rappelant les cuvettes nord-américaines conventionnelles. De plus, lorsque le compost est bien réalisé, l'odeur n'est pas désagréable et ressemble à celle du sol frais (Burkhard et Craig, 2000). L'entretien doit cependant être effectué par les membres du foyer ce qui les oblige à manœuvrer les matières fécales pouvant en répugner certains. Toutefois, cet entretien par le foyer permet une meilleure surveillance des installations réduisant les risques, les coûts, tout en générant un sentiment d'appartenance de la part du propriétaire. L'entretien peut cependant être exigeant pour les personnes âgées (Sustainable Sanitation Alliance, 2009).

On considère que la plupart des agents pathogènes et germes sont éliminés lorsque la température atteint 50 à 60 °C durant quelques jours (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008). Il est toutefois possible de retrouver des coliformes fécaux dans le mélange (Burkhard et Craig, 2000). Il est alors nécessaire d'adopter des habitudes hygiéniques adéquates (Stintzing et coll., 2007). De plus, il est nécessaire de se référer aux exigences de l'OMS (2006c) afin d'adopter des pratiques sécuritaires lors de la réutilisation des effluents dans l'agriculture surtout s'il s'agit de plantes entrant en contact avec l'être humain (Stintzing et coll., 2007).

Systèmes de traitement primaire

Fosse septique :

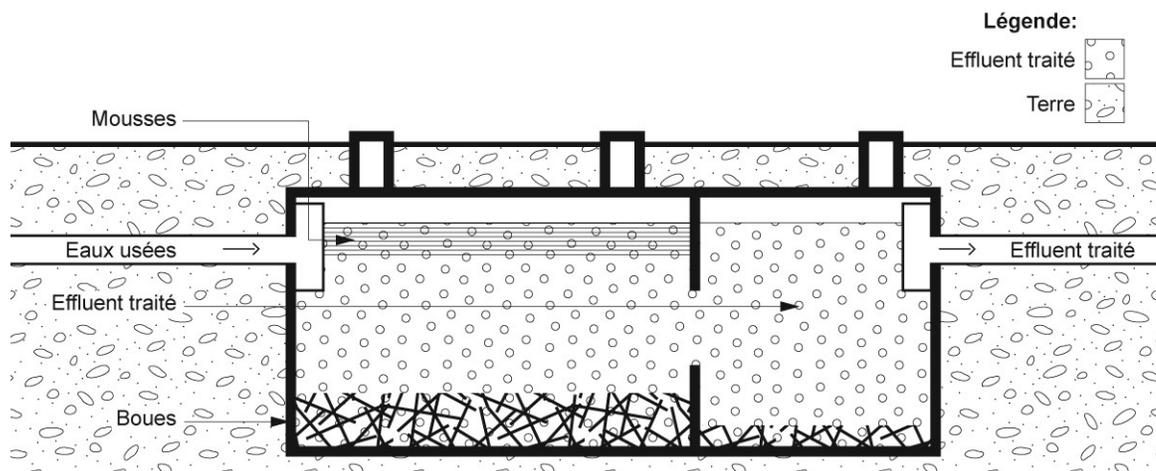


Figure 11 – Fosse septique (inspiré de Burkhard et Craig, 2000)

Une fosse septique est un réservoir souterrain construit sur place à travers lequel les eaux usées traditionnelles¹⁹ subissent un traitement primaire. Le processus consiste en la séparation des matières plus lourdes, par exemple les fèces et les matières organiques de la cuisine ainsi que les graisses et autres matières en suspension à la surface du reste des eaux usées (Québec, 2001). Généralement, la première section de la fosse occupe le 2/3 du volume et servira à la décantation des matières lourdes qui constitueront les boues

¹⁹ Incluant les eaux noires et grises

septiques. La seconde section occupera le reste du volume et servira à faire la séparation des écumes et matières en suspension à la surface des eaux usées (Burkhard et Craig, 2000 ; Québec, 2001). Les déchets se décomposent alors de manière non aérobie (Smerdon et coll., 1997). Ce système ne peut être utilisé seul. Il devra être combiné à un traitement secondaire, secondaire avancé ou tertiaire avant que les effluents ne soient retournés à la nature. Bien que la littérature sur l'AE suggère que les fosses septiques sont problématiques, il est possible de trouver des avis contraires soutenant que ce système n'est pas problématique à l'échelle du foyer et que les problèmes se produisent davantage dans les grandes installations (Québec, 2001). Il nécessite peu d'entretien et se fait généralement sans problème (Burkhard et Craig, 2000). Tout dépendant de l'envergure de la fosse et de la fréquence d'utilisation, celle-ci doit être vidée une fois tous les 12 à 60 mois (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008 ; Québec, 2009c ; Smerdon et coll., 1997). Il faut cependant mesurer régulièrement le niveau des boues et l'épaisseur de l'écume afin d'éviter que ces derniers ne se dirigent vers l'élément épurateur, par exemple le champ d'épuration (Québec, 2001).

Au niveau de l'aménagement, il est déconseillé d'utiliser des fosses septiques en parallèle puisqu'il devient alors difficile de bien répartir le débit et les matières polluantes entre les fosses (Québec, 2001). Il est aussi conseillé d'utiliser une fosse avec deux compartiments tel qu'expliqué plus tôt quoi qu'il y ait des avis divergents à ce sujet puisque certains considèrent qu'un seul compartiment est suffisant (Québec, 2001). Ce système est construit ou préfabriqué puis installé sous la terre. Il est adéquat pour les résidences isolées (Metcalf et Eddy, 1991 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000) et peut répondre aux besoins de 4 à 39 personnes (Klargester, 1999 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). En se basant sur les besoins d'un foyer comprenant 3 compartiments (2 adultes et 2 enfants) et sur les normes québécoises, la capacité volumique nécessaire à la fosse est de $3,4 \text{ m}^3$ soit environ 1,5 m de hauteur par 1,05 m de largeur et 2,15 m de longueur (Québec, 2009c). Son implantation doit aussi être planifiée en fonction de certains éléments du site afin d'éviter la contamination de sources d'eau telles que les puits et les cours d'eau. Il est donc nécessaire de considérer la proximité de plusieurs éléments sur le

terrain (annexe 3) tout en évitant d'incommoder les voisins par les odeurs pouvant sortir des conduits d'aération ou lors de la vidange du système (Québec, 2001 ; Québec, 2009c). De plus, le climat jouera un rôle prépondérant sur le rendement de la fosse (Krekeler, 2008), celle-ci devra alors être protégée contre le gel et il sera aussi conseillé de ne pas enlever la neige sur la surface sauf pour la circulation et la ventilation (Québec, 2009c). Au niveau de l'aspect économique d'un système de fosse septique, il est à noter que les boues recueillies de la fosse peuvent être épandues comme fertilisant, permettant une certaine économie au niveau de l'enrichissement du sol (Krekeler, 2008). De plus, on considère que ce traitement est abordable puisque les coûts d'opération, d'entretien et d'installation vacillent entre faibles et moyens (Burkhard et Craig, 2000). Au niveau de l'environnement, il est possible de retourner les boues digérées à la terre par le biais de l'agriculture répondant aux exigences de l'AE (Krekeler, 2008). Toutefois, les fosses septiques demeurent risquées au niveau de la contamination des eaux souterraines (Werner et coll., 2003). De même, lorsque les boues ne sont pas stabilisées complètement, elles puent, ne sont pas hygiéniques et contiennent de fortes quantités de matières organiques (Krekeler, 2008). Cela peut représenter un risque pour la santé, tout en rendant la proximité du système et son entretien désagréable pour les usagers. Ce système reste cependant le plus couramment utilisé comme prétraitement dans l'aménagement de systèmes complets visant l'infiltration des effluents par le sol (Québec, 2001). Malgré les impacts qu'il peut avoir sur l'environnement, ce traitement primaire sera retenu. Cependant, il sera nécessaire de porter une emphase toute particulière à la nature des effluents qui seront traités.

Fosse d'assainissement :

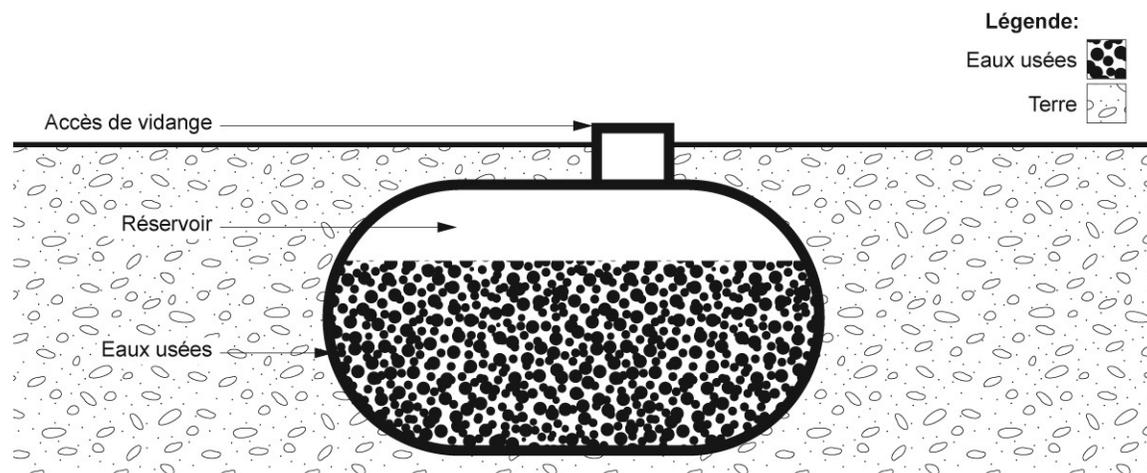


Figure 12 – Fosse d'assainissement

La fosse d'assainissement est un réservoir de plastique servant à collecter et entreposer temporairement les eaux usées jusqu'au moment où elles seront collectées par un camion-citerne (Burkhard et Craig, 2000 ; Québec, 2009c ; Smerdon et coll., 1997). Il s'agit d'un système alternatif facile d'installation, mais comportant plusieurs inconvénients (Burkhard et Craig, 2000). Il doit, entre autres, être vidé régulièrement par camion-citerne ayant des répercussions considérables sur les coûts et sur l'environnement. C'est un système utilisé lorsque l'usage est intermittent et lorsqu'il n'est pas possible d'aménager un traitement biologique sur le site (Burkhard et Craig, 2000 ; Québec, 2009c). Ces réservoirs sont larges et nécessitent des distances d'implantation d'un minimum de 15 m des différents points d'eau à proximité (Québec, 2009c ; Smerdon et coll., 1997). Malgré qu'elles soient adéquates pour les milieux retirés (Klargester, 1999 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000), les effluents doivent alors être transportés sur de grandes distances, loin de leur écosystème d'origine, retirant les matières organiques et l'eau du cycle local (Burkhard et Craig, 2000). Pour ces différents impacts considérables sur l'environnement, ce système ne sera pas considéré dans la sélection.

Fosse Imhoff :

Systeme breveté en 1906, ce système ressemble au système de fosse septique, mais au lieu de consister en une succession horizontale de sections, le traitement s'effectue à travers une série verticale de barrières séparant la chambre de digestion des boues de la chambre de décantation (Krekeler, 2008). Il s'agit d'une construction simple requérant un volume moindre que pour une fosse septique (Krekeler, 2008). Il n'y a cependant pas d'information sur le rendement du système confronté au climat nordique dans la littérature utilisée. Toutefois, considérant qu'il s'agit d'une fosse similaire à une fosse septique, il est probable qu'elle est, elle aussi, sensible aux basses températures et qu'elle devra donc être isolée des possibilités de gel. Les coûts engendrés par son opération sont faibles et les boues digérées peuvent être épandues comme fertilisant (Krekeler, 2008). La réduction de DBO est de 25-30% (Sasse, 1998 tel que cité dans Krekeler, 2008). Cependant, comme dans les fosses septiques, les boues puantes, ne sont pas hygiéniques et contiennent une grande quantité de matières organiques lorsqu'elles ne sont pas complètement stabilisées. À l'échelle mondiale, ce système est devenu très populaire. Sa construction est simple et à son opération peu coûteuse (Brenen, 2000 tel que cité dans Krekeler, 2008). Il manque cependant d'informations quant aux risques sur les eaux souterraines et l'environnement. De plus amples recherches seraient nécessaires à ce sujet, mais pour la recherche en cours, il sera considéré que les mêmes risques sur l'environnement que les fosses septiques s'appliquent à ce système. Malgré les impacts qu'il peut avoir sur l'environnement, ce traitement primaire sera retenu. Cependant, il sera nécessaire de porter une emphase toute particulière à la nature des effluents qui seront traités.

Fosse de décantation :

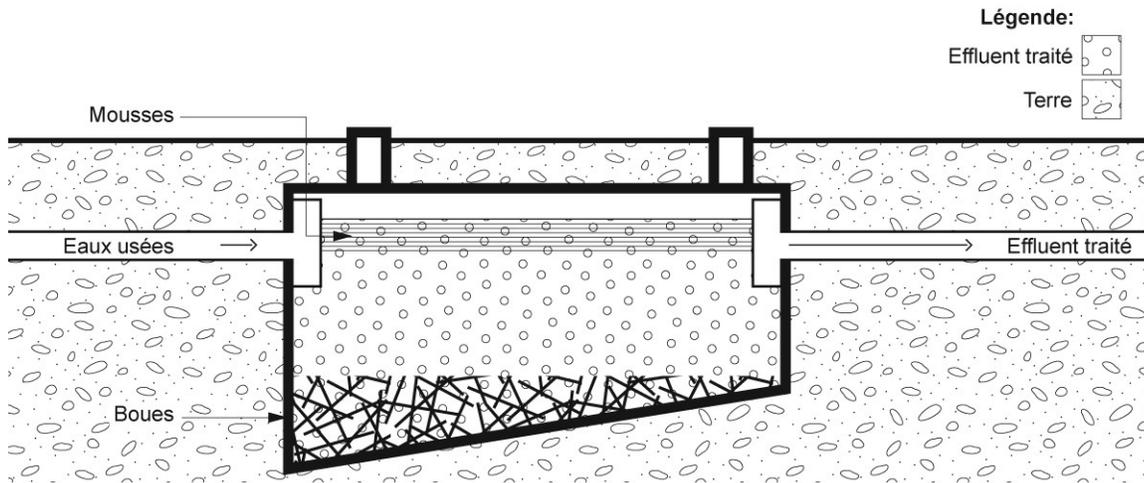
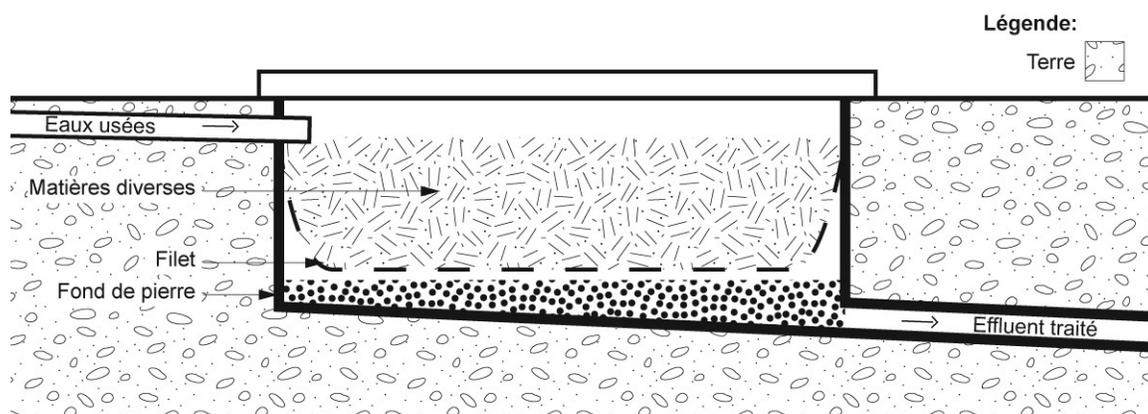


Figure 13 – Fosse de décantation (inspiré de Burkhard et Craig, 2000)

Ce système est similaire à la fosse septique, mais comme les déchets y restent moins longtemps, ceux-ci ne deviennent pas septiques. Il sert donc à séparer les mousses et composants solides des eaux usées (Burkhard et Craig, 2000). Tout comme les effluents des fosses septiques, ceux provenant de la fosse de décantation doivent être traités davantage avant de pouvoir être évacués dans le milieu naturel. Elle nécessite peu d'entretien. Cependant, il est nécessaire de vider les boues régulièrement (Burkhard et Craig, 2000). Tout comme les fosses septiques, ce type de système est adéquat pour les résidences isolées (Metcalf et Eddy, 1991 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). De plus, elle demande moins d'espace d'implantation que les fosses septiques. Au niveau économique, ce type de système est avantageux puisque sa construction est abordable et les coûts d'entretien et d'opération varient entre faibles et moyens selon les recherches de Burkhard et Craig (2000), c'est pourquoi il s'agit d'un système considéré comme étant abordable. Il est aussi avantageux pour l'environnement puisque les boues n'ayant pas le temps de devenir septiques. Ce système sera alors considéré comme un prétraitement adéquat pour le contexte étudié.

Bark rings :Figure 14 – *Bark ring* (inspiré de Burkhard et Craig, 2000)

Ce traitement primaire consiste en un anneau de béton préfabriqué dans lequel est installé un filet contenant des matières carboniques telles que de la paille ou de l'écorce. Les eaux usées passent alors à travers ce filtre et les effluents sont collectés par la suite sur le fond de pierre du bassin. Ils devront être dirigés par la suite vers un traitement secondaire (Smerdon et coll., 1997, Burkhard et Craig, 2000). Tout au long du traitement, les déchets resteront en aérobie (Burkhard et Craig, 2000). Lorsque le filtre sera saturé, le filet et les solides seront soumis à un traitement de compostage permettant de récupérer les éléments nutritifs (Burkhard et Craig, 2000 ; Smerdon et coll., 1997). Il est conseillé d'aménager deux systèmes de ce type. En les utilisant en pair, il est possible de procéder à l'entretien de l'un pendant que l'autre est utilisé. Tout comme les traitements précédents, ce système est adéquat pour les résidences isolées (Metcalf et Eddy, 1991 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000) surtout lorsqu'il est nécessaire d'opter pour un prétraitement moins onéreux (Smerdon et coll., 1997). En plus d'être abordable, son entretien et son opération entraînent des coûts variant de faibles à moyens (Burkhard et Craig, 2000) et le compost en découlant peut être réutilisé vers l'agriculture. Les effluents liquides devront toutefois être traités davantage. Les risques de contamination des eaux souterraines ne sont pas mentionnés dans la littérature couverte et nécessiteraient un approfondissement. Au niveau de la santé, ce type de traitement nécessite la manutention des déchets et peut alors présenter un risque pour l'utilisateur (Burkhard et Craig, 2000). De plus, cette technique est peu commune

(Smerdon et coll., 1997) ce qui peut représenter une barrière quant à l'acceptation par la population et à l'accessibilité de professionnels pour l'entretien et l'opération. Toutefois, ce prétraitement sera considéré dans la sélection, mais sous certaines réserves.

Systèmes de traitement secondaire et secondaire avancé :

Étang de stabilisation des déchets :

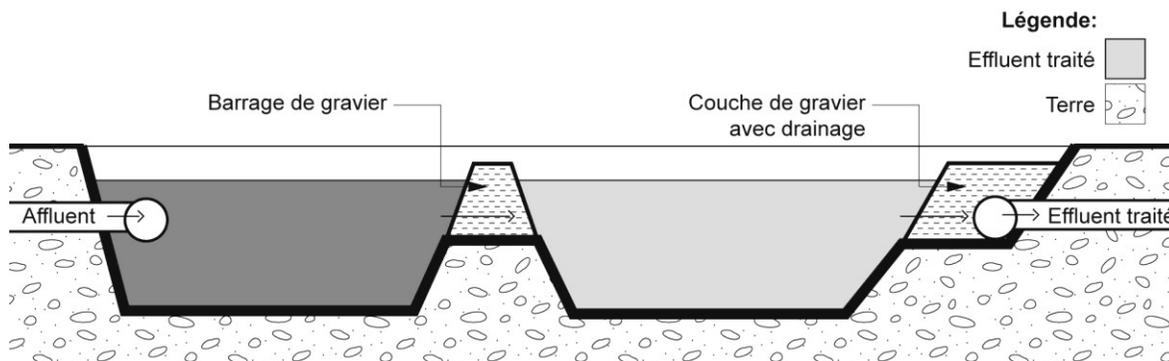


Figure 15 – Étang de stabilisation

L'étang de stabilisation est une série d'étangs à travers lesquels les eaux usées prétraitées²⁰ seront traitées davantage selon un procédé biologique et physique (Krekeler, 2008). Dans le cas de ces systèmes, c'est l'utilisation ultérieure des effluents qui dictera la séquence des étangs. Il y a donc une flexibilité du système permettant de s'adapter aux besoins de l'utilisateur. Par exemple, si les effluents doivent être déversés dans les eaux de surface, il faudra y ajouter un étang anaérobique ou facultatif (Krekeler, 2008). Ce système présente plusieurs avantages tels qu'un entretien facile demandant la vidange des boues une fois tous les 10 ans et un équipement technique minimal (Krekeler, 2008). Par ailleurs, d'un point de vue économique, il demande peu d'investissement et d'entretien tout en ayant une longue durée de vie (Krekeler, 2008 ; Muga et Mihelcic, 2007). Au niveau environnemental, il permet d'obtenir des effluents de haute qualité et offre la possibilité d'en réutiliser certaines ressources vers l'agriculture telle que le préconise l'AE (Krekeler, 2008). Ce qui fait obstacle à sa sélection dans la présente recherche est sa vulnérabilité aux

²⁰ Ayant subi au préalable un traitement primaire ou son équivalent

variations de températures, son rendement inférieur dans les milieux froids et l'espace considérable de terrain qu'il nécessite (Krekeler, 2008 ; OMS, 2006c). De plus, ce type de système n'atteint pas des conditions d'hygiène optimales et présente une possibilité de prolifération d'insectes pouvant causer des risques sur la santé, sans compter les désagréments causés aux usagers (Krekeler, 2008).

Filtre à sable :

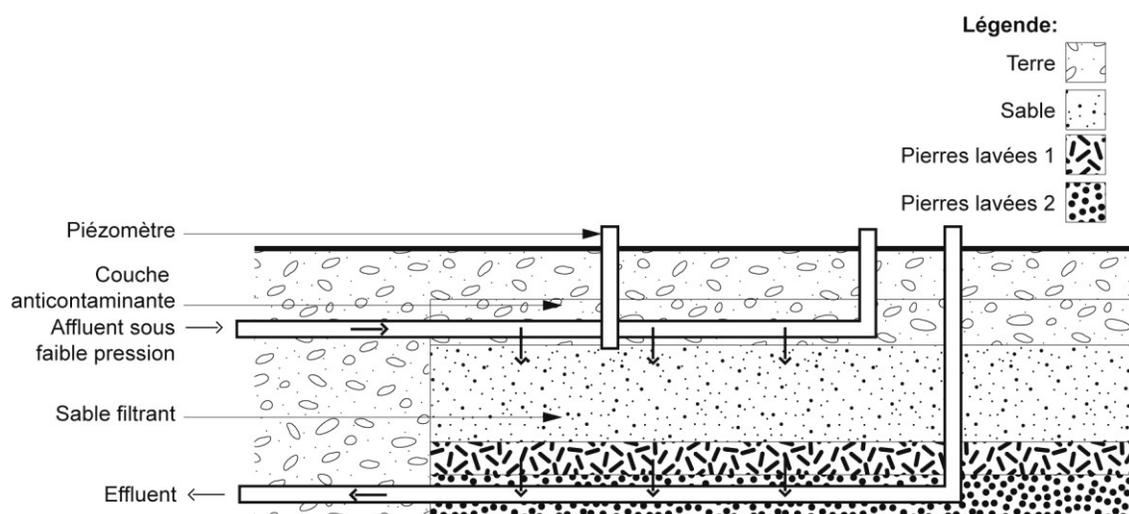


Figure 16 – Filtre à sable intermittent (inspiré de Québec, 2001)

Le filtre à sable est un système de traitement secondaire des eaux usées pouvant produire, si les conditions sont optimales, un effluent s'apparentant à un traitement secondaire avancé (Québec, 2001 ; Santé Canada, 2010). Ce système consiste en un traitement des affluents par l'infiltration à travers un sable filtrant puis de couches de pierres lavées pour ensuite être recueillies et dirigées vers un système tertiaire ou un champ de polissage (Québec, 2009c). Étant simple d'exploitation, il est avantageux pour les usagers. La superficie d'aménagement nécessaire varie entre 12 m² et 40 m², selon les sources, pour une profondeur de 60 cm à 90 cm (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008 ; Québec, 2001 ; ATV, 1998 b, Thompson et Reese, 1985, VSA, 1995 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). S'il s'agit d'un filtre intermittent, il nécessitera un dispositif de distribution à faible débit, encourageant alors des coûts supplémentaires et la nécessité d'une

source d'énergie (Québec, 2001). Comme tout autre système souterrain, les climats froids ont moins d'effets sur leur rendement que sur les systèmes ouverts puisqu'il n'y a pas contact direct avec la température (Krekeler, 2008). Ce système convient cependant mieux aux sites dont le sol est peu perméable ou imperméable (Québec, 2009c). Il ne sera donc pas considéré dans la sélection des systèmes, mais pourrait autrement représenter une solution intéressante.

Filtre granulaire à recirculation :

Tout comme le filtre à sable, ce système de traitement peut produire des effluents de qualité se rattachant aux traitements secondaires avancés lorsque bien réalisé (Québec, 2001). Il s'agit aussi d'un traitement éprouvé et bien connu par les professionnels. À la différence d'un filtre à sable enfoui, ce type de traitement utilise un milieu filtrant plus grossier n'étant pas enfoui dans le sol. Suite à sa filtration, l'effluent est retourné vers un bassin à quelques reprises puis retourné vers un traitement tertiaire ou un champ de polissage. Comme le système n'est pas enfoui, il est plus facile d'en faire l'entretien et d'avoir accès au milieu filtrant (Québec, 2001). Cependant, cette même caractéristique fait de ce système un traitement pouvant être enclin à de mauvais fonctionnements dus à son exposition à la température. Le climat froid oblige donc de s'assurer que la vidange du réseau de distribution puisse se faire à chaque dosage, sinon il y aura possibilité de gel (Québec, 2001). De plus, bien que la superficie nécessaire soit moindre que celle d'un filtre à sable, l'aménagement de ce système nécessite plusieurs dispositifs en plus d'un système de distribution à faible débit augmentant l'impact sur l'environnement et les investissements nécessaires. Il ne sera donc pas retenu pour le contexte étudié.

Lit bactérien :

Ce filtre est un traitement secondaire de hautes technologies des eaux usées prétraitées. Les affluents ruissellent sur les filtres et entrent en contact avec une couche biologique. L'eau circule de haut en bas et ce sont les microorganismes présents qui s'occupent de la décomposition des éléments. Il s'agit du système de hautes technologies le plus simple (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008). Le volume du filtre est de l'ordre

de $0,3 \text{ m}^3$ / personne, mais doit avoir un volume minimum de 2 m^3 , ce qui en fait un système occupant peu d'espace (Pahst et Flasche, 2004 tel que cité dans Krekeler, 2008). De plus, ce système a été éprouvé et testé puisqu'il est utilisé depuis des décennies (Krekeler, 2008). Toutefois, il s'agit d'un système de traitement plus adéquat pour les projets centralisés. Les coûts d'entretien, d'opération et du système sont élevés et nécessitent un contrôle quotidien et une opération par un personnel professionnel (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008). Il n'est donc pas adéquat pour l'étude en cours.

Fosse à boues activées :

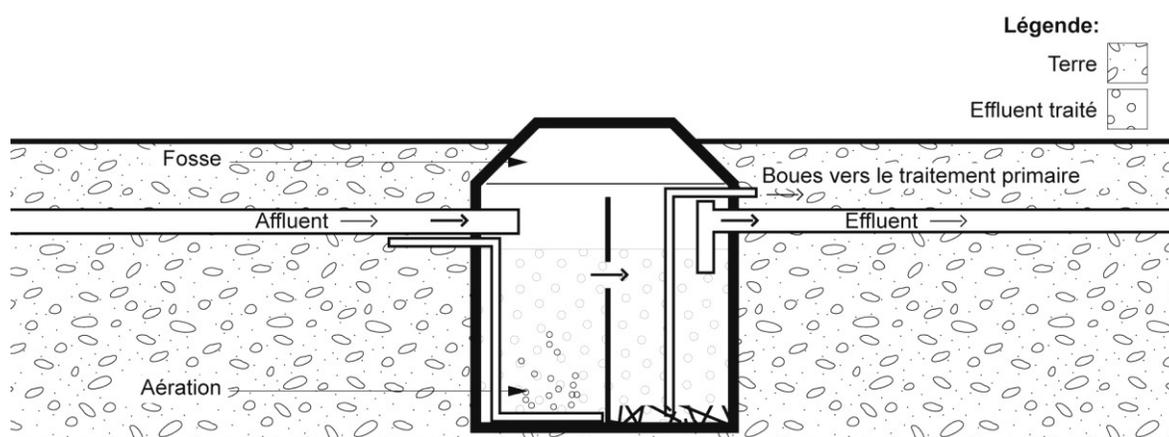


Figure 17 – Fosse à boues activées

Cette fosse est un traitement secondaire de haute qualité technologique qui nécessite un contrôle quotidien, des investissements considérables et un maintien par des professionnels qualifiés (Muga et Mihelcic, 2007). Il est considéré surtout pour les projets centralisés (Burkhard et Craig, 2000). Ce type de système n'est pas conseillé pour les projets à petite échelle et nécessite un débit continu. Il est conseillé pour les projets d'assainissement desservant au moins 15 habitants (Krekeler, 2008). Il ne sera donc pas considéré.

Réacteur à lit fixé :

Système de traitement encore plus développé que celui de la fosse à boues activées. Il comporte cependant les mêmes caractéristiques désavantageuses au niveau des

investissements et de l'entretien (Krekeler, 2008). Il ne sera pas considéré pour le contexte étudié.

Système de traitement tertiaire

Réacteur biologique séquentiel :

Ce système de traitement des eaux usées peut atteindre un niveau de qualité des effluents se rattachant aux traitements secondaires avancés et peut même servir de traitement tertiaire par l'enlèvement de l'azote et du phosphore dans les effluents (Santé Canada, 2010). Il s'agit d'un système de hautes technologies et très compact, mais nécessitant de nombreux équipements, une forte demande en énergie, la supervision et l'opération par des professionnels qualifiés et des investissements considérables (Burkhard et Craig, 2000 ; Santé Canada, 2010). Le système n'est donc pas recommandé pour le contexte étudié selon la grille d'analyse établie.

Marais artificiels :

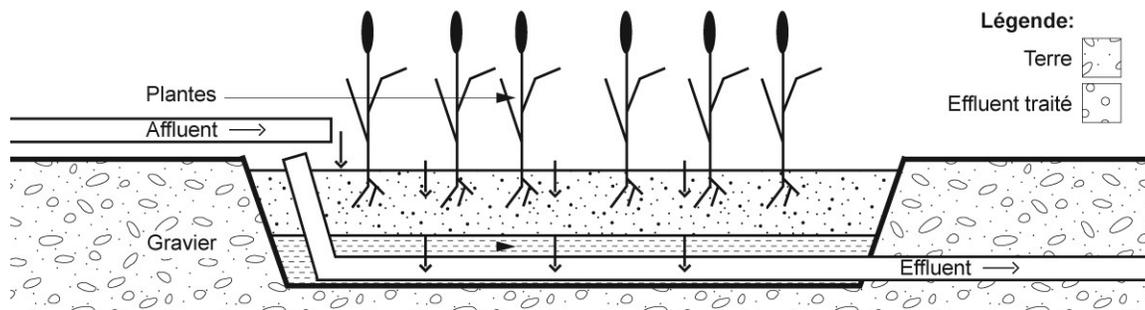


Figure 18 – Marais artificiel à écoulement vertical

Les marais artificiels sont des systèmes combinant des traitements physiques, biologiques et chimiques équivalant à un traitement secondaire ou tertiaire. Les plantes qui y grandissent transportent de l'oxygène au niveau de leurs racines créant un environnement en aérobie dans le rhizome²¹. C'est à cet endroit que la décomposition des matières présentes dans les eaux usées prétraitées pourra être réalisé par les bactéries et les éléments

²¹ Le rhizome est un ensemble horizontal souterrain de tiges et de racines de plantes (Park, 2008)

nutritifs sont alors assimilés par les plantes (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008 ; Québec, 2001 ; Santé Canada, 2010 ; Smerdon et coll., 1997). À première vue, ce type de traitement semble être très adéquat pour la mise en application de l'AE puisque sa philosophie est en bonne partie respectée. Les eaux usées et les eaux grises ainsi que les éléments nutritifs qu'elles transportent sont redirigés vers l'agriculture puisque l'eau est utilisée pour l'irrigation des plantes et les éléments nutritifs servent à la fertilisation de celles-ci. L'eau qui en ressort peut alors subir un traitement de polissage avant de retourner vers les eaux souterraines ou les eaux de surface. De plus, l'utilisation d'un marais permet en quelque sorte d'intégrer le processus à l'écosystème environnant en y introduisant un milieu humide artificiel de transition. Cependant, ce type de système, bien qu'il soit simple, facile d'entretien et pouvant être un atout pour l'architecture paysagée (Burkhard et Craig, 2000 ; Smerdon et coll., 1997) n'est pas adéquat pour le contexte étudié. Comme stipulé précédemment dans les grilles d'analyse des systèmes de traitement, ce type de système est prompt à de mauvais fonctionnements dans les climats froids (Jenkins, 2005 ; Krekeler, 2008 ; Québec, 2001). Toutefois, certains auteurs sont d'avis qu'il s'agit simplement d'avoir un système plus profond permettant à l'eau de circuler sous la surface gelée (Jenssen et coll., 2005 tel que cité dans OMS, 2006c). Il existe des exemples dans d'autres pays nordiques tels le Danemark, l'Allemagne et le Royaume-Uni (Brix, 1994 tel que cité dans Québec, 2001), mais les auteurs dans la littérature ne s'accordent pas toujours sur le rendement de ces systèmes dans les climats nordiques. Il est alors considéré, dans cette analyse, qu'il manque d'informations précises et convergentes pour que ce système soit considéré. Par ailleurs, d'autres inconvénients peuvent être soulevés au sujet de ce type de traitement tels la superficie considérable pouvant être nécessaire à son aménagement et les coûts fonciers associés à celui-ci (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008 ; Québec, 2001). Ils peuvent aussi dégager des odeurs lorsque les charges organiques sont élevées et donner lieu à une prolifération d'insectes pouvant avoir un impact néfaste sur le confort des usagers et leur santé (Québec, 2001). Ce type de traitement est intéressant pour l'AE à bien des égards, mais puisque la littérature ne s'accorde pas sur plusieurs points et que la

technique est encore relativement récente, il n'est pas possible de le considérer à ce moment. Plus de recherches à ce sujet seraient toutefois pertinentes.

Living Machine :

Tout comme un marais filtrant, le *living machine* fait le traitement des eaux usées prétraitées et s'appuie sur des procédés physiques, chimiques et biologiques pour traiter ces effluents de manière à être toujours en situation d'aérobie. Les plantes responsables du traitement ont un rhizome important et leurs racines flottent dans les eaux usées (Burkhard et Craig, 2000 ; livingmachines.com, 2011). Le système se termine par une clarification et une dénitrification des effluents. Les effluents sont alors rejetés dans un bassin où la présence de poissons sert de contrôle de qualité (Findhorn, 1997, Todt, 1997 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). Au même titre que le marais filtrant, il s'accorde aussi tout à fait avec la philosophie de l'AE voulant que les effluents soient réutilisés dans l'agriculture puisque les plantes et microorganismes se nourrissent des éléments nutritifs et les eaux traitées sont retournées à la nature. De plus, ces eaux traitées peuvent être utilisées pour la pisciculture offrant une autre source de nourriture. Son rendement est efficace et procure un effluent de la qualité d'un traitement tertiaire (Burkhard et Craig, 2000). D'un point de vue socioculturel, ce système peut apporter un aspect esthétique à l'assainissement des eaux usées domestiques (Wilson, 2008) bien que son acceptation par le public ne soit pas encore bien définie. Ce type de système peut servir d'outil éducationnel pour la population (Burkhard et Craig, 2000). Toutefois, il peut demander une superficie intérieure considérable afin de ne pas être perturbé par des variations de température des climats nordiques. Puisque le système repose, entre autres, sur une forte oxygénation mécanique, il requiert également une quantité importante d'énergie. On considère que son coût d'achat, d'opération et d'entretien est élevé (Burkhard et Craig, 2000 ; Krkosek et coll., 2006). Ce système ne sera pas considéré.

Aquaculture :

Système de traitement primaire, secondaire et tertiaire, ce grand étang incluant des plantes et des poissons est une autre alternative qui, au même titre que les marais filtrants et

les *livings machines*, s'associe bien à la philosophie de l'AE. Les plantes se nourrissent des éléments nutritifs et les poissons, des plantes (Burkhard et Craig, 2000). Il y a donc réutilisation directe des déchets dans l'agriculture. Le gros inconvénient de ce système dans le contexte étudié est sa vulnérabilité aux variations de température. À moins d'être à l'intérieur d'une serre, ce système est saisonnier. De plus, il demande une superficie d'aménagement considérable et une main-d'œuvre qualifiée pour l'entretien et la surveillance des poissons (Burkhard et Craig, 2000). Ces éléments en font un système aux coûts élevés d'achat, d'opération et d'entretien (Burkhard et Craig, 2000) en plus de ne pas être adéquats pour un aménagement dans les climats nordiques. Alors, bien que ce système s'accorde à la philosophie de l'AE, il ne sera pas retenu.

Disques biologiques :

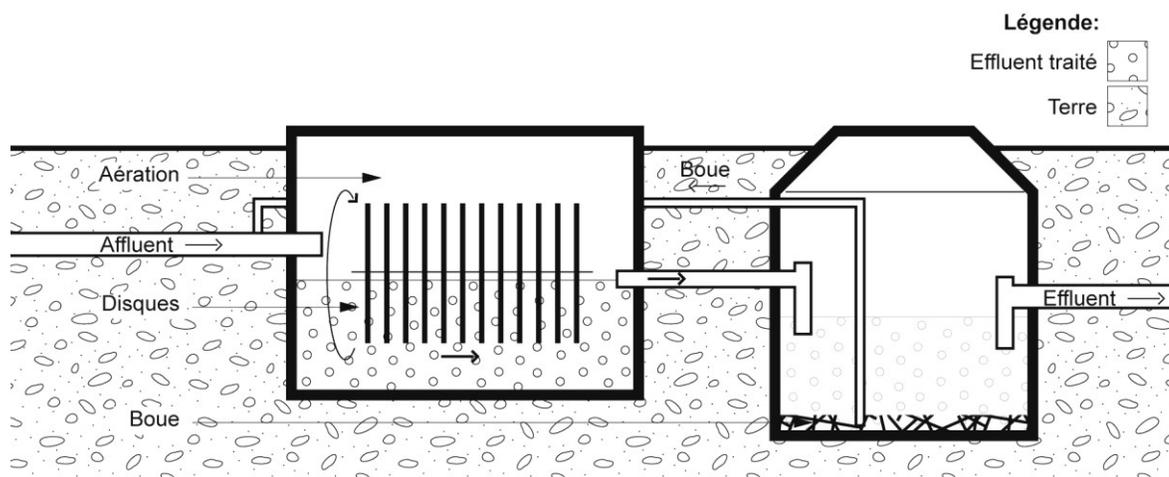


Figure 19 – Traitement par disques biologiques

Ce système de traitement consiste en un disque ou une série de disques sur lesquels se forme un film biologique permettant de traiter les effluents prétraités. En pivotant sur un axe entre l'air et les eaux usées, les disques permettent un apport d'oxygène donnant lieu à un traitement en aérobie (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008 ; Santé Canada, 2010). Pour de nombreuses raisons, ce système ne sera pas considéré par la recherche en cours. Il s'agit d'un traitement centralisé et très dispendieux d'entretien et d'opération ainsi qu'à l'achat (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008 ; Santé Canada, 2010). En outre, il

nécessite une quantité considérable d'énergie pour le fonctionnement du moteur permettant la rotation des disques (Burkhard et Craig, 2000 ; Krekeler, 2008). Il y a aussi des possibilités d'échec du système dues aux composantes mécaniques (VSA, 1995, Salvato, 1982 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). Ce système ne convient donc pas au caractère décentralisé ni aux exigences économiques nécessaires.

Systemes de désinfection

Chloration :

Il s'agit du système de désinfection le plus largement utilisé, car c'est la méthode la plus simple et la moins dispendieuse (Santé Canada, 2010). Cependant, il oblige l'utilisateur à manipuler des produits chimiques et à parfois recourir à une déchloration pour détruire le chlore résiduel pouvant être toxique pour les espèces aquatiques (Santé Canada, 2010 ; Servos et coll., 2001). Ce système est donc dangereux pour la santé et pour l'environnement. Il ne sera donc pas considéré.

Dioxyde de chlore :

Le dioxyde de chlore est un gaz jaune-verdâtre qui doit être produit sur place contrairement à la chloration qui se fait par l'utilisation de pastilles. Il a la capacité d'inactiver rapidement la majorité des microorganismes et est considéré comme ayant un meilleur rendement quant à la destruction des agents pathogènes que le chlore (Santé Canada, 2010). Cependant, les coûts d'opération sont élevés, surtout du fait qu'il faille habituellement louer du matériel. La formation de dioxyde ne peut se faire que sur place, car il est instable à l'état gazeux et ne peut être entreposé commercialement (Santé Canada, 2010). De plus, il se peut que certains résidus chlorés se retrouvent dans l'effluent. Ces derniers sont nocifs et peuvent affecter le milieu récepteur. Par ailleurs, il peut aussi y avoir une production de gaz nocif dans certains systèmes (Santé Canada, 2010). Pour ces raisons, ce moyen de désinfection ne sera pas intégré à la liste des traitements adéquats.

Ozonation :

L'ozonation est un système de désinfection se produisant généralement sur place par un générateur soumettant l'air à de fortes tensions électriques. On introduit par la suite l'air ozoné à l'effluent (Santé Canada, 2010). Son pouvoir d'oxydation élevé en fait l'un des biocides les plus efficaces pour le traitement des eaux (Santé Canada, 2010). Cependant, comme le stipule Santé Canada (2010), ce type de désinfection peut entraîner une production de bromate dans l'eau ayant un potentiel cancérigène (Santé Canada, 1998 tel que cité dans Santé Canada, 2010). La formation d'ozone entraîne également une forte consommation d'énergie et d'investissement pour son opération et son entretien (Santé Canada, 2010). Il ne sera donc pas retenu par la recherche pour la sélection des systèmes.

Irradiation aux rayons ultraviolets (UV) :

La désinfection par UV se fait généralement par la submersion de lampes à haute intensité dans les eaux usées ayant subi un traitement préalable permettant l'élimination des particules, celles-ci pouvant compromettre le traitement (Santé Canada, 2010). Ce traitement par UV réduit le potentiel reproducteur des cellules. Son entretien est facile, car l'utilisateur n'a pas à entreposer ou manipuler des produits toxiques ou dangereux comme dans le cas de la chloration, le dioxyde de chlore et l'ozonation (Santé Canada, 2010). Il est cependant important que ce dernier fasse régulièrement le nettoyage de la lampe pour en garantir son efficacité. Au niveau de l'environnement, puisque le procédé est plutôt physique que chimique, les effluents sont alors dépourvus de résidus pouvant être nocifs aux organismes vivants (Santé Canada, 2010). Cette méthode est éprouvée quant à la désinfection de contaminants tels que les bactéries, virus, spores et kystes. De plus, elle gagne en popularité n'exigeant pas la manipulation de produits chimiques (Santé Canada, 2010). Il s'agit donc d'un traitement ayant de forts avantages au point de vue de la plupart des thèmes d'analyse. Toutefois, ce traitement engendre des coûts d'exploitation plus élevés que les systèmes de chloration et nécessite l'utilisation d'électricité pour son fonctionnement. Malgré tout, considérant les impacts positifs et négatifs de ces quatre méthodes de désinfection, le traitement par UV semble être le plus adéquat.

Systemes d'évacuation des effluents

Champs d'évacuation :

Le champ d'évacuation est un traitement des eaux grises par le sol ayant subi un traitement primaire au préalable, généralement une fosse septique. Ce système est permis au Québec sous différentes contraintes strictes du site et seulement lorsqu'aucune autre solution de traitement secondaire ou plus avancé n'est possible (Québec, 2008b). Ce système n'épure pas les eaux grises, mais leur permet plutôt d'être évacuées de façon hygiénique dans des conditions extrêmes (Québec, 2009c). Ce système ne sera donc pas considéré comme étant adéquat au contexte étudié.

Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration :

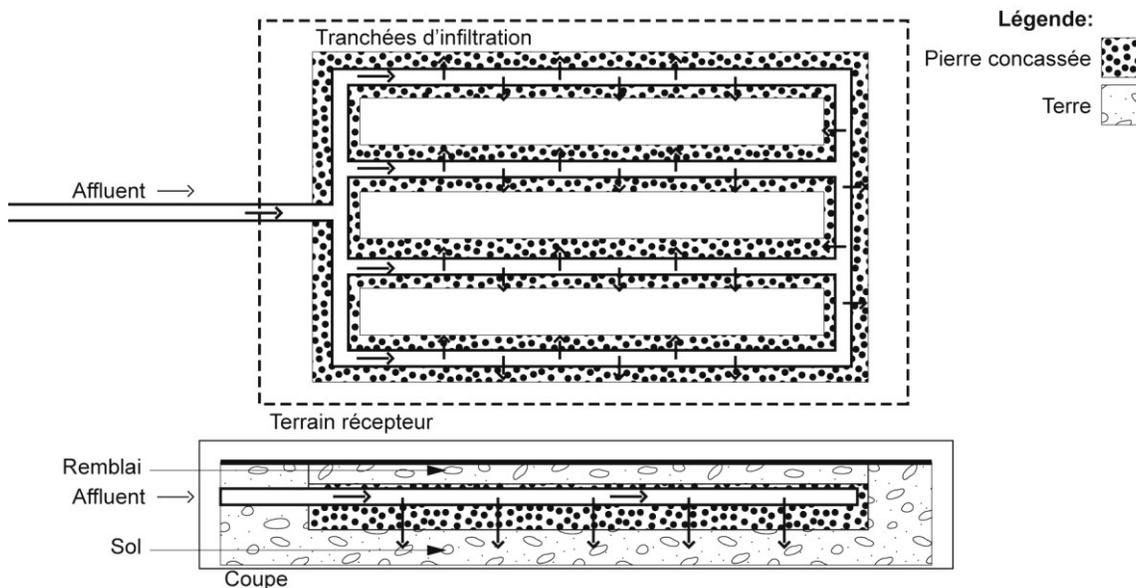


Figure 20 – Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration

Ce système d'épuration par le sol se constitue d'un dispositif d'épandage souterrain utilisant des tranchées d'infiltration pour la distribution des effluents provenant d'un traitement primaire ou secondaire (Québec, 2001 ; Québec, 2009c). Pouvant bénéficier de la superficie additionnelle d'infiltration due aux parois des tranchées, ce système est considéré comme étant préférable à l'élément épurateur classique à lit d'infiltration.

D'ailleurs, il permet une meilleure oxygénation des effluents aidant le traitement (Québec, 2001). Ce système minimise les problèmes de remontée de la nappe phréatique (Québec, 2001). Il est cependant nécessaire de procéder à un entretien régulier des traitements le précédant. Cela permettra d'intervenir plus rapidement si un problème venait à surgir évitant le remplacement complet de l'élément épurateur (Québec, 2001). Au niveau de l'environnement, ce type de système permet une meilleure flexibilité en relation avec la topographie du terrain et les caractéristiques du site (Québec, 2001). L'élément épurateur classique à tranchées d'infiltration convient aux sites dont le sol est perméable ou très perméable. Il faut cependant que le terrain soit en mesure d'évacuer à long terme la quantité d'eaux usées. Cette évaluation doit être faite par les professionnels compétents. L'aménagement doit se faire en trois sections pour permettre la mise en repos de l'une d'elles à des fins d'entretien. Les deux restantes devront être assez performantes pour traiter les effluents adéquatement (Québec, 2001). Se basant sur le débit des eaux usées provenant d'un foyer de 3 chambres (2 adultes et 2 enfants), la superficie disponible du terrain doit être de 180 m² lorsque les effluents proviennent d'un traitement primaire et de 120 m² lorsque provenant d'un traitement secondaire (Québec, 2009c). L'élément épurateur devra être recouvert d'un remblai de terre perméable à l'air. Puis, afin de stabiliser la surface et pour favoriser l'aération du sol et l'épuration par évapotranspiration, il est nécessaire de recouvrir l'élément épurateur de végétation herbacée (Québec, 2001 ; Québec, 2009c). Cette surface ne peut cependant pas être utilisée pour la mise en place d'un jardin ou de tout autre activité pouvant avoir un impact néfaste sur l'aération du sol (Québec, 2009c). Ces systèmes sont abordables autant au niveau du coût du système qu'au niveau de son opération et son entretien (Burkhard et Craig, 2000). De plus, lorsque bien utilisé, il enlève pratiquement tous les MES et BDO et a une capacité de filtration supérieure (Grant et coll., 1996, Metcalf et Eddy, 1991, VSA, 1995, et Kennedy, 1997 tel que cité dans Burkhard et Craig, 2000). Il y a cependant un risque de contamination des eaux souterraines si des fissures se produisent dans la terre (Burkhard et Craig, 2000). Il est donc important que l'effluent traité ne représente pas un risque pour l'environnement ou pour la santé. Au niveau socioculturel, ce système est invisible comme tout système

souterrain et n'émet pas d'odeurs pouvant le rendre plus attrayant à l'utilisateur. Le système de distribution des effluents, prétraités ou venant d'un traitement antérieur, peut être gravitaire ou sous faible pression. Ce dernier nécessite l'utilisation d'un dispositif de distribution entraînant des coûts énergétiques et monétaires supplémentaires, mais permettra de répartir les affluents plus uniformément et ainsi qu'une restriction moindre au niveau de la longueur des tranchées (Québec, 2009c). Au niveau des éléments épurateurs, ce système sera considéré comme étant le plus adéquat au contexte en lien avec le tableau d'analyse.

Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration sous système de traitement secondaire non étanche :

Ce type de système de traitement secondaire, lorsqu'il permet de distribuer uniformément ses effluents sur l'élément épurateur, peut permettre l'aménagement du champ d'épuration directement sous ce dernier. Les effluents du traitement secondaire continueront leur infiltration dans le sol jusqu'à l'élément épurateur avant de rejoindre les eaux souterraines (Québec, 2009c). Ce type de combinaison permet deux avantages notoires. Tout d'abord, il est alors possible de remplacer un système de distribution sous faible pression par le traitement secondaire lorsque les conditions de distribution le permettent. Puis, il est alors possible de réduire la superficie d'absorption nécessaire à l'élément épurateur. On peut alors considérer que la superficie minimale d'absorption est de 40 m² pour autant qu'elle couvre la superficie nécessaire au traitement secondaire. La superficie du traitement secondaire doit cependant pouvoir couvrir les tranchées d'absorption (Québec, 2009c). Les autres caractéristiques du système sont similaires à celle de l'élément épurateur classique.

Élément épurateur à lit d'infiltration ou Élément épurateur modifié :

Tout comme l'élément épurateur classique, cet élément épurateur avec lit d'absorption épure les affluents y pénétrant par microorganisme avant de continuer leur infiltration jusqu'aux eaux souterraines. La grande différence avec l'élément épurateur à tranchées d'infiltration est que la largeur des tranchées est plus large, mais que celles-ci sont accolées les unes aux autres. Elles occupent alors une superficie moindre que celle

nécessaire à l'élément épurateur classique (Québec, 2001 ; Québec, 2009c). On considère une superficie d'environ 60 m² pour un foyer de 3 chambres (2 adultes et 2 enfants) plutôt que 180 m² pour un élément épurateur classique (Québec, 2009c). Dans la hiérarchie des éléments épurateurs, il est cependant considéré comme second choix (Québec, 2009c). On peut sans doute attribuer cette position au fait que les éléments épurateurs à tranchées permettent une oxygénation plus efficace de la surface d'application des eaux usées (Québec, 2001). Cette alternative est intéressante pour les sites dont l'espace d'implantation est restreint, ne permettant pas l'aménagement d'un élément épurateur classique (Québec, 2001). De surcroît, ce type d'élément épurateur ne peut être aménagé que sur les sites comportant une dénivellation inférieure à 10 % contrairement à l'élément épurateur classique qui peut être utilisé sur les sites dont la dénivellation peut aller jusqu'à 30 %. D'un point de vue politique, il est cependant important de vérifier la réglementation locale. Au Québec, ce type d'élément épurateur ne peut être utilisé que s'il n'est pas possible d'aménager un élément épurateur classique et sous certaines conditions (Québec, 2009c). Ce système peut alors être considéré dans la sélection, mais dans des conditions particulières.

Puits absorbant :

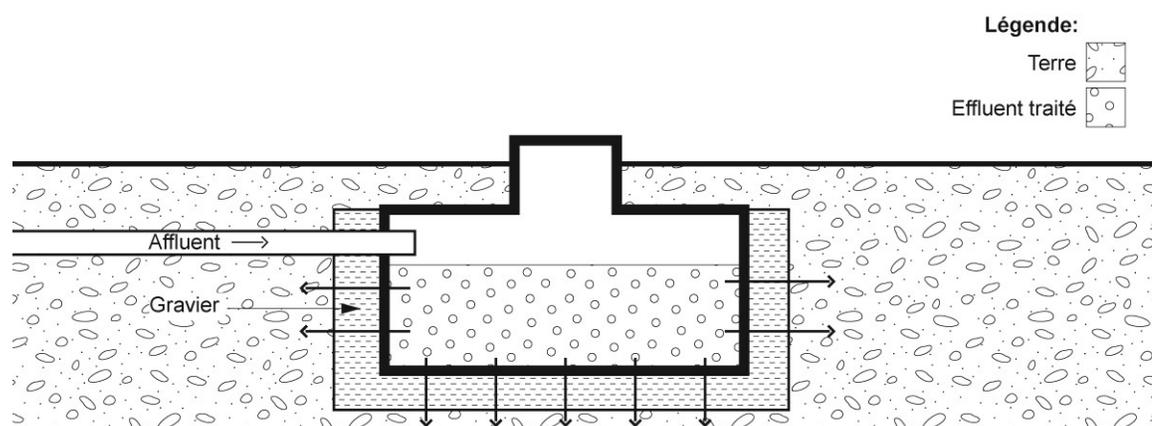


Figure 21 – Puits absorbant

Il s'agit d'un trou creusé dans le sol dont les parois sont construites sur place ou préfabriquées. Contrairement aux autres éléments épurateurs, celui-ci ne nécessite pas de

drain et les eaux s'infiltrent dans le sol par le fond du puits ainsi que les parois (Québec, 2009c). Au niveau de l'aménagement, il occupe une superficie plus réduite que les éléments épurateurs classiques soit une superficie minimale de 30 m² incluant le fond et les parois pour un foyer comprenant 3 chambres (Québec, 2009c). Cependant, le sol récepteur doit être très perméable et que toute autre couche de sol (perméable, peu perméable, roc ou eaux souterraines) doit se trouver à au moins 3 m sous la surface du terrain récepteur (Québec, 2009c). De plus, au niveau politique, ce système peut être interdit par la réglementation locale telle qu'au Québec où le site doit comporter des caractéristiques extraordinaires (Québec, 2008b, 2009c).

Terre à sable hors-sol :

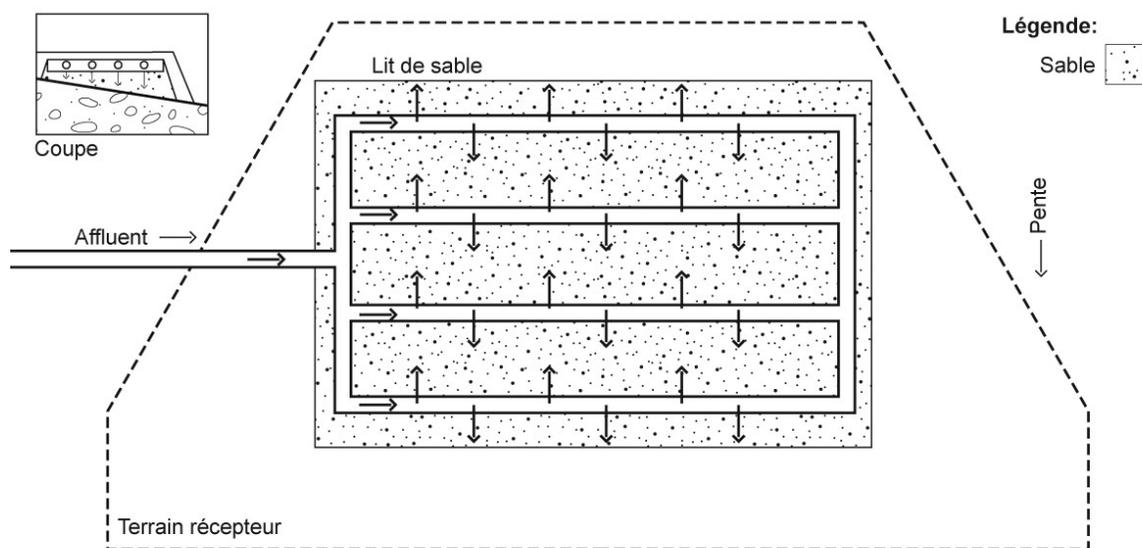


Figure 22 – Terre à sable hors sol

Il s'agit d'un élément épurateur construit au-dessus de la surface du sol récepteur. Les effluents provenant d'un traitement primaire ou secondaire sont épurés principalement par une couche de sable filtrante. Le sol sous le lit filtrant servira pour le polissage et à l'évacuation des effluents vers le milieu naturel (Québec, 2001, 2009c). Il s'agit d'une solution alternative à l'élément épurateur classique. Le Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec (2001) suggère d'utiliser ce type de

traitement si les conditions du site ne permettent pas l'aménagement d'un système traditionnel construit dans le sol. Il est conseillé de l'utiliser lorsque le niveau de la nappe phréatique, du roc ou d'une couche de sol imperméable est trop près de la surface du terrain récepteur. De plus, en basant le calcul de la superficie du sol récepteur nécessaire sur les données de Québec (2009c) et les recommandations du Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec (2001), lorsque les effluents proviennent d'un traitement primaire environ 280 m² sont nécessaires et 240 m² pour ceux provenant d'un traitement secondaire (annexe 5). Il s'agit d'une différence considérable face aux éléments épurateurs classiques. Ce système sera donc considéré comme étant moins adéquat pour le contexte étudié.

Filtre à sable hors sol sous un système de traitement secondaire non étanche :

Pour les mêmes raisons que le Tertre à sable hors sol, cet élément épurateur ne sera pas considéré dans la sélection des systèmes les plus adéquats.

Champ de polissage à tranchées :

Le champ de polissage est un système servant à l'infiltration des effluents d'un traitement secondaire avancé, d'un filtre à sable classique ou d'un système de traitement tertiaire dans le sol (Québec, 2009c). La qualité des effluents fait en sorte que ce système sert plutôt comme milieu d'évacuation que de traitement. Des taux de charge hydraulique plus élevés peuvent alors être appliqués (Québec, 2001). Son aménagement consiste en une série de tranchées d'infiltration sous un remblai d'au moins 60 cm. Il y a différentes caractéristiques de sol que le site doit remplir pour permettre l'implantation d'un tel système, par exemple la présence d'une couche d'au moins 60 cm de sol récepteur entre le système et le roc ou le dessus de la nappe phréatique (Québec, 2009c). Il est alors important de se rapporter aux législations locales. Le sol du site peut être très perméable, perméable ou peu perméable, et la dénivellation du site d'au plus 30 % (Québec, 2009c). Pour un sol perméable d'un site comportant un foyer de 3 chambres, la superficie totale d'absorption est de 54 m linéaires de tranchées ou pouvant donner environ 72 m² (annexe 6) (Québec, 2009c). Il y a certaines lignes directrices à suivre lors de ce type d'aménagement et il faut

alors s'assurer de bien respecter les distances limitatives se rapportant à certains éléments du site tels que les arbres, sources d'eau, voies de circulation, puisque ce traitement comme tout autre moyen d'évacuation n'est pas étanche. Au niveau environnemental, il est à considérer que la plupart des affluents provenant d'un filtre à sable, d'un traitement secondaire avancé ou d'un traitement tertiaire sans déphosphoration peuvent encore comporter des quantités importantes d'éléments nutritifs et les champs de polissage ne les traiteront pas nécessairement. Il est donc nécessaire de les aménager à une certaine distance des eaux de surface. Il est alors recommandé d'évaluer les capacités de fixation du phosphore par le sol récepteur du site non seulement au moment de l'aménagement, mais en prenant compte de cette capacité à long terme puisque cette fixation diminue en fonction de la saturation du sol. Cette situation est toutefois minimisée dans le cas des maisons isolées, les débits et charges étant plus faibles (Québec, 2001). Il est donc important, si ce traitement est choisi, de s'assurer des capacités du sol et de la quantité d'éléments nutritifs se trouvant dans les eaux usées.

Le moyen de distribution des affluents vers le système peut être gravitaire ou à faible pression. Le deuxième permet d'avoir un meilleur contrôle et de moins grandes restrictions quant à la longueur des tranchées, mais oblige l'introduction de matériel supplémentaire et l'utilisation d'une source d'énergie ayant un impact sur le rendement économique et environnemental (Québec, 2009c). Lorsque possible, il est alors plus avantageux d'utiliser le système gravitaire pour réduire les coûts.

Champ de polissage à lit d'absorption :

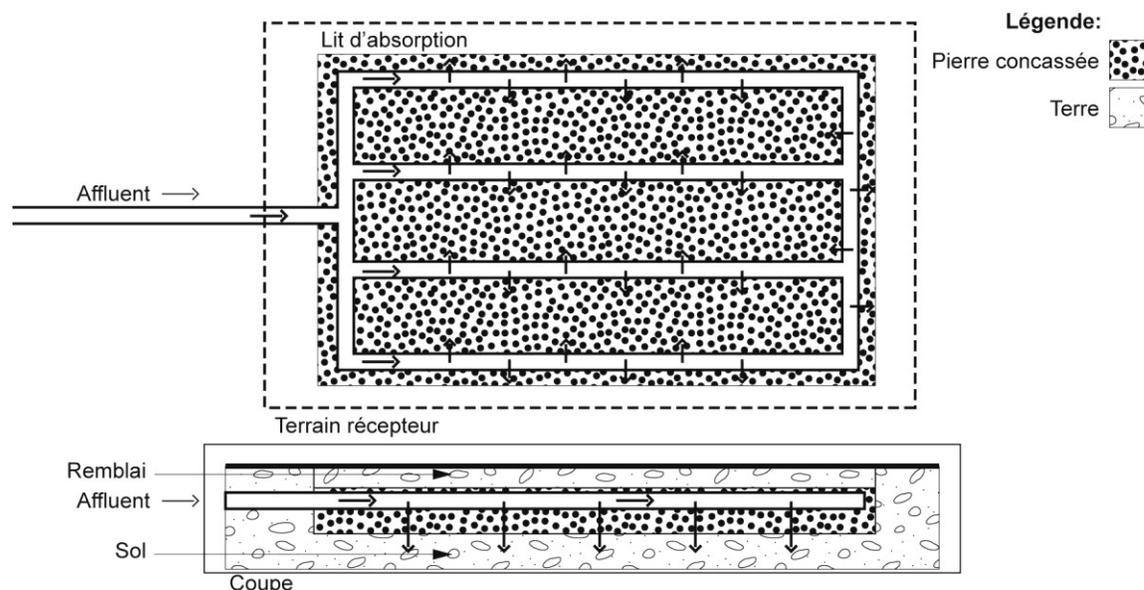


Figure 23 – Champ de polissage à lit d'absorption

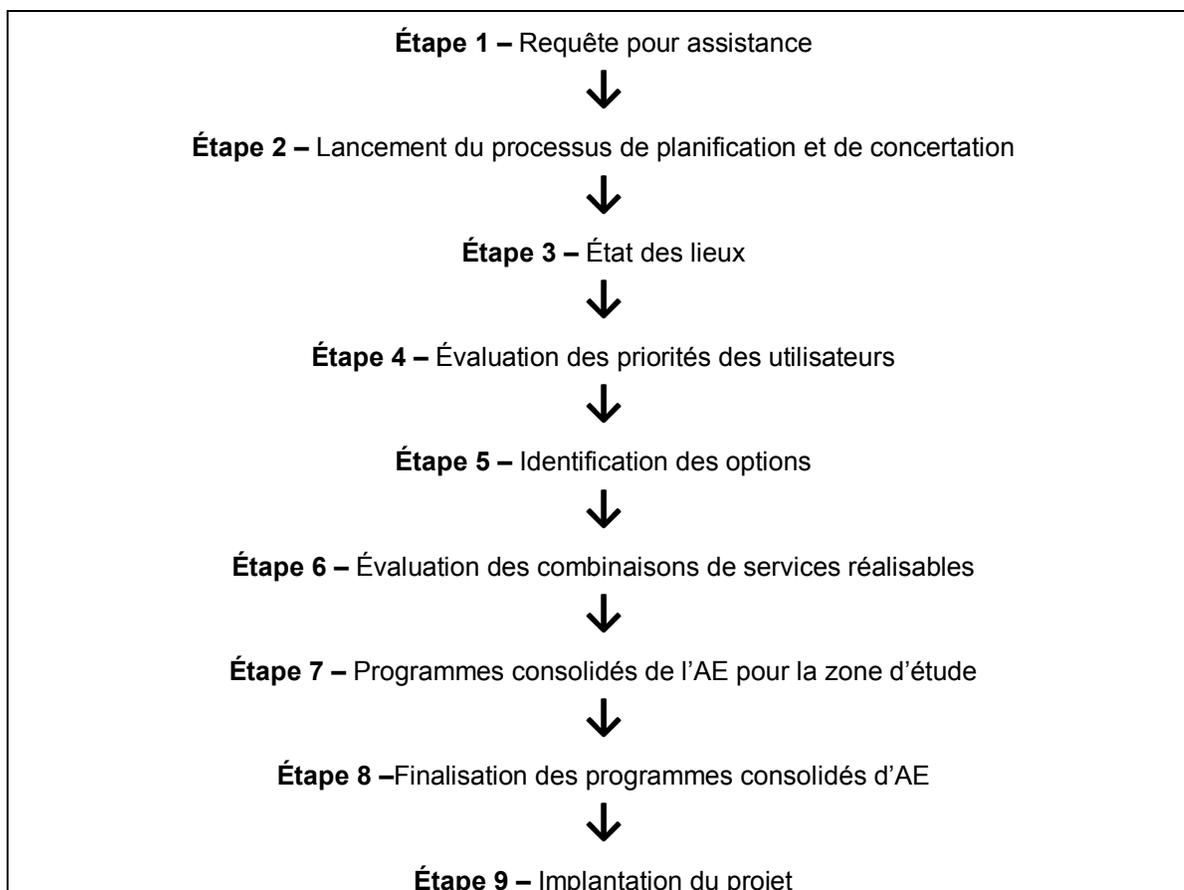
À la différence d'un champ de polissage à tranchées, ce traitement, au lieu d'être configuré selon une série de tranchées dans le sol, consiste en une surface unique ou en sections d'infiltration par le sol. La superficie nécessaire pour un foyer de 3 chambres est de 32 m² pour un sol perméable (Québec, 2009c). Selon la configuration donnée au système, il peut être plus ou moins avantageux que le traitement par tranchées en terme de superficie. Ce type de champ n'est cependant pas adéquat pour les sites ayant une dénivellation de plus de 10 % (Québec, 2009c). Tout comme le champ de polissage à tranchées, la distribution peut se faire par gravité ou par faible débit. Au niveau de son acceptation par le public, il s'agit ici d'un traitement conventionnel connu et éprouvé.

Résultats

Pour répondre au troisième objectif soit celui de faciliter la compréhension des traitements et leur mise en pratique, un scénario d'aménagement type a été élaboré. Il fera office de résultat de recherche puisqu'à travers celui-ci sont présentés les différents constats d'analyse et le résumé des étapes précédentes. Afin de donner une structure à ce scénario d'aménagement type, et ainsi offrir des lignes directrices, ce dernier a été développé en s'appuyant sur les étapes de l'Assainissement environnemental centré sur les ménages (HCES). Cette structure est assez générale, c'est pourquoi Werner et coll. (2003) ont travaillé à l'adaptation de cette structure afin qu'elle réponde mieux aux objectifs et à la philosophie de l'Assainissement Écologique (AE). Cette série d'étapes est présentée au tableau 16. Il permettra alors de donner des indications sur les options les plus adéquates en réponse au contexte tout en s'appuyant sur l'approche écologique de l'AE. De plus, certaines informations supplémentaires, issues aussi de la littérature, sur des éléments à considérer lors de l'aménagement d'un tel système d'assainissement permettront d'en améliorer sa planification dans les pays nordiques développés.

Tableau 16 – Étapes modifiées de l'aménagement d'un HCES

(Werner et coll., 2003, p. 41)



Scénario d'aménagement type

Étape 1 : Requête pour assistance

Cette demande sera le point de départ d'un aménagement de système d'AE et permettra de s'aligner dans une intention de développement durable en incluant dans son approche non seulement les considérations environnementales, mais aussi sociales. En effet, « le processus HCES doit commencer en réponse à la demande d'aide exprimée par les populations bénéficiaires des services : dans le modèle utilisé dans cette directive, cette demande doit être adressée [...] par les utilisateurs eux-mêmes, ou leurs représentants

politiques (tels que les conseillers municipaux) ou les leaders de la communauté locale » (EAWAG, 2005, p.25). Le dialogue se fera donc autour de cette demande provenant du client (*Bottom-up*). Celle-ci peut découler de la promotion de l'AE ou simplement de considérations écologiques de la part des utilisateurs ou des clients (EAWAG, 2005 ; Werner et coll., 2003).

Scénario – Étape 1

Pour les besoins du scénario d'aménagement type, nous allons utiliser une famille fictive, les Waterloo, qui représenteront les demandeurs initiaux du projet. Bien entendu, selon l'approche de l'HCES, il faut que la demande provienne directement du foyer. Cependant, ces utilisateurs ne sont peut-être pas au courant des approches alternatives et ne seront probablement pas en mesure d'en faire une demande explicite. Comme le propose l'AE (Werner et coll., 2003), il est nécessaire d'informer les gens pour qu'ils soient en mesure de prendre des décisions informées. Le professionnel de l'aménagement pourrait alors discuter, lors de la première rencontre, des approches alternatives telles que l'AE. Il est alors important que le professionnel en question possède des bases sur le sujet – ce que cette recherche tente de lui apporter —. Pour que la décision demeure celle du foyer, le professionnel ne doit pas imposer cette approche, mais simplement en présenter l'existence au client.

Suite à la présentation des approches alternatives par son architecte, M. Waterloo a donc décidé d'implanter, dans sa nouvelle demeure, un système d'assainissement des eaux usées qui soit plus écologique et qui rejette le moins possible de déchets polluants. L'approche de l'AE sera alors considérée.

Étape 2 : Lancement du processus de planification et de concertation

Cette étape demande de prendre en considération l'approbation de l'approche de l'AE par les différents représentants des principales parties prenantes. Pour ce faire, il sera nécessaire d'identifier les différentes parties prenantes (Werner et coll., 2003). On peut y inclure les professionnels de l'aménagement, les utilisateurs, les promoteurs ainsi que toute

autre instance politique ayant un impact sur le projet. Lors de cette étape, il y aura une discussion entre les différents acteurs afin que tous comprennent l'approche de l'HCES et de l'AE. C'est à ce moment que seront évaluées les responsabilités et capacités de chacun quant à la planification de l'assainissement. Les cadres législatifs seront discutés à cette étape afin de mieux connaître les possibilités évitant ainsi qu'il y ait des conflits par la suite. Il y aura alors un commun accord sur la nomination des personnes responsables de la gestion globale et de la coordination. Lors d'une rencontre pouvant compter un nombre élevé d'acteurs, il est conseillé d'utiliser à cette fin un professionnel respecté et considéré neutre tout en démontrant des aptitudes pour la diplomatie. Le cas présent, ne touchant qu'une résidence isolée et non tout un quartier ou une zone incluant de multiples municipalités, le nombre d'acteurs devrait être moindre et engendrer une gestion moins complexe.

Scénario – Étape 2

Le projet de M. Waterloo consiste à construire une nouvelle résidence isolée²² pour sa femme, ses deux enfants et lui-même. Il s'agit d'un projet isolé qui n'implique que peu de parties prenantes. Il y aura tout d'abord M. Waterloo qui représentera sa famille, puis l'équipe de professionnels de l'aménagement (par exemple un architecte, un designer, des ingénieurs) et finalement la municipalité ou l'instance ayant gouvernance sur la zone du projet. Par ailleurs, il existe dans ce quartier un regroupement fictif de citoyens se nommant l'Association des Résidents pour la Protection de l'Environnement et du Petit Lac à la Truite (ARPEP) qui se trouve en bordure du site. Il sera alors pertinent qu'un représentant de l'association puisse participer à certaines décisions en cours de projet. Lors d'une rencontre entre les différentes parties prenantes, un des professionnels pourra alors présenter sommairement l'AE aux différents représentants afin que tous en comprennent les implications. Cette initiative permettra en même temps de faire une forme de promotion de l'AE au reste de la population tel que le suggère la

²² Selon ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs Québec (2009c), on considère comme une résidence isolée une habitation qui n'est pas reliée au système d'égout de la municipalité et qui serait alors isolée des infrastructures de transport des eaux usées domestiques.

première recommandation pour l'action de l'AE (Annexe 1). Il y aura alors une clarification au niveau des responsabilités de chacun.

- M. Waterloo et sa famille seront responsables des installations à leur domicile puisqu'il n'y a présentement pas d'infrastructures municipales pour la collecte des eaux usées ni pour l'entretien des systèmes d'assainissement. De plus, le Petit lac à la truite est susceptible à l'eutrophisation ce qui cause des problèmes d'algues bleues tout en affectant la vie aquatique de l'étendue d'eau. Il s'engage donc vis-à-vis l'ARPEP à ce que son système d'assainissement ait un impact réduit sur l'apport en P et en N dans les eaux de surface.
- Les professionnels s'engagent à répondre aux besoins et désirs du client en respectant toutefois les lois en vigueur (par exemple la législation locale et le code de construction en vigueur) ainsi que les ordres et associations auxquelles ils font partie.
- La municipalité, quant à elle, s'engage à faire respecter les lois en vigueur (chaque structure politique et législative possède sa propre réglementation, il est donc crucial de consulter la réglementation locale) et à apporter le support nécessaire au citoyen et aux professionnels.

Lorsque tous les représentants sont d'accord sur les principes de l'approche, celle-ci peut alors être envisagée. Il est cependant nécessaire de comprendre qu'un accord commun sur le principe de l'approche n'implique pas nécessairement la permission d'utiliser n'importe quel système d'AE. Dans le cas de M. Waterloo, cette nuance sera expliquée ultérieurement.

Étape 3 : État des lieux

Il s'agit de l'évaluation de l'état actuel du site ou de la zone étudiée. Cette évaluation devrait s'effectuer par une équipe interdisciplinaire touchant différents domaines tels que l'aménagement, la gestion des ressources naturelles, l'ingénierie et autres. La participation des utilisateurs sera considérée essentielle à cette étape. Sa contribution permettra d'enrichir la connaissance des lieux en apportant des informations sur la situation réelle entourant ceux-ci. Il pourra, entre autres, donner des informations cruciales telles que « les niveaux des crues en saison pluvieuse; les moments où la pression du réseau d'eau

potable est nulle; les endroits qui ne sont pas fréquentés par les camions de ramassage des ordures » (EAWAG, 2005, p.28). Il permettra aussi d'ajuster le clivage entre les données des rapports portant sur le site et la situation réelle. Il pourra aussi donner une rétroaction sur l'état des infrastructures. Au-delà des caractéristiques techniques des lieux, c'est aussi à ce moment que seraient identifiées les différentes caractéristiques politiques, culturelles, sociales et tous autres éléments pouvant jouer un rôle sur la sélection des options à considérer (Werner et coll., 2003). Ensemble, les acteurs élaboreront les paramètres de conception à respecter avant de commencer la planification des solutions et des options pouvant s'offrir à eux.

Scénario – Étape 3

Cette section présente les données qui sont ressorties de l'étude faite par les professionnels pour le site du client. Pour M. Waterloo, les données seront fictives, mais se baseront sur des moyennes et des statistiques émises par le gouvernement canadien ou autres institutions légitimes. Ces données sont volontairement réduites pour que la situation puisse s'adapter à divers contextes et puisse devenir un aménagement type pour une résidence isolée dans un pays industrialisé nordique. Il permettra alors la compréhension de différents professionnels provenant de divers milieux nordiques.

La famille Waterloo et le site de leur projet :

- Famille biparentale²³ avec deux enfants (un garçon et une fille) pour un total de quatre résidents dans le foyer. Le ménage est composé de membres masculins et féminins, adultes et enfants, puisque les considérations socioculturelles ne sont pas les mêmes selon le sexe, l'âge et les conditions physiques de la personne (Stintzing et coll., 2007).
- Le site de la future résidence de cette famille se situe dans une région nordique dans un pays développé, plus particulièrement dans une petite municipalité du Québec au Canada.

²³ Une famille biparentale représente 83,4 % des familles au Québec. De plus, 51,7 % de ces familles ont des enfants majoritairement au nombre de deux (41,8 %) selon les données de l'Institut de la statistique du Québec (2009d).

- Le projet provient de la nécessité de reconstruire un domicile ayant été démoli lors d'un incendie. Elle est donc considérée par la législation locale comme étant une résidence existante devant être reconstruite suite à un sinistre.
- Une évaluation récente des infrastructures d'assainissement sur le site a permis de voir que le système en place est désuet et qu'il doit être remplacé.
- Trois chambres sont à considérées soit une pour le couple et une pour chaque enfant.
- La consommation moyenne²⁴ d'eau potable par le ménage se situe entre 1 260 l. et 1 620 l. par jour pour l'ensemble des occupants. Ce calcul est fait en fonction d'une consommation conventionnelle (foyer utilisant des cuvettes à chasse d'eau). La valeur 1 620 l. sera alors considérée. Malgré que certaines installations sanitaires permettent de diminuer la quantité d'eau utilisée, la charge de contaminant reste la même, par conséquent, il est nécessaire de concevoir les installations en prenant compte des données des traitements conventionnels (Québec, 2001).
- L'utilisation de l'eau se fait généralement de la façon suivante : 35 % de l'eau est consommée par les bains et douches, 30 % par les chasses d'eau, 20 % par la lessive, 10 % par la cuisine et les boissons, 5 % pour le nettoyage (Canada, 2010).
- Les contaminants de base et leur quantité dans les eaux usées domestiques conventionnelles sont répartis comme suit pour un ménage de quatre personnes :

Tableau 17 – Contaminants dans les eaux usées d'un ménage de quatre personnes

200 Kg de matières fécales

2 000 l. d'urine

100 000 - 400 000 l. d'eaux ménagères

(Fitshen et Hahn, 1998 tel que cité dans Krekeler, 2008 ; Panesar et Werner, 2006)

²⁴ La moyenne de cette consommation a été effectuée en considérant les chiffres suivants : 1 604 l. considérant 4 personnes selon les données d'Environnement Canada (2010) des résidences du Québec en 2006, 1 260 l. en considérant trois chambres selon le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (2001) et 1 620 l. selon l'article 1.3 du Règlement Q.2 r8 du Gouvernement du Québec (2008b).

- La température extérieure moyenne²⁵ minimum est de -24,3 °C en janvier et son maximum moyen est de 20,9 °C en juillet (Québec, 2009d).
- Le climat comporte quatre saisons et est considéré comme étant humide.
- Le sol du site est perméable (considérant que son temps de percolation minutes/centimètre se situera entre 4 minutes et 25 minutes et que son coefficient de perméabilité se situera entre 2×10^{-4} et 4×10^{-3} centimètre/seconde) (Québec, 2009c).
- Un plan sommaire du site montrant le terrain existant fictif ainsi que certaines données telles que l'emplacement de certains arbres, de la voie publique, de la ligne des hautes eaux et de la position du Petit lac à la truite est fourni à la fin de ce document (Annexe 4).
- Selon ce que rapporte l'ARPEP, le lac est sensible aux apports en N et en P.
- Selon M. Waterloo, il y a une dépression au nord du terrain où il y a régulièrement une accumulation d'eau lorsqu'il y a de fortes précipitations.
- Selon la fille de M. Waterloo, il y a une famille de faucons qui a son nid au nord du terrain. Selon elle, il ne faudrait pas perturber la végétation de ce côté et conserver les arbres qui s'y trouvent.
- Selon Mme Waterloo, une conversation avec la voisine a permis de savoir qu'il y avait sans doute la présence d'un milieu humide en bordure du terrain malgré qu'il ne soit pas indiqué sur le plan de l'arpenteur.
- La religion pratiquée par la famille Waterloo est le catholicisme²⁶.
- Au Québec, les systèmes d'assainissement des eaux usées pour les résidences isolées sont régis par la Loi sur la qualité de l'environnement du Gouvernement du Québec (2009), plus précisément par le Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées Q-2, r8 (Québec, 2008b), le Règlement sur l'enfouissement et

²⁵ Les moyennes ont été faites selon la plus haute et la plus basse température moyenne dans les villes de Montréal, Québec, Sept-Îles et Kuujuaq.

²⁶ Le catholicisme est la religion la plus répandue au Québec (représentant 83,4 % de la population québécoise (Canada, 2001). Il sera considéré comme étant la religion du ménage puisque certaines coutumes ou considérations religieuses peuvent jouer un rôle dans la sélection des systèmes (Winblad et coll., 2004, Newab et coll., 2006, OMS, 2006c).

l'incinération de matières résiduelles Q-2, r6.02 (Québec, 2009a) et le Règlement sur les matières dangereuses Q-2, r15.2 (Québec, 2008a). D'autres réglementations municipales peuvent toutefois s'appliquer. Pour conserver une approche plus générale, un modèle de scénario parallèle sera présenté en considération avec cette réglementation.

Étape 4 : Évaluation des priorités des utilisateurs

Cette étape servira à établir les éléments prioritaires auxquels il conviendra de répondre selon la perspective des utilisateurs tout en leur permettant de faire la liste des objectifs à combler. Elle permettra, par exemple, de « décider des insuffisances à combler, des niveaux de services à envisager, des dispositions institutionnelles à accepter, etc. » (EAWAG, 2005, p.31).

Scénario – Étape 4

Les priorités nommées par la famille Waterloo au niveau du nouveau système d'assainissement sont les suivantes :

- Réduire le degré de pollution et de déchets sortant du foyer
- Conserver un niveau similaire de confort lors de l'utilisation des systèmes d'assainissement
- Être performant tout en ne représentant pas un investissement trop important
- Être facile d'entretien

Étape 5 : Identification des options

Comme stipulé précédemment, la recherche en cours est en quelque sorte une étude en réponse à cette étape. Au lieu de baser le processus sur les approches conventionnelles, celle-ci a plutôt tenté de faire l'analyse des différents systèmes pouvant s'offrir aux utilisateurs à l'aide de thèmes émergents de la littérature. La recherche a permis de faire une présélection de traitements afin de diminuer le nombre de systèmes convenant au contexte en lien avec les recommandations mises de l'avant par l'AE. Cette présélection

permettra justement aux professionnels de l'aménagement de mieux connaître les options à considérer.

Scénario – Étape 5

Tableau 18 – Options de systèmes de traitement d'assainissement à considérer

Système de traitement	Recommandé	Recommandé sous conditions*
Système de collecte		
Toilette à vacuum		XXX
Toilettes sèches à déshydratation	XXX	
Cabinet à terreau ou Toilette à compost	XXX	
Systèmes de traitement primaire		
Fosse septique		XXX
Fosse d'assainissement		XXX
Fosse Imhoff		XXX
Fosse de décantation	XXX	
Bark rings		XXX
Systèmes de traitement secondaire et/ou secondaire avancé		
Filtre à sable		XXX
Systèmes de désinfection		
Irradiation aux rayons ultraviolets	XXX	
Systèmes d'évacuation des effluents		
Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration	XXX	
Élément épurateur classique à tranchées d'infiltration sous système de traitement secondaire non étanche		XXX
Élément épurateur à lit d'infiltration ou élément épurateur modifié		XXX
Champ de polissage à tranchées d'infiltration	XXX	
Champ de polissage à lit d'absorption		XXX

* Voir le chapitre *Présélection des traitements*

Toutefois, il est important à ce moment de pousser plus loin l'étude de chacune des options avec le client pour qu'il soit en mesure de bien comprendre les responsabilités qui lui reviendront ainsi que les implications financières, législatives et autres. Il est alors

important qu'à cette étape-ci la plupart des spécialistes et consultants soient inclus dans le processus.

Étape 6 : Évaluation des combinaisons de services réalisables

Désormais, il est nécessaire de faire la planification des différentes combinaisons possibles en fonction des besoins de l'utilisateur, des exigences législatives et des conditions du site. Il s'agit, en équipe, de déterminer une série de combinaisons réalisables. À partir des options pouvant être réalisées, il pourra ensuite y avoir une évaluation des coûts et des responsabilités avec le client. Cette étape pourra alors jouer un rôle sur la sélection des options et sur la possibilité de leur réalisation. Elle découlera d'un processus itératif, avec la participation des différentes parties prenantes, permettant la sélection des systèmes de traitement les plus adéquats pour chaque situation particulière (par exemple l'utilisation d'un modèle différent de toilette à compost).

Scénario – Étape 6

En se basant sur les options les plus adéquates à la conception d'un AE dans un pays industrialisé nordique (tableau 17) et en s'appuyant sur les désirs et besoins du foyer (*scénario – étape 3*), un modèle fonctionnel de scénario d'aménagement type (figure 24) a été réalisé selon l'Approche et les recommandations de l'AE (section – *Recommandations de l'Assainissement Écologique*). La famille Waterloo, voulant réduire la quantité de déchets le plus possible, a décidé, avec l'aide des professionnels de l'aménagement, d'opter pour la séparation et le traitement individuel de chaque type de déchets. Tout d'abord, l'urine, provenant des membres du foyer, sera séparée par une toilette sèche à diversion d'urine afin d'obtenir un produit le moins dilué possible. Cette urine sera ensuite entreposée selon les recommandations de l'OMS (2006a, 2006b, 2006c) puis utilisée comme fertilisant riche en N pour les plantes. Les fèces, quant à elles, seront récupérées par la même toilette pour être dirigées vers un composteur. Le choix d'un traitement par compostage vient du fait que le site est situé dans un climat humide (Burkhard, 2006). À ce compost seront ajoutés les déchets organiques provenant de la cuisine. Lorsque le processus de compostage sera complété, les matières résiduelles seront utilisées pour enrichir le sol. Finalement, les eaux

ménagères seront collectées par un système de plomberie conventionnel. Elles seront dirigées, par la suite, vers un traitement primaire (fosse de décantation) pour finalement être retournées vers le sol et les aquifères par un élément épurateur classique.

Modèle fonctionnel — Scénario d'aménagement type pour résidence isolée

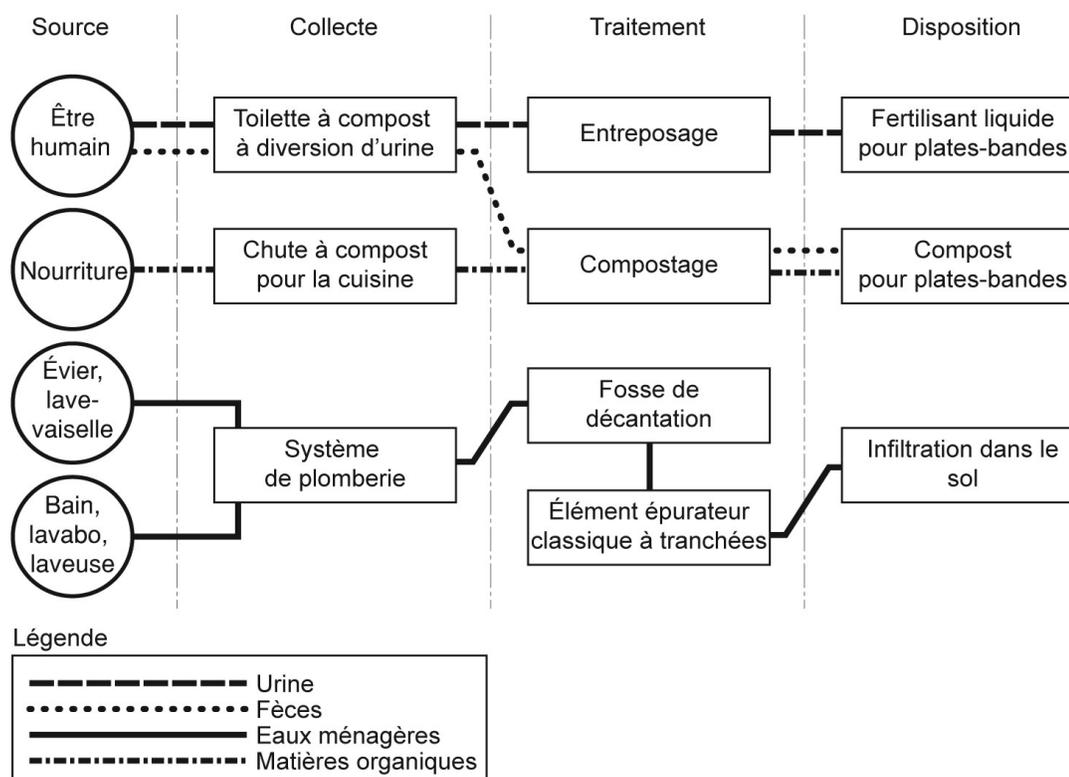
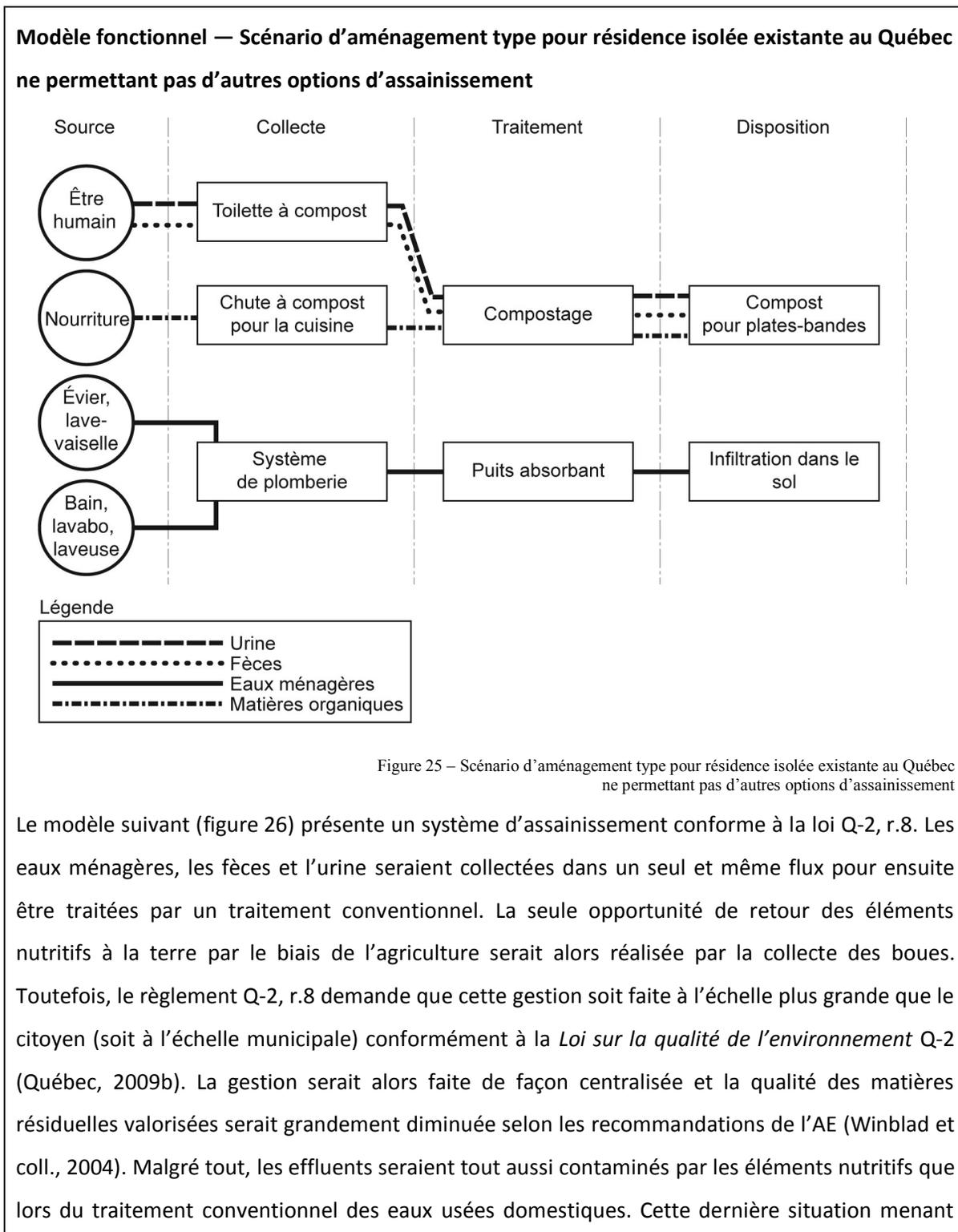


Figure 24 – Scénario d'aménagement type pour résidence isolée

Ce modèle de scénario d'aménagement type s'accorde avec l'approche de l'AE et le contexte nordique. Toutefois, tel que mentionné plus tôt dans la recherche, il est essentiel de consulter la réglementation locale en ce qui a trait aux systèmes d'assainissement permis. Dans le cas du site de la future résidence des Waterloo, la législation québécoise ne permet pas ce type de système. En effet, au Québec, dans le cas d'une résidence isolée le règlement Q-2, r.8 *Réglementation sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* s'applique (Québec, 2008b). L'option de faire la collecte de l'urine n'y est pas mentionnée et donc n'est pas permise. De plus, un système d'assainissement utilisant une toilette à compost est permis seulement dans le cas

d'une résidence existante²⁷ pour laquelle il est impossible de construire les autres types d'installations septiques mentionnés dans le Règlement Q-2, r.8 comme le stipule l'article 73 (Québec, 2008b). Le projet des Waterloo, étant une reconstruction suite à un sinistre (incendie), constitue alors un exemple de résidence isolée existante. Le modèle pourrait ainsi être modifié afin de ressembler au modèle de la figure 25. Les fèces et l'urine seraient collectées encore une fois par une toilette sèche, mais sans séparation d'urine. Elles seraient traitées par un processus de compostage avec les déchets organiques de la cuisine. Puis, les matières résiduelles seraient utilisées comme engrais pour les plates-bandes; la réglementation ne permettant pas leur utilisation dans le potager tel que mentionné dans le *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes* (Québec, 2008c). Conformément au Q-2, r.8 *Réglementation sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées*, les eaux ménagères seraient collectées de la même façon que le modèle précédent. En considérant que le site ne peut accueillir des systèmes conventionnels requis par la loi, il serait alors possible, selon le règlement Q-2, r.8, d'utiliser un puits absorbant pour finalement les évacuer par le sol (Québec, 2009c). Le site des Waterloo, offrant l'opportunité d'aménager des traitements autres que le traitement par toilette à compost, ce modèle ne serait pas recevable non plus. Ce modèle permet toutefois d'informer les professionnels sur des cas particuliers à considérer.

²⁷ Dans la même communication, une résidence existante a été définie comme étant « une résidence isolée reconstruite à la suite d'un incendie ou d'un autre sinistre ».



aux mêmes problématiques que discuté en début de recherche.

Modèle fonctionnel — Scénario d'aménagement type pour résidence isolée au Québec

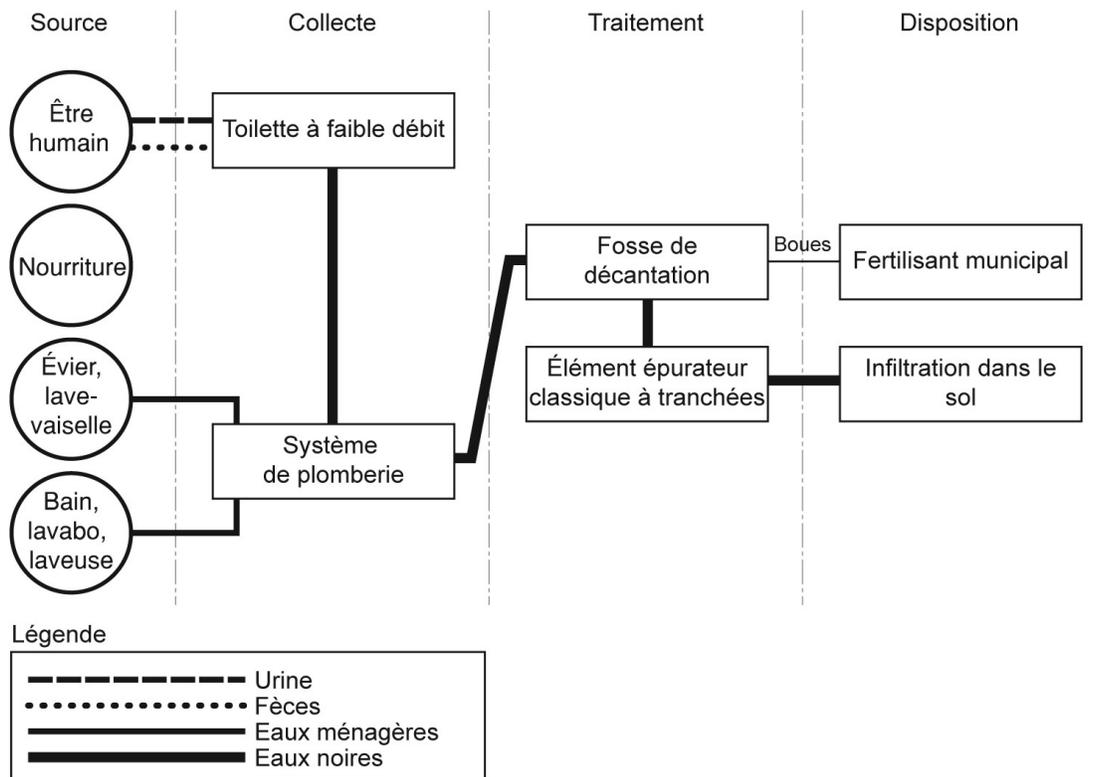


Figure 26 — Scénario d'aménagement type pour résidence isolée au Québec

Quoi qu'il en soit, chaque pays possède sa propre réglementation au niveau des systèmes d'assainissement permis. Puisque cette recherche souhaite informer globalement les professionnels sur l'aménagement de ces systèmes en milieu développé nordique, le choix du scénario fera abstraction de cette réglementation spécifique au Québec. C'est pourquoi la recherche se concentrera sur le scénario d'aménagement type pour résidence isolée (figure 24). La présente situation législative dans cette région permettra, toutefois, de mettre en garde les professionnels de l'aménagement afin qu'ils constatent l'importance de se référer aux règlements locaux en vigueur lors de l'adoption d'une approche d'AE.

Scénario d'aménagement type

Suite au choix du modèle à adopter, il est ensuite important de valider le choix des dispositifs à

utiliser en fonction des besoins et du mode de vie de la famille Waterloo. Ces éléments pourront aider à faire une sélection informée des systèmes qui seront adaptés au foyer. Une sélection informée contribuera à la pérennité de l'aménagement (EAWAG, 2005).

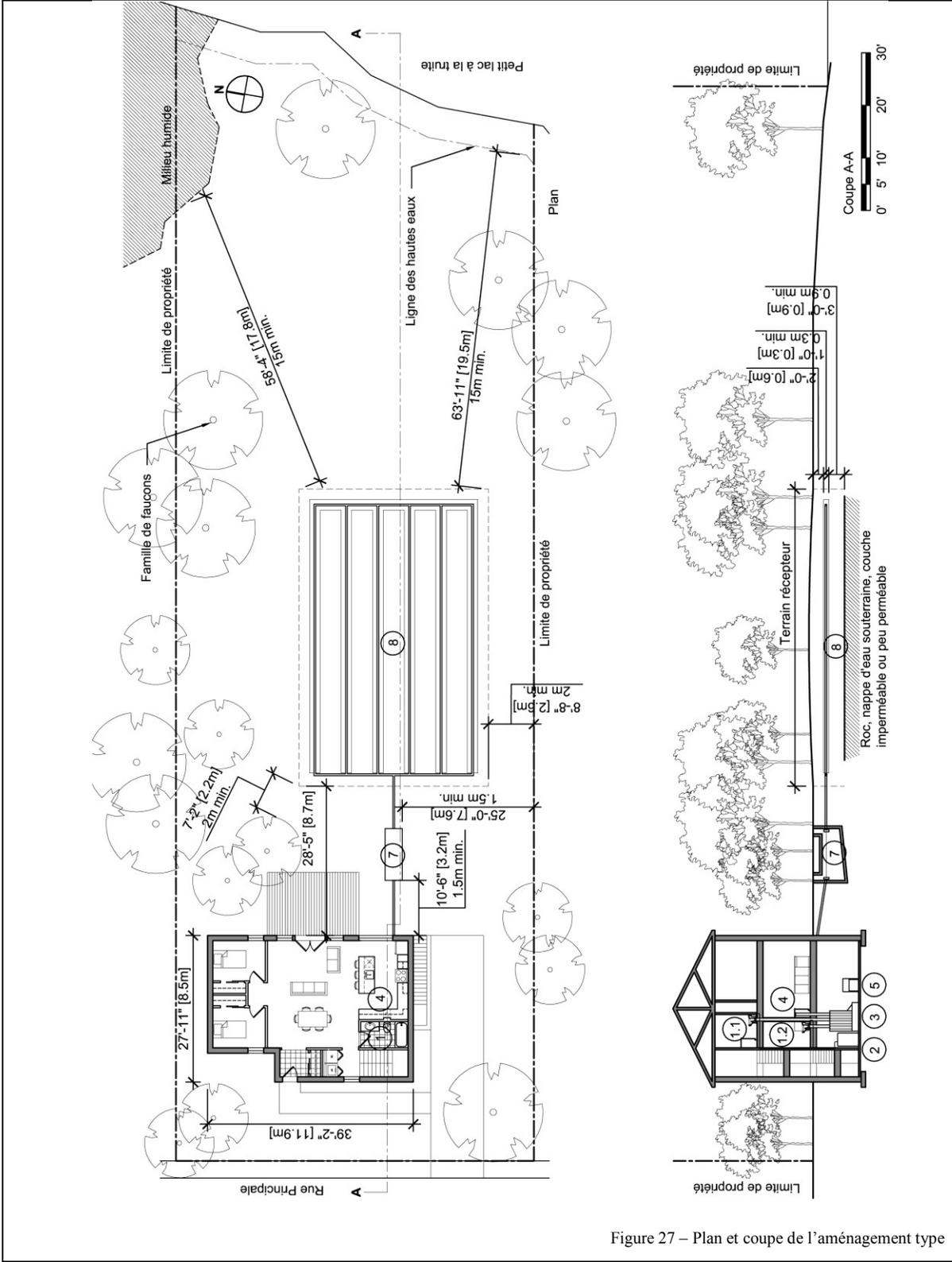


Figure 27 – Plan et coupe de l'aménagement type

Au niveau de la collecte des déchets, il est important de bien définir certaines contraintes que la famille peut avoir. La cuvette, par exemple, peut être un élément sensible, car les utilisateurs peuvent être habitués à un certain confort qu'apporte la cuvette conventionnelle à chasse d'eau. La famille désire, dans le cas présent, avoir une cuvette similaire à celle à laquelle ils sont habitués malgré que la nouvelle cuvette ne soit pas à chasse d'eau. De plus, afin de faire une économie d'argent et d'espace, M. Waterloo a décidé de ne pas installer d'urinoir (ce qui aurait pu être une option pour la collecte de l'urine) et de plutôt s'asseoir lorsqu'il urinera. (Ce changement d'habitude vient du fait qu'afin d'utiliser une toilette à diversion d'urine (position assise), les hommes doivent s'asseoir). Ils évitent ainsi que l'urine ne se retrouve dans le compartiment destiné aux fèces. Il considère, en effet, que la séparation d'urine est importante et qu'un léger changement dans ses habitudes peut être acceptable. Toutefois, le fils de M. Waterloo est encore en bas âge. Une toilette à diversion d'urine peut être difficile d'utilisation pour un enfant (Stintzing et coll., 2007). Il sera donc nécessaire de considérer des options répondant à ces contraintes. De plus, le couple voudrait avoir leur propre salle de bain et en avoir une pour l'utilisation des visiteurs et autres occupants du foyer. Il sera nécessaire d'en discuter avec les professionnels. La présence de deux toilettes peut jouer un rôle sur la direction du choix des dispositifs.

En réponse à ces demandes, une toilette à compost à diversion d'urine tel que le modèle *EcoDry* (Ecovita, 2011) pourrait être une option envisageable (#1, figures 27, 28). Elle est en porcelaine et offre un confort similaire à une toilette conventionnelle. Toutefois, afin d'accommoder les enfants, il sera nécessaire d'ajouter un adaptateur pour le siège de toilette. Ce type de toilette nécessite toutefois un nettoyage particulier n'utilisant pas la chasse d'eau pour le transport des déchets.

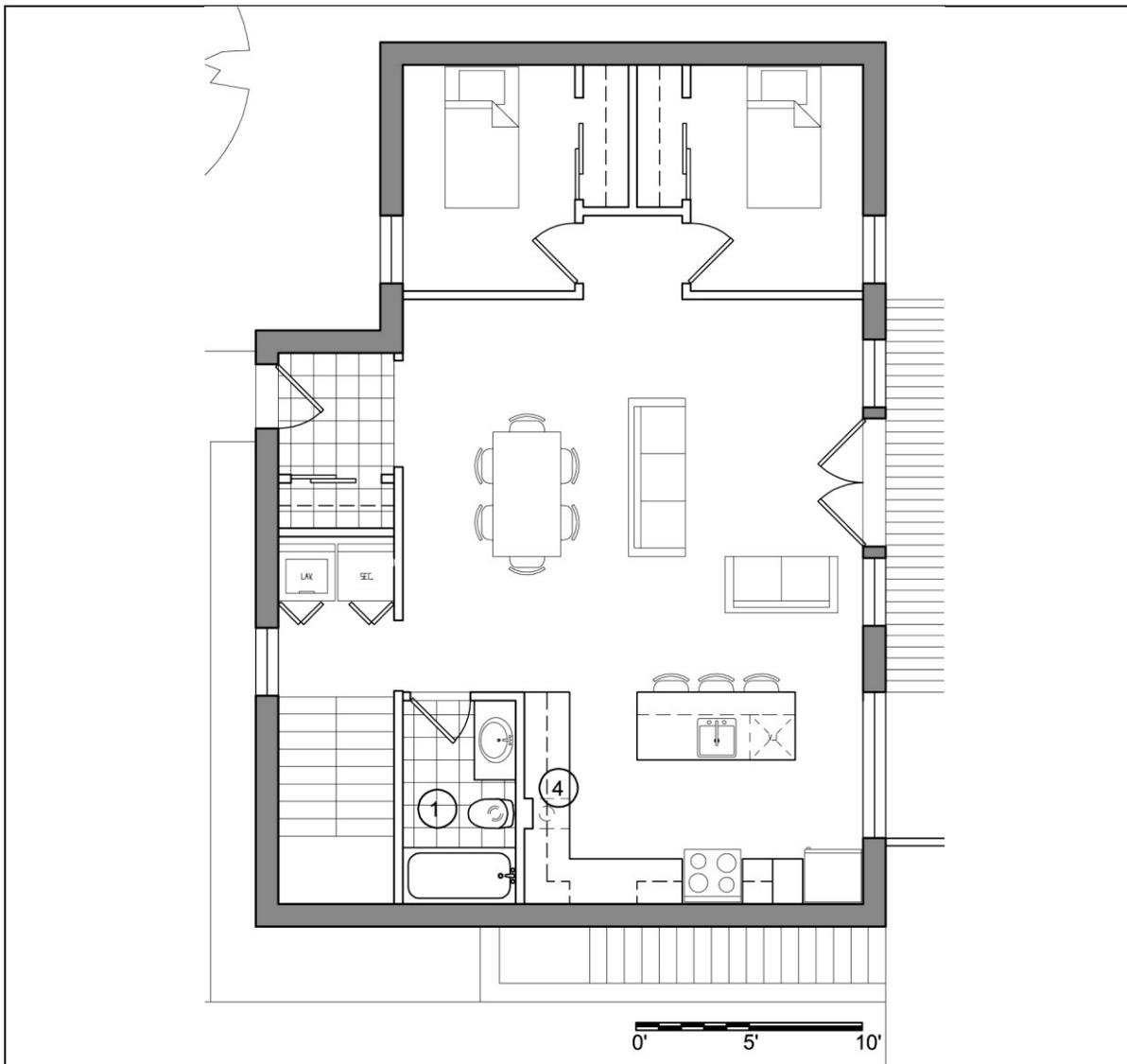


Figure 28 – Plan agrandi de l'intérieur de la résidence

Le traitement de l'urine et des fèces se fera alors séparément. L'urine, une fois recueillie, pourra être entreposée tel que le conseille l'OMS (2006c). La personne qui sera responsable du traitement de l'urine sera Mme Waterloo. Elle désire alors avoir un système facile d'entretien et que son déplacement le soit tout autant. Un conteneur mobile serait alors préférable pour la manutention. Elle ne souhaite pas faire d'horticulture à l'intérieur et, avec les températures froides, il ne sera pas possible d'en faire à l'extérieure durant l'hiver. La disposition de l'urine en tant que fertilisant pour les plantes ne pourra pas se faire à longueur d'année. Il faudra, par

conséquent, considérer l'utilisation de plusieurs conteneurs, ce qui occupera une plus grande superficie d'entreposage. Ce lieu d'entreposage devra être choisi avec précaution par les professionnels. Afin de faciliter l'entretien, il est conseillé aussi de centraliser les systèmes (Winblad et coll., 2004). Pour cette raison, le traitement de l'urine se fera par entreposage dans une série de conteneurs mobiles (#2, figures 27, 29) qui devraient être positionnés à proximité du système de compost.

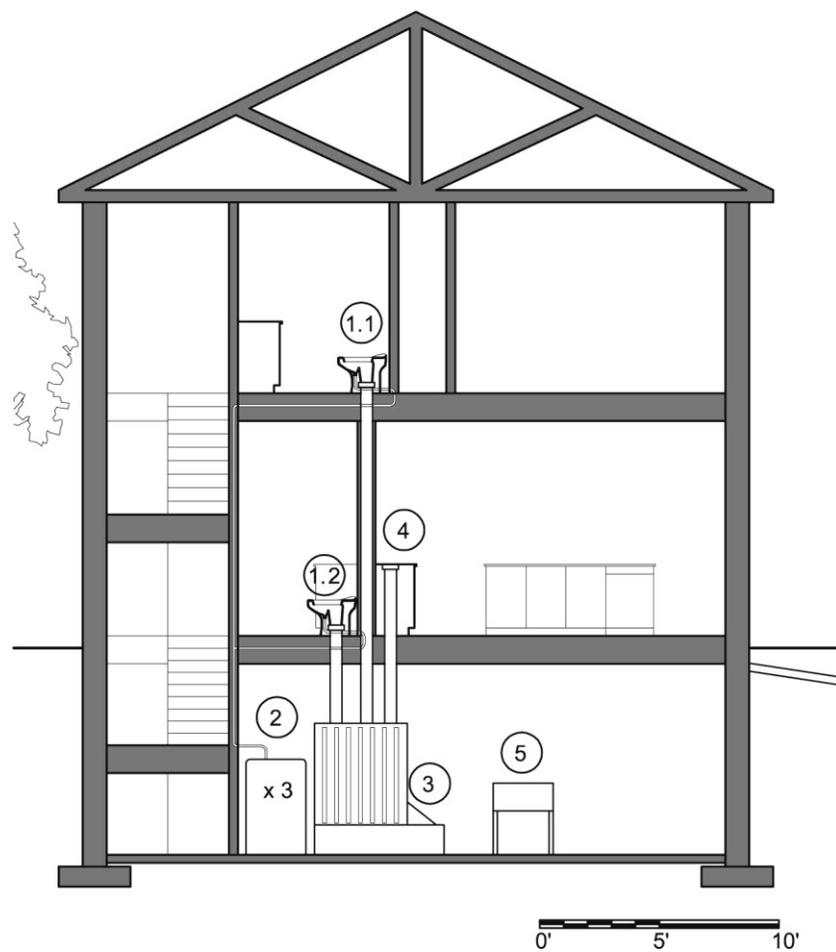


Figure 29 – Coupe agrandie de l'intérieur de la résidence

Les fèces, quant à elles, seront traitées par compostage. Sachant ce que contiendra le dispositif servant à contenir le compost durant le processus, les Waterloo sont un peu mal à l'aise de le voir à l'intérieur et ne souhaitent pas qu'il soit à la vue de tous non plus. Ils sont toutefois conscients

que les températures extérieures peuvent affecter le traitement (Del Proto et Steinfeld, 2000 ; Krekeler, 2008 ; Stintzing et coll., 2007 ; Winblad et coll., 2004). Par souci d'économie face à un système de chauffage supplémentaire qu'un compostage extérieur pourrait demander, la famille est d'accord à ce que le système soit aménagé au sous-sol.

Il existe plusieurs modèles de composteurs pour les systèmes de toilette à compost. Certains peuvent être installés à l'intérieur, d'autres à l'extérieur, être préfabriqués ou construits sur place. Cette recherche a porté un regard plus global sur ce système. Il est donc nécessaire de la part des professionnels que ceux-ci se familiarisent avec les caractéristiques de chacun. Dans le cas présent, le modèle Clivus Multrum Modèle M2 (Clivusmultrum Incorporated, 2011) pourrait être une option acceptable pour le foyer. Le système est préfabriqué en une seule pièce. Il est, par conséquent, simple d'installation. De plus, il doit être positionné sous la toilette évitant l'utilisation d'un système à vacuum, et ainsi éviter d'utiliser de l'énergie supplémentaire. Il peut alors être installé au sous-sol. Il peut également accommoder plus d'une toilette et vient dans plusieurs formats s'adaptant aux besoins du foyer. Le système est complet et vient même avec les produits d'entretien facilitant l'usage par les utilisateurs. Une toilette est fournie avec le système, mais ne possède pas de diversion d'urine et est faite de polymère. Elle ne convient pas aux exigences de la famille Waterloo. C'est pourquoi le modèle *Eco Dry* sera tout de même utilisé. Le modèle présente toutefois une contrainte importante nécessitant que les systèmes de collecte soient au dessus du dispositif. Les professionnels de l'aménagement devront dès lors prendre cet élément en considération lors de la planification du système complet. Pour cette raison, dans la maison des Waterloo, les salles de bains ont été aménagées l'une au-dessus de l'autre. La salle de bain des maîtres est à l'étage (#1.1, figures 27, 29) et la salle de bain pour tous est au rez-de-chaussée (#1.2, figures 27, 29). Toutes les deux sont positionnées au dessus du système de compost (#3 figures 27, 29) et de l'entreposage de l'urine (#2, figures 27, 29).

Considérant que la famille souhaite ajouter les déchets organiques de la cuisine au mélange de compost, le modèle *Clivus Multrum* est approprié. Il permet, en effet, l'ajout de ce type de déchet, mais qui plus est, sa surface de réception permet aussi l'ajout d'un conduit pouvant les y intégrer. Les professionnels peuvent alors considérer que les utilisateurs se déplaceront pour ajouter les restes de cuisine au mélange ou aménager la cuisine de sorte qu'elle puisse se

connecter au système de traitement directement. La famille Waterloo, étant parfois paresseuse, surtout leur fille adolescente, préfère que les professionnels organisent le plan de leur nouvelle demeure afin qu'une chute à compost puisse être installée dans la cuisine (#4, figures 27, 28, 29). Dès lors, cette stratégie leur facilitera l'utilisation du système tout en l'adaptant à leurs activités quotidiennes.

Une fois que le traitement des fèces, de l'urine et des matières organiques sera effectué, il faut pouvoir retourner les effluents dans la nature. L'AE considère que le système n'est pas complet tant que la valorisation de ceux-ci n'est pas effectuée dans l'agriculture²⁸. L'utilisation de compost provenant des matières fécales humaines pour l'enrichissement du sol de cultures comestibles ainsi que l'utilisation de l'urine comme fertilisant soulève plusieurs questionnements au sujet des impacts sur la santé. Certains sont d'avis que ces traitements sont suffisants (OMS, 2006c), d'autres que les matières résiduelles de ceux-ci comportent encore des risques, surtout du fait que la surveillance se fait par le foyer. De plus, certaines réglementations ne l'autorisent simplement pas comme il a pu être constaté précédemment avec la *Loi sur la qualité de l'environnement* Q-2 du Québec (2009b). Toutefois, la plupart s'accordent sur le fait que l'utilisation sur des plantes non comestibles n'entrant pas en contact avec l'être humain serait sécuritaire (OMS, 2006c ; Winblad et coll., 2004). Il faut cependant que les personnes responsables de la manutention des produits résidentiels adoptent des pratiques hygiéniques sécuritaires (Del Porto et Steinfeld, 2000 ; Jönsson, 2003 ; OMS, 2006c ; Winblad et coll., 2004). C'est pourquoi, chez les Waterloo, une station de nettoyage pour les mains sera aménagée près du composteur et des réservoirs d'urine (#5, figures 27, 29). Afin d'adopter des pratiques ne comportant pas de risques majeurs pour les utilisateurs, les effluents seront valorisés à des fins d'engrais et de fertilisants pour les plates-bandes qui seront aménagées sur le site (#6, figure 30). Par conséquent, les professionnels de l'aménagement paysager pourront en faire la conception en considérant des espèces qui réagissent favorablement à l'apport en N et P. Par contre, Il faudra faire attention que ces lieux ne soient pas trop près des eaux de surface. Les éléments nutritifs,

²⁸ On entend par agriculture un large éventail d'activités pouvant être l'utilisation pour la culture, l'irrigation, mais aussi pour d'autres utilisations telles que l'enrichissement du sol ou la fertilisation de plantes (Winblad et coll., 2004).

emportés par les eaux de ruissellement, pourraient alors entrer dans le système hydrique et avoir des répercussions néfastes sur la vie aquatique.

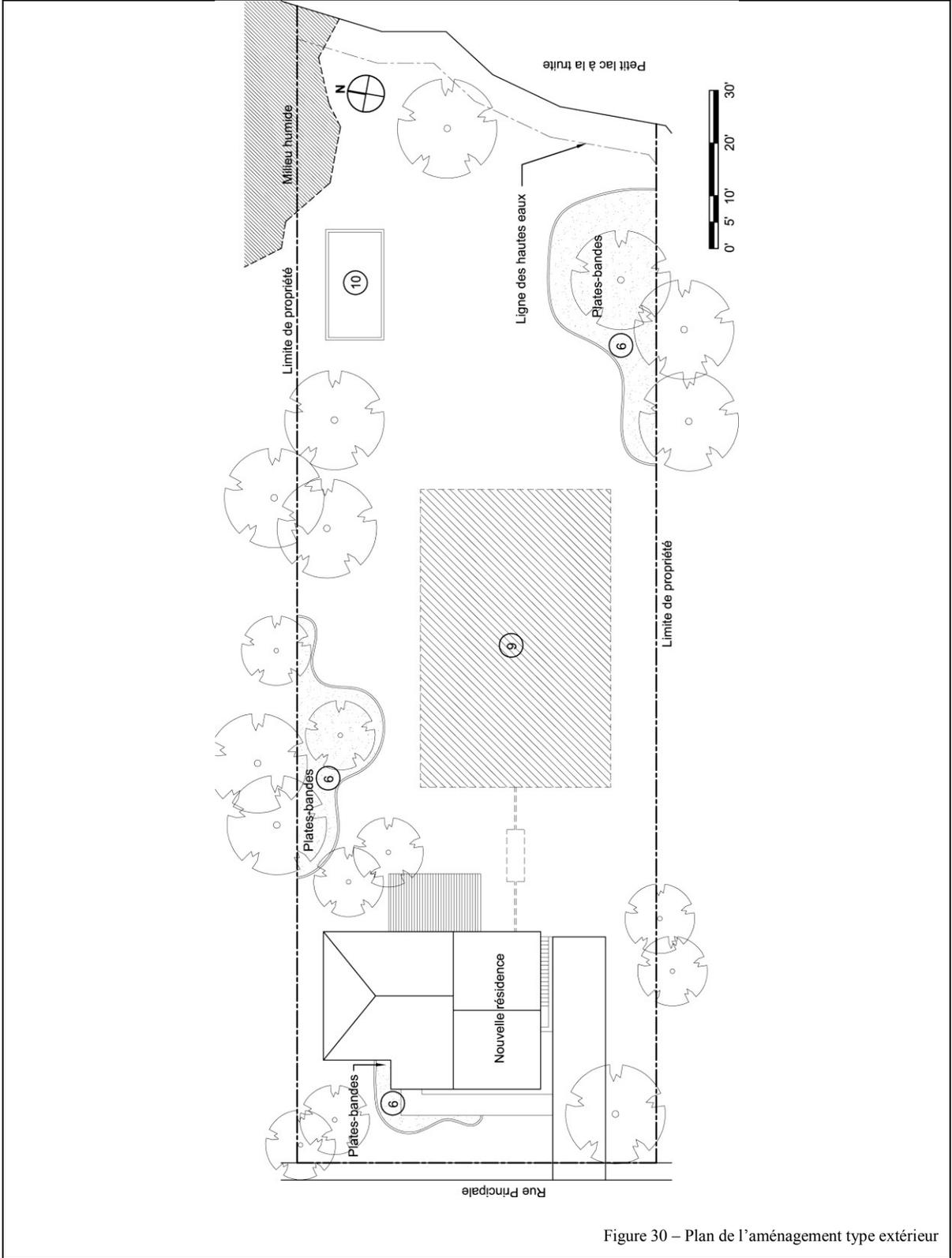


Figure 30 – Plan de l'aménagement type extérieur

Afin de faciliter l'accès aux systèmes ainsi que leur entretien autant en saison froide qu'en saison chaude, l'accès au sous-sol peut être fait par l'intérieur (figure 27). De plus, pour faciliter le transport des matières résiduelles vers le jardin (Krekeler, 2008), un accès extérieur au sous-sol (figure 27) permettra à Mme Waterloo d'éviter de passer par l'intérieur de la maison avec des matières que la famille considère encore trop répugnante pour le logis.

En considérant ces paramètres selon le degré d'acceptation du foyer, les professionnels seront plus amènes de s'ajuster à ceux-ci. En connaissant aussi d'avance le type de contraintes que peuvent comporter les systèmes d'assainissement permettant l'AE, les professionnels seront en mesure de concevoir un aménagement des éléments de façon réfléchi. Il s'adaptera aux besoins particuliers de chacun tout en respectant le mode de vie du foyer.

Le traitement des eaux ménagères, dans cet aménagement, ressemble à un traitement conventionnel. Celui-ci sera toutefois simplifié. Les eaux ménagères demandent un traitement moins intensif que pour les eaux usées conventionnelles. Les utilisateurs étant plus habitués avec ce type de système, son acceptation risque d'être plus facile. Chez la famille Waterloo, la collecte des eaux ménagères s'effectuera par un système de plomberie standard. Par la suite, le traitement des affluents se fera par une fosse de décantation positionnée près de l'allée d'accès des voitures afin d'en faciliter la vidange (#7, figures 27, 30). Malgré que ce type d'affluent ne contient pas autant de matières solides que les eaux usées, il peut toutefois comporter des solides provenant du lave-vaisselle, de l'évier ou de la laveuse, sans compter la présence de matières grasses. Ce traitement primaire pourra y parvenir. Bien qu'il faille vider cette fosse plus souvent qu'une fosse septique, ce traitement permet d'éviter que les boues ne deviennent septique restant, moins longtemps en anaérobie (Burkhard et Craig, 2000). De plus, comportant moins de matières polluantes que les eaux usées, sa vidange se fera sans doute moins régulièrement. Il faudra toutefois qu'un ingénieur en fasse l'évaluation.

Finalement, ces effluents liquides seront retournés dans la nature par le sol. Cette stratégie est considérée comme la plus adéquate selon les recommandations de l'AE. Pour ce faire, comme les eaux ménagères auront déjà subi un traitement primaire, un élément épurateur classique à tranchées d'infiltration sera aménagé sur le site (#8, figures 27, 30). Ce système permettra de

contribuer au traitement des effluents puis de les réintégrer dans la nature par percolation à travers le sol. Généralement, ce type de système occupe une superficie considérable²⁹. Toutefois, il est possible que cette superficie soit réduite, les eaux ménagères nécessitant un traitement moins intensif. En outre, puisque la quantité d'eau à traiter est diminuée par l'utilisation de toilettes sèches³⁰, cela pourrait également contribuer à la diminution du terrain récepteur. Malgré tout, des calculs plus précis par les professionnels adéquats seraient nécessaires, c'est pourquoi la superficie de 180 m² est représentée dans l'aménagement type (#8, figure 27).

L'élément épurateur classique ne représente pas un traitement tertiaire. L'élimination des éléments nutritifs restant se fera par les capacités du sol récepteur. Par contre, en enlevant les fèces et l'urine des eaux ménagères, les quantités de P seront diminuées de 90 % et de N de 97 %. De plus, en termes de potassium, autre élément nutritif pouvant se retrouver dans les eaux usées, il peut y avoir une réduction de 66 % de la quantité présente (Fitshen et Hahn tel que cité dans BGR, 2008). Des calculs devront être faits par un professionnel afin de connaître le taux d'absorption du sol à long terme. Pour les besoins du scénario, les capacités du sol seront jugées adéquates pour la réception des effluents de l'élément épurateur classique. Cependant, afin de diminuer la quantité d'éléments nutritifs dans les eaux ménagères (Winblad et coll., 2004), les professionnels pourront conseiller aux Waterloo d'utiliser des produits ménagers réduits en P. Il est possible également que des associations locales telles que l'ARPEP puissent donner des conseils à ce sujet.

Il est important de porter une attention au site lorsque ces traitements sont aménagés, car ils peuvent être facteurs de risques pour certains éléments (OMS, 2006c ; Werner et coll., 2003 ; Winblad et coll., 2004). Par exemple, on conseille de positionner des systèmes non étanches, tels que l'élément épurateur classique, à une distance d'au moins 15 m d'une étendue d'eau ou d'un milieu humide ou à 30 m des puits ou sources d'alimentation (Québec, 2009c). Quelques exemples sont présentés sur le plan d'aménagement (figure 27). Il est nécessaire de se référer aux lois en

²⁹ On considère un minimum de 180 m² de terrain récepteur pour les eaux usées d'une résidence comportant trois chambres (QUÉBEC, 2009).

³⁰ On considère que les eaux ménagères représentent 70 % de la consommation conventionnelle, la chasse d'eau utilise généralement 30 % de la consommation moyenne en eau (Canada, 2010).

vigueur. En considérant la participation des parties prenantes rapidement dans le processus d'aménagement, comme le suggère l'HCES (EAWAG, 2005), il est alors possible de prendre en considération ses contraintes. Dans le cas du site de la famille Waterloo, l'emplacement initial de la maison (Annexe 4) ne pouvait demeurer le même pour qu'un système non étanche puisse être aménagé. Un nouvel emplacement était nécessaire pour que le système d'assainissement soit conforme aux éléments du site.

Finalement, l'aménagement extérieur du site par un professionnel de l'aménagement paysagé permettra de créer des opportunités d'utilisation des matières résiduelles par l'aménagement de plates-bandes (#6, figure 30). Il pourra aussi concevoir des espaces en considérant les besoins des systèmes de traitement aménagés. Par exemple, l'élément épurateur classique nécessite que sa surface soit fixée par une végétation permettant l'aération sans toutefois compacter la terre (#9, figure 30) (Québec, 2008b, 2009c). De plus, cette surface ne permet pas l'aménagement d'un potager, c'est pourquoi celui de M. Waterloo a été planifié loin de l'élément épurateur et des plates-bandes recevant les matières résiduelles (#10, figure 30).

Étape 7 : Programmes consolidés de l'AE pour la zone d'étude

Cette étape s'applique surtout lors de projets visant l'application de l'AE dans une zone plus étendue. Il s'agit de faire en sorte que le programme puisse s'accorder avec les projets voisins et qu'il s'intègre dans la gestion plus élargie des ressources naturelles du secteur (par exemple les infrastructures d'approvisionnement en eau et les systèmes d'assainissement municipaux).

Scénario – Étape 7

Puisque le projet est isolé et qu'il ne touche pas d'autres zones, cette étape est relativement simple et devra se faire avec la participation de la municipalité.

Étape 8 : Finalisation des programmes consolidés d'AE

Cette étape consiste en la préparation des différents plans par les professionnels de l'aménagement. L'ensemble des plans devra être présenté et expliqué au client et à

l'ensemble des utilisateurs touchés afin qu'ils soient approuvés par ceux-ci. Il est important de les informer que les plans pourront subir des modifications suite à leur présentation aux autres parties prenantes. Ces dernières pourront alors se prononcer sur l'option choisie et faire des recommandations.

Scénario – Étape 8

L'équipe de professionnels exécutera les plans d'aménagement pour les présenter au client et aux autres parties prenantes. Il y aura, par conséquent, une série de demandes d'autorisation par l'entremise de permis de construction, d'exploitation et de certifications selon les règlements en vigueur. Suite à l'approbation des plans, il devient possible de passer à l'étape suivante.

Étape 9 : Implantation du projet

Cette étape consiste à la finalisation des plans. Suite à leur approbation par les différentes parties prenantes (incluant les demandes de permis et autres demandes de certification), la construction et l'implantation des différents éléments du système pourront être effectuées.

Scénario – Étape 9

Désormais, il s'agit de l'implantation du projet et de la construction des différents éléments de l'aménagement. Lorsque les installations seront terminées, il sera très important que la famille Waterloo soit bien informée du fonctionnement et de l'entretien de chaque système en plus d'être sensibilisée aux mesures d'hygiène à adopter lors de l'utilisation de ceux-ci (OMS, 2006c ; Werner et coll., 2003 ; Werner et coll., 2009 ; Winblad et coll., 2004).

Un suivi de la part des professionnels devrait être effectué afin de s'assurer de la qualité de l'aménagement. De plus, un tel suivi permettra d'enrichir les données sur l'aménagement d'un système dans ce type de contexte, la littérature en étant dépourvue (Werner et coll., 2003). La famille Waterloo pourra s'exprimer sur leur expérience du projet. Leurs commentaires pourront améliorer les futures expériences des professionnels de l'aménagement.

Discussion

Retour sur les résultats de la recherche

L'objet de cette recherche portait sur l'Assainissement Écologique (AE), sa mise en application dans l'aménagement des systèmes d'assainissement des eaux usées dans le contexte peu documenté des résidences isolées des pays nordiques (Werner et coll., 2003), ainsi que la transmission des connaissances de cette approche émergente aux professionnels de l'aménagement afin de combler, en partie, le manque d'informations que ceux-ci possèdent sur le sujet (Burkhard et Craig, 2000 ; Panesar et Werner, 2009 ; Werner et coll., 2003). Ce manque de connaissances est dû à l'émergence récente de cette approche écosystémique visant à fermer la boucle sur le cycle des ressources naturelles au niveau du foyer; plus particulièrement le cycle de l'eau et celui des éléments nutritifs (Winblad et coll., 2004). Cette approche complexe de l'assainissement et de la gestion des déchets domestiques cherche principalement à répondre aux Objectifs Mondiaux pour le Développement (OMD). Pour cette raison, bien qu'applicable dans la plupart des contextes, elle a surtout été utilisée dans les milieux défavorisés de pays en développement du Sud (Winblad et coll., 2004); d'où le manque de connaissances au niveau du contexte étudié.

Afin de répondre à la question de recherche visant l'amélioration des systèmes d'assainissement de façon écologique dans le contexte étudié, ce travail a fait l'analyse critique de différents traitements pouvant être aménagés dans un tel système en se rapportant aux recommandations issues de la littérature sur l'AE. De plus, considérant la quantité d'informations s'y rapportant et compte tenu de la dispersion de celles-ci dans la littérature, la recherche a tenté de rassembler et condenser les éléments pertinents en un seul document; ceci afin de faciliter leur transmission aux professionnels de l'aménagement et offrir à ces derniers l'opportunité d'entreprendre une pratique plus informée sur une approche écologique de l'assainissement des eaux usées domestiques dans un contexte de pays développés nordiques.

De cette recherche, plusieurs éléments intéressants sont ressortis. Tout d'abord, dans l'objectif de faire une présélection des traitements les plus adéquats à considérer lors d'un tel aménagement, une grille d'analyse portant sur des éléments issus des recommandations provenant de la littérature sur l'AE a été réalisée. Ces éléments ont été rassemblés et catégorisés selon les thèmes suivants : technique, aménagement, environnement, économique, santé, social et culturel ainsi que politique. Cette grille d'analyse peut représenter un atout particulier pour les professionnels de l'aménagement puisqu'elle met en lumière différentes considérations ne touchant pas seulement les systèmes, mais aussi leur intégration dans l'environnement naturel et bâti. Ces éléments permettent de rendre compte de la complexité que ce type d'aménagement (ces composantes ainsi que les interrelations qu'elles entretiennent entre elles et avec leur environnement) comporte. Elle permet, entre autres, d'observer que certains aspects ont des répercussions sur différentes sphères entourant l'assainissement. Par exemple, un traitement tel que les disques biologiques nécessite un contrôle et un entretien par un professionnel (technique) réduisant l'appropriation du système par la famille qui ne s'occupera pas de cet aspect (social et culturel), impliquant des coûts supplémentaires (économique) et affectant l'acceptation de la technologie par le foyer (social et culturel). Bien que les professionnels soient en mesure d'analyser par eux-mêmes ce type de relation, cette grille met en lumière les points d'analyse liés plus spécifiquement à l'AE et sa philosophie et non seulement l'assainissement en général.

Cette grille (tableaux 7 à 13) a été réalisée en se basant sur les données de la littérature. Les informations qu'elle contient ne sont pas nouvelles à proprement parlé, bien que parfois issues d'une extrapolation telle que démontrée dans l'analyse. Ce qui la distingue toutefois des résultats connus c'est le fait qu'elle rassemble et fait la synthèse de tous ces éléments qui, jusqu'à présent sont dispersés dans la littérature. Elle facilite donc leur accès, tout en diminuant le temps de recherche qu'aurait à effectuer un professionnel. Par la suite, il a fallu faire un travail d'équilibrage et de pondération des éléments puisqu'il a été observé qu'aucun traitement ne répondait entièrement à tous ces points d'analyse.

Pour cette raison, cette grille représente un outil utile à la pratique en permettant la mise en relief d'une bonne partie de ces éléments que le professionnel aura à sélectionner.

Un deuxième résultat observable dans cette recherche porte justement sur ce travail de sélection. En effet, il s'agit de la présélection des systèmes, traitements ou technologies considérés comme étant les plus adéquats lors de l'aménagement d'un système d'assainissement se basant sur l'AE et se voulant donc plus écologique. Elle a été réalisée dans le but de réduire la quantité de traitements possibles en mettant de côté ceux ne s'accordant pas au contexte des résidences isolées des pays nordiques ou allant à l'encontre de la philosophie prônée par l'AE ou du moins les recommandations issues de la grille d'analyse discutée précédemment. Il existe d'autres traitements possibles que ceux étudiés. Cependant, compte tenu des limitations dues au format du mémoire, ce nombre a été réduit pour permettre une meilleure analyse de cette sélection. Dans ces autres traitements on trouvera, entre autres, la méthanisation permettant de transformer certains déchets en biogaz servant de source d'énergie pour le foyer ou l'utilisation de jardins d'eaux grises pour le traitement de ces effluents (OMS, 2006c). De cette analyse critique est ressorti une liste de systèmes classés selon le type d'action auquel ils sont rattachés (par exemple collecte, traitement primaire, traitement secondaire, etc.) ainsi que la recommandation basée sur l'analyse critique de ceux-ci (recommandé, recommandé sous conditions, déconseillés). Il est important de porter une attention à la qualification utilisée par l'analyse. Les termes « recommandés » et « déconseillés » ont été utilisés plutôt que « prescrits » ou « proscrits ». Comme il a été mentionné plus tôt, le choix et la présélection des systèmes sont issus d'un travail de pondération des critères et d'équilibrage des aspects positifs et négatifs que possède chacun selon le contexte (EAWAG, 2005) puisqu'aucun système ne satisfait toutes les recommandations de la grille. Pour cette raison, il n'était pas possible d'arriver à une sélection se voulant universelle, celle-ci se veut tout au plus générale selon le contexte particulier. Cette recherche démontre plutôt qu'il est possible d'arriver à des systèmes plus respectueux de l'environnement en comblant un certain nombre des recommandations. Cette sélection s'est faite par un travail de pondération entre les caractéristiques de chaque système par une analyse critique considérant que certains

aspects sont considérés plus importants que d'autres tel qu'expliqué dans le texte. Par exemple, puisqu'il s'agit d'assainissement, les caractéristiques touchant la santé et la dépollution des effluents ont été jugées prioritaires. De plus, puisqu'il s'agissait d'améliorer de façon écologique ces systèmes, l'environnement s'est ajouté à ces paramètres prioritaires. Il a donc été nécessaire d'équilibrer le tout. Le résumé de ces analyses se trouve dans la section *collecte et analyse des données*. Pour cette raison, il n'était possible que de parvenir à une série de traitements qui seraient recommandés ou pas. Dans le cas de besoins particuliers d'un projet (demandes du client, incapacités du site, impossibilité légale), les professionnels pourraient ainsi être amenés à intégrer à l'aménagement des systèmes qui autrement seraient déconseillés.

Il y a donc deux manières d'entrevoir ces résultats. L'une consiste à prendre le tableau 18 – *Options de systèmes de traitement d'assainissement à considérer* et à n'utiliser que les traitements recommandés et courir le risque de réduire les possibilités d'intégration d'un tel type d'aménagement dans le contexte donné. L'autre serait d'utiliser ce même tableau comme point de repère et de mettre l'accent sur l'intégration des systèmes recommandés, tout en ne perdant pas de vue les autres systèmes, en se référant à l'analyse offerte dans le texte pour comprendre les limitations d'un système en particulier. Grâce à ses capacités critiques, le professionnel de l'aménagement sera en mesure d'évaluer la meilleure solution à adopter selon les caractéristiques particulières du projet.

Ce résultat de recherche, lorsque comparé aux données déjà connues dans la littérature, vient mettre en perspective l'ensemble des systèmes selon un contexte précis qui reste toutefois général. Cette littérature offre de l'information, à travers des guides et textes sur l'AE, sur plusieurs systèmes pouvant être utiles dans la conception d'un système d'assainissement des eaux usées. Toutefois, ils ne mettent pas en contexte les traitements ou ne démontrent leur utilisation que dans un contexte ou un projet très particulier et ne font que la présentation de certaines options employées jusqu'à maintenant. Le lecteur est placé devant une série d'options sans pourtant en comprendre nécessairement la bonne application ni le contexte dans lequel son rendement serait le plus adéquat. Le tableau 14 –

Tableau de présélection des systèmes de traitement, joint à l'analyse et les représentations graphiques, permet de pallier ce manque au niveau de la littérature. Il est alors possible de comprendre que bien qu'un système tel que la latrine semble répondre de façon adéquate aux besoins, attentes et conditions d'une certaine région, son implantation ne peut pas être généralisée à l'échelle des pays nordiques.

Le dernier résultat qui convient de mentionner ici est le scénario d'aménagement type qui vient faire une synthèse de l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette recherche. Il s'agit d'un scénario se voulant assez général pour être adapté à différents projets dans un contexte similaire. Toutefois, bien qu'il utilise des exemples très concrets, ceux-ci n'ont été placés que dans l'objectif de donner quelques points de repère sur certains aspects importants à considérer. Il a été réalisé afin de faciliter la transmission de l'information aux professionnels en positionnant le projet dans un contexte fictif (Manzini, 2003). Bien que cela ne puisse être considéré comme une norme, le scénario prend comme exemple une famille très typique. Elle a servi à montrer l'importance des éléments reliés à l'âge et au sexe des utilisateurs. Si les professionnels ne seront pas nécessairement face à une situation identique, ce scénario toutefois les incitera à considérer des aspects se rapportant à chaque membre du foyer et non pas seulement au représentant avec lequel il travaillera (EAWAG, 2005, Winblad et coll., 2004).

Cette recherche vise à informer un large éventail de professionnels pratiquant des disciplines de l'aménagement entraînant la considération des éléments pouvant être communs à chacun ou, du moins, ayant une certaine résonance sur leur pratique. Elle ne se veut pas un recueil technique de spécifications dédié aux ingénieurs, mais plutôt un ouvrage vulgarisé portant un regard large sur des options alternatives d'aménagement d'AE. Pour cette raison elle ne tente pas de substituer le travail de l'ingénieur, mais, au contraire, de permettre aux autres professionnels de pouvoir engager des conversations informées sur le sujet dans un environnement pluridisciplinaire. Cette recherche est donc un point de départ dans le processus d'aménagement et non une fin en soi.

Ce scénario, contrairement aux données dans la littérature permet de montrer un exemple assez général pour que les professionnels puissent se l'approprier. En effet, la littérature fait surtout mention d'exemples partiels de systèmes tels que l'utilisation d'une toilette à compost dans les chalets suédois (Winblad et coll., 2004) ou des études de cas précis tel que l'exemple d'un village de la province de Guangxi en Chine (Winblad et coll., 2004) ou une école en Allemagne (Sustainable Sanitation Alliance, 2010). Ce scénario tente au contraire de répondre à plusieurs aspects de l'assainissement en conservant toutefois une certaine flexibilité.

S'appuyant sur les étapes de l'Assainissement Environnemental Centré sur les Ménages (HCES), le mémoire fait mention du lancement d'un processus de concertation. Pour les besoins de la cause, ce processus a été largement simplifié ici puisqu'il ne représentait pas l'objectif de la recherche. Sa mention aide toutefois à prévenir les professionnels qu'un tel travail sera sans doute nécessaire et qu'ils devront se munir des outils nécessaires à sa réalisation s'ils souhaitent être prêts à cette éventualité. L'HCES ne représente pas la seule alternative possible. Il existe plusieurs autres stratégies d'aménagement pouvant être mieux adaptées à la pratique régulière des professionnels responsables du projet. Une liste de stratégies peut être disponible dans le texte « Open planning of sanitation systems » (Kvarnström et Petersen, 2004). Cependant, l'HCES a été sélectionné pour son approche multidisciplinaire et l'inclusion de l'aspect social poursuivi par son volet participatif. Elle est aussi fortement suggérée par l'AE (Werner et coll., 2003). Les planificateurs devraient, par conséquent, envisager celle qui leur conviendra le mieux afin de faciliter l'implantation d'un tel aménagement. Il existe différents outils pour y parvenir et les professionnels souhaitant poursuivre une telle approche participative devraient les introduire dans leur pratique de l'aménagement. Ces approches aideront à mieux prendre en charge la complexité de ce type d'aménagement ainsi que les éléments qui y interagissent. Les pratiques des membres du foyer ainsi que le contexte particulier dans lequel elles sont réalisées font de chaque projet une situation unique pour laquelle il n'existe pas une seule solution possible. Il en va alors des professionnels de tenter d'y

répondre de la façon la plus adéquate en intégrant ces pratiques domestiques et priorités aux critères d'aménagement.

Les modèles fonctionnels (figures 24 à 26) utilisés dans les étapes préliminaires du scénario sont, quant à eux, des outils de travail développés dans le cadre de cette recherche afin de permettre une représentation graphique rapide de ces solutions. Ces modèles ont toutefois une fonction allant au-delà de la simple présentation de solutions possibles. Par leur configuration, ils peuvent aussi servir d'outil de conception pour les professionnels. Comme expliqué plus tôt dans cette recherche, les différents éléments d'un système d'AE se divisent en termes de système de collecte, de traitement et de disposition ou réutilisation des effluents. À cet ensemble, ont été ajoutés les sources d'affluents soit les fèces, l'urine, les eaux ménagères et autres matières organiques. En utilisant un tel outil de représentation et de conception, il est alors possible de rapidement comprendre le système complexe (Durand, 1979). L'utilisation d'un tel modèle (figure 31) permettra la communication rapide de la structure et des choix envisagés avec les autres parties prenantes et la mise en place des éléments tôt dans le processus. Par la suite, d'autres types de représentations graphiques pourront être utilisés selon la discipline du professionnel tels que plans et coupes dans la deuxième partie de l'étape 6 du scénario d'aménagement type.

Modèle – Modèle fonctionnel de base

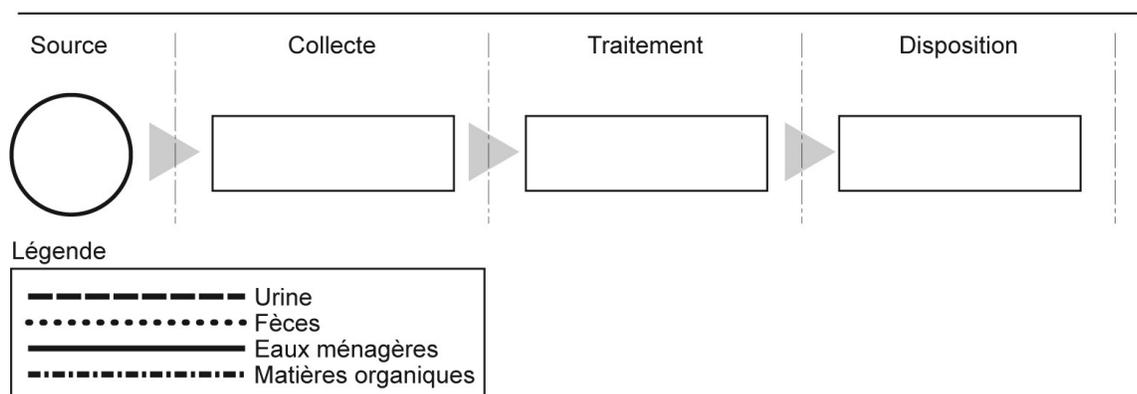


Figure 31 – Modèle fonctionnel de base

Limitations

Cette recherche comporte un certain nombre de limitations. Tout d'abord, il a été vite observé qu'un manque d'informations subsistait sur certains aspects de la recherche. L'un de ces manques d'informations fait appel au rendement de certains systèmes dans le climat nordique. On peut y retrouver, entre autres, les marais filtrants. En effet, il y a actuellement un manque d'informations et de consensus quant à l'efficacité des marais filtrants lors de températures descendant sous le point de congélation. Ces systèmes ouverts, exposés aux conditions climatiques peuvent alors subir une diminution de l'efficacité (Krekeler, 2008 ; Jenkins, 2005 ; Québec, 2001). Toutefois, certains sont d'avis que ces climats n'affectent pas, ou du moins pas assez, l'efficacité de ces traitements pour qu'ils soient mis de côté. Devant ce manque de consensus, il n'était pas possible d'inclure ces traitements dans la présélection.

Un autre aspect, ayant joué un rôle sur la présélection des traitements ainsi que sur le scénario d'aménagement, est le manque d'informations au niveau des risques encourus lors de la réutilisation des matières recyclées telles que l'urine, le compost ou les boues sur les plantations de nature comestible. En effet, certaines recommandations sanitaires ont été émises par l'OMS (2006c) quant aux précautions à prendre pour ce type de réutilisation, mais surtout dans les climats tempérés ou chauds. Peu d'emphase est mise sur les milieux où la température peut aller sous le point de congélation. C'est pourquoi ce type de réutilisation n'est pas considéré dans le scénario.

Les eaux ménagères sont aussi une ressource n'étant pas tout à fait bien élaborée. Les avis sont assez divergents quant à la possibilité de leur réutilisation ainsi que sur la nature des risques qu'une telle réutilisation peut encourir sur la santé des usagers. En outre, puisque chaque foyer possède des habitudes de vie et de consommation propre à leur ménage et à leur culture, la qualité de ces eaux ménagères est spécifique à chaque résidence isolée (Exall, 2004). Ce manque d'informations ainsi que les possibilités de risques sur la

santé des usagers à travers sa réutilisation fait en sorte que cette ressource n'a pu être considérée que pour la recharge des eaux souterraines, suite à un traitement adéquat par percolation. Il existe pourtant plusieurs autres réutilisations possibles. Mais tant qu'il y aura des risques de contamination, celles-ci ne devraient pas être considérées. Une autre forme de réutilisation pouvant être faite des eaux ménagères et qui commence à être assez bien documentée est la réutilisation de cette ressource pour la chasse d'eau des cabinets d'aisance. Cependant, puisque les traitements de collectes considérés n'utilisent pas d'eau, cette réutilisation ne pouvait pas être considérée.

L'acceptation de certains systèmes, au niveau socioculturel, fut aussi source de limitation lors de la recherche. Comme mentionnés précédemment, peu d'exemples de projets sont observables dans le contexte étudié. La plupart des projets sont réalisés à une échelle plus grande afin d'en tirer des informations pour son aménagement à l'échelle de la ville ou du voisinage. Toutefois, dans ces exemples, les usagers ont peu de contacts avec les installations mis à part les systèmes de collecte qui sont, pour la plupart, des systèmes de haute technologie (par exemple une toilette à vacuum) ou utilisant une faible quantité d'eau comme moyen de transport (Sustainable Sanitation Alliance, 2010). De surcroît, dans ce type de construction, il semble plus facile d'utiliser des urinoirs pour la collecte de l'urine dans les salles de bain pour homme, puisque ces installations peuvent remplacer un certain nombre de toilettes nécessaires, tandis que dans une résidence, un urinoir nécessite tout de même l'installation d'une cuvette pour les femmes ou pour la collecte des fèces. L'utilisation d'un urinoir demeure une solution luxueuse malgré qu'elle puisse aider à l'acceptation du système par les hommes (Otterpohl, 2002). Le degré d'acceptation des usagers demeure alors difficile à analyser puisque les données ressortant des recherches précédentes ne sont pas transposables à ce type d'installation dans les résidences isolées. Le nombre d'informations utilisables est, par conséquent, diminué considérablement. De plus, comme mentionné plus tôt, les exemples d'implantation analysés ont été réalisés, dans plusieurs cas, dans des contextes aux conditions plus rudes. Cette situation fait en sorte que l'acceptation socioculturelle de ces types de systèmes peut être plus facile puisqu'ils améliorent grandement les conditions de vie actuelles. Dans le contexte de pays développés

nordiques, ces conditions sont souvent moins problématiques, c'est pourquoi les répercussions de cette implantation seront sans doute moins concrètes et évidentes pour la plupart des individus. Cette acceptation est relativement complexe et il y a encore trop peu de recherches pour permettre l'établissement de conclusions satisfaisantes (Stenekes, 2006). Cet aspect de la recherche est sans doute l'élément ayant été le plus affecté par les limitations et devrait être le point d'intérêt de futures recherches sur le sujet. Des entretiens semi-dirigés à partir de projets pilotes ou simplement à partir de scénarios tels que celui proposé seraient sans doute aptes à faire ressortir des éléments plus près de la réalité à ce sujet (Manzini, 2003). Il y a encore beaucoup de démythification à faire au niveau de la réutilisation des fèces et de l'urine (Burkhard et Craig, 2000 ; OMS, 2006c ; Stintzing et coll., 2007 ; Winblad et coll., 2004).

À travers l'analyse des résultats, on observe aussi que l'aménagement d'un tel système d'assainissement nécessitera un minimum de transformation au niveau des modes de vie des usagers (Burkhard, 2006). La réussite de cette implantation dépendra alors beaucoup du degré d'acceptation du foyer à intégrer ces modifications (Alegre et coll., 2004). C'est pourquoi, les usagers ne devraient pas être écartés du processus et que la clé de la réussite d'un tel projet passera par ces derniers (EAWAG, 2005 ; Exall et coll., 2004 ; Syme et Nancarrow, 1992). Les futures recherches quant à l'aménagement de systèmes d'AE devraient, par conséquent, aller dans cette direction.

Malgré ces limitations, il a toutefois été possible d'arriver à un scénario d'aménagement type d'un système d'AE pour une résidence isolée d'un pays développé nordique en considérant les recommandations de l'AE ainsi que les exigences du contexte étudié. Ce scénario a en effet pris en considération les différentes caractéristiques de chaque système étudié prenant en compte l'ensemble des thèmes d'analyse et les limitations rencontrées. Ces limitations permettent toutefois de voir qu'il y a encore place à de nombreuses recherches au niveau de l'AE et de son installation dans le contexte nordique. Il est toutefois normal de rencontrer encore un manque d'informations puisque cette approche est aujourd'hui en phase d'émergence.

Expositions de nouvelles connaissances intéressantes

Il existe un obstacle majeur à l'implantation d'un tel aménagement dans les pays développés. Il s'agit des cadres législatifs. Puisque l'approche est encore émergente, les règlements en vigueur ne la prennent pas en considération et n'offrent souvent pas ou peu d'opportunités d'implantation (Québec, 2008b ; Werner et coll., 2003 ; Winblad et coll., 2004). Au Québec, par exemple, ce genre de scénario n'est pas possible, car on ne peut réutiliser l'urine ou encore la toilette à compost n'est permise que dans des cas extrêmes (Québec, 2008b, 2009c). D'autres alternatives pourraient être envisagées telles que la réutilisation des boues, mais celle-ci n'est possible qu'à une échelle plus grande que celle du citoyen (Québec, 2008b, 2009c). Ceci n'est qu'un exemple d'une région développée nordique. Chaque pays et chaque région de ces pays ont des cadres particuliers qui doivent être pris en considération. C'est pourquoi il est impératif de les consulter le plus tôt possible dans le processus d'aménagement afin de trouver des stratégies permettant d'améliorer l'AE, tout en s'y conformant.

Finalement, il ne semble pas possible dans ce contexte d'arriver à une réutilisation complète des ressources pour chacun des cycles, soit le cycle de l'eau et le cycle des éléments nutritifs. Au niveau de l'urine et des fèces, il semble y avoir de nombreuses opportunités de réutilisation dans la littérature (OMS, 2006c ; Werner et coll., 2009 ; Winblad et coll., 2004). Toutefois, dans les faits, lorsqu'il est question de sa réutilisation dans les résidences isolées des pays nordiques, ces possibilités sont nettement réduites. Une gestion domestique de cet effluent peut être illégale d'un point de vue législatif comme c'est le cas pour le Québec (Québec, 2008c). De plus, sa réutilisation dans l'agriculture est fortement diminuée par la présence de risques au niveau de la santé, lorsqu'utilisée sur des plantations comestibles (OMS, 2006c). Il reste l'option de les utiliser sur des plantations non comestibles telles que les plates-bandes (scénario étape 6) ou sur des plantations servant à d'autres fins qu'à l'alimentation telle que le coton (OMS, 2006c). Ces activités sont encouragées par la littérature sur l'AE d'où son intégration dans le scénario. Toutefois, lorsqu'on analyse cette philosophie, ce type d'activité ne contribue pas à assurer la sécurité

alimentaire qu'elle met de l'avant pour répondre aux OMD. Ces végétaux ne sont pas utilisés comme source de nourriture alors ne s'accorde pas tout à fait à cette volonté de répondre aux OMD. D'un autre côté, la vente des produits dérivés tels que le coton peut représenter une opportunité de revenus pouvant aider à acheter de la nourriture, mais ce bénéfice est obtenu à l'aide d'une activité dérivée et non de l'AE à proprement dit. Dans un cas comme dans l'autre, il n'y a pas vraiment la présence d'un cercle fermé, puisque les éléments nutritifs sont introduits dans le domicile, consommés, retourné vers la nature puis s'arrête à ce point (figure 32). Il s'agit d'un cycle interrompu plutôt que du cycle continu tant mis de l'avant par l'AE.

Modèle – Approche révisée des cycles de l'eau et des éléments nutritifs

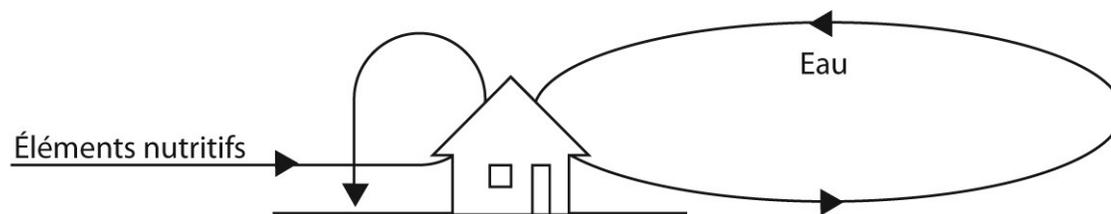


Figure 32 – Approche révisée des cycles de l'eau et des éléments nutritifs

Il semble y avoir, cependant, une diminution des répercussions négatives sur l'environnement puisque les éléments nutritifs ne sont plus rejetés dans un milieu récepteur où ils auront des impacts néfastes, par exemple l'eutrophisation des lacs, lorsque rejetés dans les eaux de surfaces. Pour cette raison, l'approche de l'AE semble réellement contribuer à l'amélioration des traitements d'assainissement de façon écologique. Toutefois, s'appuyant sur les recommandations de l'AE et son application dans les pays nordiques, il y a place à une remise en questionnement de l'apport à la sécurité alimentaire et à l'intégration du système à l'écosystème local puisque le dernier exemple (figure 32) démontre plutôt une stratégie d'accumulation des éléments nutritifs en un lieu que de leur réintégration à l'écosystème. Il serait alors possible de reconsidérer cette stratégie comme étant une amélioration écologique ou une simple réduction des impacts néfastes sur les milieux récepteurs aquatiques et souterrains.

Pour que cette fermeture sur le cycle puisse être effectuée au niveau du domicile, il ne sera pas seulement nécessaire d'adopter des techniques et technologies d'assainissement permettant la réutilisation des effluents, mais bien des cadres législatifs permettant la réutilisation au niveau de l'agriculture à l'échelle domestique. Pour ce faire, des avancements au niveau des connaissances sur les risques d'une telle réutilisation, et sur des méthodes de surveillance sûres pouvant être effectuées sans risque par le citoyen ou le propriétaire sont encore nécessaires. La réglementation, du moins au Québec, ne permettant pas la valorisation de telles matières résiduelles à l'échelle du foyer semble le confirmer. C'est pourquoi il serait sans doute plus adéquat, à court terme, d'adopter une gestion à l'échelle du voisinage ou d'un secteur afin d'assurer un contrôle sur la qualité des effluents réutilisés.

En résumé, si le seul objectif du projet était de réduire l'impact de l'assainissement des eaux usées et d'assurer le retour des éléments de façon écologique dans la nature, le scénario basé sur l'AE constitue alors un exemple type d'un tel aménagement. Il comporte toutefois encore des limites telles qu'expliquées précédemment. Maintenant, si l'objectif était de boucler le cycle de l'eau et des éléments nutritifs, tel que le prône l'AE, l'atteinte de cet objectif ne semble pas encore possible aujourd'hui dans ce contexte.

Conclusion

Cette recherche a été produite afin d'offrir aux professionnels de l'aménagement (architectes, architectes du paysage, designers et ingénieurs) une vision plus globale de l'approche émergente qu'est l'Assainissement Écologique (AE). Bien que certains organismes aient traité en partie du sujet, par exemple l'EcoSanRes ou le GTZ (Drangert, 2004; Winblad et coll., 2004), il n'y a pas eu de travail de recherche fait spécifiquement sur l'aménagement de celui-ci dans les résidences isolées des pays nordiques. En réponse à ce manque d'information, cette recherche a tenté de rassembler en un ouvrage vulgarisé un compte rendu de l'approche, sa philosophie et ses composantes, ainsi qu'une étude sur son intégration dans ce contexte peu étudié à travers des textes et représentations graphiques; ce qui en fait une recherche originale. En outre, elle a été réalisée en raison de la situation problématique qui entoure actuellement la consommation des ressources naturelles (eau et éléments nutritifs) à l'échelle du foyer et la gestion des déchets liés à leur utilisation domestique.

L'assainissement des eaux usées, tel qu'expliqué dans la *mise en contexte*, ne touche pas seulement les sources d'eau potable, mais requiert également une gestion plus globale et intégrée des éléments nutritifs, tels que l'azote et le phosphore qui s'ajoutent aux effluents par le biais des déchets humains (fèces et urine). Ces éléments nutritifs sont essentiels à la revitalisation ou l'enrichissement des sols. La gestion actuelle des eaux usées par les systèmes conventionnels considère les effluents, eaux ménagères et autres matières organiques sortant du foyer, comme étant des déchets qu'il faut disposer, plutôt que comme des ressources. Ce type de gestion entraîne alors une perte de ressources sans compter la pollution des milieux récepteurs, que ce soit à cause d'un assainissement non efficace ou des systèmes parfois défectueux.

Pour pallier cette situation, plusieurs alternatives ont été développées. L'une d'entre elles se démarque par sa volonté de gestion plus globale des cycles des éléments nutritifs

par leur réutilisation dans l'agriculture et de l'eau à travers la recharge des sources d'eau de bonne qualité : l'AE.

Cette approche demeure aujourd'hui, cependant, peu utilisée et peu documentée au niveau de certains contextes. En effet, cette approche voulant répondre surtout à la demande en eau potable et en nourriture des pays défavorisés en lien avec les Objectifs du Millénaire pour le Développement (ONU, 2011), la plupart des projets s'y rapportant ont été réalisés presque exclusivement dans des pays en développement des régions du Sud. Quelques projets sont malgré tout observables dans des pays nordiques tels que la Suède et l'Allemagne (Sustainable Sanitation Alliance, 2010), mais ils sont souvent réalisés à l'échelle du voisinage ou dans des édifices d'envergure. On retrouve peu de données quant à son implantation dans les résidences isolées. Une recherche à ce niveau s'imposait donc.

Le contexte des pays développés nordiques entraîne une forte diminution des options disponibles. Cela réduit, par le fait même, le nombre de combinaisons différentes pouvant répondre aux besoins du foyer. C'est pourquoi il serait nécessaire de continuer à pousser les recherches au niveau du rendement de certains systèmes alternatifs dans les climats nordiques, par exemple les marais filtrants qui s'adapteraient bien à la philosophie de l'AE. De plus, le climat pose aussi problème lorsqu'il est question de la réutilisation des effluents. L'OMS (2006c) concentre surtout ses recommandations au niveau des climats plus tempérés et il y a donc encore des incertitudes au niveau de la réutilisation des effluents vers les plantes comestibles de la région étudiée, ce qui diminue les opportunités de retour des éléments vers leur cycle respectif (le cycle des éléments nutritifs et le cycle de l'eau) (figure 4). Pour ajuster cette situation, de plus amples recherches devraient être réalisées par exemple à l'aide de projets pilotes dans le contexte nordique.

Malgré les contraintes que peut entraîner le climat, il n'en demeure pas moins qu'il est possible d'arriver à un aménagement d'assainissement basé sur l'approche de l'AE dans un climat nordique afin de répondre aux besoins d'une résidence isolée d'un pays développé. Bien entendu, ce scénario procure des données générales; des études plus

approfondies par les différents professionnels de l'aménagement sont nécessaires avant d'aboutir à un système adapté à un projet précis.

Cette solution ne représente toutefois pas la seule option possible. La combinaison présentée provient d'une analyse visant la diminution des impacts négatifs sur le plus de thèmes d'analyse possible. La collaboration entre les professionnels et les futurs usagers, telle que démontrée dans le **scénario d'aménagement type**, permettra cependant de concevoir un système sur mesure pouvant utiliser, au besoin, des traitements de haute technologie ou esthétiquement plus acceptables selon les critères considérés prioritaires par le foyer (EAWAG, 2005). Ces critères seront essentiels puisqu'ils aideront à considérer l'acceptation socioculturelle de certains systèmes sélectionnés par les usagers, élément clé de la réussite d'un tel aménagement. Ce type d'approche demande un changement pouvant être considérable au niveau des habitudes de vie (Burkhard, 2006). Cette acceptation est un aspect encore peu documenté de ce type de système. L'utilisation d'une série de scénarios similaires à celui présenté dans ce mémoire pourrait être réalisée afin de les mettre à l'épreuve ou de les présenter à des usagers potentiels (Manzini, 2005). Cette dernière stratégie permettrait d'étudier, de première main, l'acceptation de ce type de système auprès des individus concernés. En connaissant mieux les conditions de cette acceptation, les professionnels seront plus aptes d'y répondre et donc d'améliorer la mise en pratique de l'approche lors de la planification de son aménagement en collaboration avec le client. En outre, l'utilisation de scénarios d'aménagement type comme outil de transmission avec le futur usager pourrait permettre la sensibilisation de celui-ci à cette approche plus écologique.

Les cadres législatifs des pays développés peuvent aussi être un obstacle à la réalisation d'un tel aménagement. Un nouveau cadre, considérant plus sérieusement cette approche, serait essentiel à son implantation dans les pays industrialisés nordiques (Panesar et Werner, 2006). La transmission des connaissances sur le sujet pourrait aider à démystifier cette approche et aider, par une collaboration entre les professionnels et les instances législatives, à l'élaboration de nouveaux cadres plus flexibles.

Un questionnement, émergent de l'analyse des résultats, demeure au sujet de la philosophie de l'AE. Selon celle-ci, les éléments nutritifs contenus dans les effluents doivent être redirigés vers l'agriculture afin de boucler le cycle des éléments nutritifs et contribuer à la sécurité alimentaire. Cependant, les réutilisations possibles et mises de l'avant par l'AE ne retournent pas nécessairement ceux-ci vers des plantations comestibles (ex. biogaz, coton, irrigation sur plantations non comestibles). Il semble y avoir alors plutôt une transformation des éléments nutritifs (biogaz) ou l'accumulation de ceux-ci en un endroit ne servant pas alors à boucler le cycle des éléments nutritifs, mais bien à l'interrompre. Pour assurer une réutilisation cyclique des éléments nutritifs, l'AE devrait alors peut-être renforcer ses recommandations à l'égard de celle-ci ou revoir les objectifs qu'il tente d'atteindre.

Finalement, en portant un regard sur l'ensemble des résultats et sur les possibilités d'aménagements qu'offre le contexte étudié, il a été observé qu'une telle approche semble diminuer les impacts négatifs sur l'environnement. En suivant les recommandations émergentes de la littérature tout en adoptant une approche participative, il semble possible d'améliorer de façon écologique l'assainissement des eaux usées domestiques des résidences isolées de pays développés nordiques. La transmission de ces connaissances aux professionnels de l'aménagement leur permettra de mieux connaître cette approche et de possiblement intégrer cette philosophie à leur pratique ou d'entamer des discussions sur le sujet avec d'autres professionnels.

Quoi qu'il en soit, il semble rester encore une quantité considérable de recherches à produire avant qu'un changement de paradigme au niveau de l'assainissement des eaux usées domestiques ne se produise (Panesar et Werner, 2006). Cette recherche n'est qu'un des premiers pas dans cette direction et pourra inciter d'autres chercheurs à poursuivre cette voie encore méconnue.

Bibliographie

- Alegre, N. (2004). Strategic options for sustainable water management at new developments: The application of a simulation model to explore potential water savings. *Water Science & Technology* 50(2): pp. 9-15.
- Asano, T. (2002). Water from (waste) water - the dependable water resource. *Water science and technology* 45(8) : pp. 23-33.
- Barlow, M. (2009). *Vers un pacte de l'eau*, Montréal (Québec): Les éditions Écosociété Montréal, 245 p.
- Bdour, A. N., Hamdi, M. R. et Tarawneh, Z. (2009). Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination* 237(2009): pp. 162-174.
- Beaud, M. (2006). *L'art de la thèse*. Édition révisée, Paris, France: La découverte, 202 p.
- Benetto, E., Nguyen, D., Lohmann, T., Schmitt, B. et Schosseler, P. (2009). Life cycle assessment of ecological sanitation system for small-scale wastewater treatment. *Science of The Total Environment* 407(5): pp. 1506-1516.
- Brix, H. et Arias, C. A. (2005). The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. *Ecological Engineering* 25(5): pp. 491-500.
- Brunel, S. (2009). *Le développement durable*, Paris (France): Presses universitaires de France, 127 p.
- Burkhard, D. (2006). Étude des systèmes décentralisés d'assainissement - Critères caractérisant les toilettes écologiques, Strasbourg, Ministère de l'écologie et du développement durable, direction de l'eau: 31 p.
- Burkhard, R. et Craig, A. (2000). Ecological water and wastewater management for new housing - technical, economic and social considerations. Aberdeen, The Robert Gordon University. Master: 80 p.
- Burkhard, R., Deletic, A. et Craig, A. (2000). Techniques for water and wastewater management: a review of techniques and their integration in planning. *Urban Water* 2(3): pp. 197-221.
- Canada (2004). *Menace pour la disponibilité de l'eau au Canada*. Burlington, Ontario, Canada, Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux - service météorologique du Canada. 148 p.
- Canada (2007). L'utilisation judicieuse de l'eau, Environnement Canada: récupéré le 31 juillet, 2011, de <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=F25C70EC-1&printversion=true>

- Canada (2010). Rapport 2010 sur l'utilisation de l'eau par les municipalités, Gatineau, Québec, Canada, Environnement Canada: 24 p.
- Carty, A., Scholz, M., Heal, K., Gouriveau, F. et Mustafa, A. (2008). The universal design, operation and maintenance guidelines for farm constructed wetlands (FCW) in temperate climates. *Bioresource technology* 99(15): pp. 6780-6792.
- Chambers, P., Guy, M., Roberts, E., Charlton, M. N., Kent, R., Gagnon, C., et coll. (2001). Élément nutritifs - azote et phosphore. *Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada*. Burlington, Ontario, Canada, Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux. pp. 25-28.
- Clivusmultrum Incorporated (2011). Site officiel de la compagnie Clivusmultrum Incorporated dernier accès le 31 juillet, 2011 à l'adresse : <http://www.clivusmultrum.com/>
- Coleman, J. (2001). Treatment of Domestic Wastewater by Three Plant Species in Constructed Wetlands. *Water, air, and soil pollution* 128(3-4): pp. 283-295.
- Cooper, P. (2007). The Constructed Wetland Association UK database of constructed wetland systems. *Water Science & Technology* 56(3): pp. 1-6.
- Creswell, J. W. (2003). *Research Design : Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. Londres : Sages Publications.
- Cross, A., Kaplan, D. et Baker, K. (2006). Removal of microorganisms from domestic greywater using a recycling vertical flow constructed wetland (RVFCW). pp. 6133-6141.
- Del Porto, D. et Steinfeld, C. (2000). *The composting toilet system book*. Concord, Massachusetts, États-Unis: The center for ecological pollution prevention, 235 p.
- Deslauriers, J.-P. et Kérisit, M. (1997). « Le devis de recherche qualitative », *La recherche qualitative : Enjeux épistémologiques et méthodologiques*, Poupar, J., Deslauriers, J.P., Groulx, L.-H. et coll. (eds.), Boucherville : Gaëtan Morin, pp. 86-109.
- Diaper, C., Dixon, A., Butler, D., Fewkes, A., Parsons, S., Strasthern, M., et coll. (2001). Small scale water recycling systems - risk assessment and modelling. *Water science and technology* 43(10): pp. 83-90.
- Dixon, A., Butler, D. et Fewkes, A. (1999a). Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. *Water Science & Technology* 39(5): pp. 25-32.
- Dixon, A. M., Butler, D. et Fewkes, A. (1999b). Guidelines for greywater re-use: Health issues. *Water and Environment Journal* 13(5): pp. 322.
- Drangert, J.-O. (2004). Norms and attitudes towards ecosan and other sanitation systems, Stockholm, Suède, Stockholm environment institute: 32 p.

- Durand, D. (1979). *La systémique*. 6e édition, Paris, France: Presses universitaires de France, 126 p.
- EAWAG (2000). Summary report of Bellagio Statement expert consultation on environmental sanitation in the 21st century, Swiss federal institute for environmental science and technology: 18 p. récupéré le 31 juillet, 2011, de http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/sesp/dl/Report_WS_Bellagio.pdf
- EAWAG (2005). Assainissement environnemental centré sur les ménages - Mise en pratique des principes de Bellagio dans l'Assainissement environnemental urbain, Eawag: L'institut de recherche de l'eau du Domaine des EPF: 52 p.
- Ecovita (2011). Site officiel de la compagnie Ecovita, dernier accès le 31 juillet, 2011 à l'adresse : www.ecovita.net
- Engel-Yan, J., Kennedy, C., Saiz, S. et Pressnail, K. (2005). Toward sustainable neighbourhoods: the need to consider infrastructure interactions. *Canadian Journal of Civil Engineering* 32(1): pp. 45-57.
- Exall, K. (2004). A review of water reuse and recycling, with reference to Canadian practice and potential: 2. Applications. *Water quality research journal of Canada* 39(1): pp. 13-28.
- Exall, K., Marsalek, J. et Schaefer, K. (2004). A review of water reuse and recycling, with reference to Canadian practice and potential: 1 Incentives and implementation. *Water quality research journal of Canada* 39(1): pp. 1-12.
- Geary, P. (1998). Domestic wastewater - Treatment and re-use, The Royal Australian institute of architects. 24 : pp. 1-8.
- Grand dictionnaire terminologique (2011). Dictionnaire en ligne de l'office québécoise de la langue française, dernier accès le 31 juillet, 2011 à l'adresse : http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motelef/index800_1.asp
- Gross, A., Kaplan, D. et Baker, K. (2006). *Removal of microorganisms from domestic greywater using a recycling vertical flow constructed wetland (RVFCW)*. Dans W. E. Federation, *Water Environment Federation, WEFTEC 2006* 9. pp. 6133-6141.
- Gross, A. (2008). Small scale recirculating vertical flow constructed wetland (RVFCW) for the treatment and reuse of wastewater. *Water science and technology* 58(2): pp. 487-494.
- GTZ (2003). *10 recommandations for action from the Lübeck symposium on ecological sanitation*. Dans *Lübeck symposium on ecological sanitation*: Lübeck: International Water Association. 2 p.
- Hoffmann, B., Nielsen, S. B., Elle, M., Gabriel, S., Eilersen, A. M., Henze, M., et coll. (2000). Assessing the sustainability of small wastewater systems A context-oriented planning approach. *Environmental Impact Assessment Review* 20(2000): pp. 347-357.

- Jefferson, B., Laine, A., Parsons, S., Stephenson, T. et Judd, S. (2000). Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water* 1(4): pp. 285-292.
- Jenkins, J. (2005). *The humanure handbook - a guide to composting human manure*. 3e édition, Grove City, PA, États-Unis: Chelsea Green publishing, 255 p.
- Jönsson, H. (2003). *The role of ecosan in achieving sustainable nutrient cycles*. Dans *2nd international symposium on ecological sanitation*: Kyoto: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. pp. 35-40.
- Karpiscak, M. M., Foster, K. E. et Schmidt, N. (1990). Residential water conservation: Casa del agua. *Journal of the American Water Resources Association* 26(6): pp. 939-948.
- Krekeler, T. (2008). Decentralised sanitation and wastewater treatment, Hannover, Germany, Federal institute for geosciences and natural resources: 65 p.
- Krkosek, W., Trudeau, M., Ellison, T. D., Sassos, T. D., Linton, B., Soroczan, C., et coll. (2006). *Creating the winning conditions for technological innovation in municipal water and wastewater infrastructure: A policy discussion*. Dans G. d. Canada(Éd.) *Freshwater for the future - policies for sustainable water management in Canada*: Gatineau, Québec. pp. 133-144.
- Kvarnström, E. et Petersens, E. A. (2004). Open planning of sanitation systems, Stockholm, Sweden, Stockholm environment institute: 26 p.
- Lamoureux, C. (2007). Design écologique pour le traitement des eaux usées dans les petites collectivités nordique et isolées : le cas d'une communauté crie de la région de la Baie James. *M. Sc. A. en Aménagement*, Université de Montréal. Maîtrise.
- Langergraber, G. et Muellegger, E. (2005). Ecological Sanitation - a way to solve global sanitation problems? *Environment International* 31(3): pp. 433-444.
- Lapalme, R., De Sève, M., Rousseau, M., Lefebvre, D., Prince, M., Nault, J., et coll. (2008). *Algues bleues - Des solutions pratiques*, Boucherville, Québec, Canada: Bertrand Dumont éditeur inc., 255 p.
- Létourneau, J. (2006). *Le coffre à outils du chercheur débutant - guide d'initiation au travail intellectuel*. Édition révisée, Montréal, Québec, Canada: Les éditions du Boréal, 259 p.
- Lienert, J., Monstadt, J. et Truffer, B. (2005). Future Scenarios for a Sustainable Water Sector: A Case Study from Switzerland. *Environmental Science & Technology* 40(2): pp. 436-442.
- Manzini, E. (2001). Sustainability and scenario building. Scenarios of sustainable wellbeing and sustainable solutions development. *Second International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing* Indaco, Politecnico di Milano: 10 p.

- Manzini, E. (2002). Context-based wellbeing and the concept of regenerative solution A conceptual framework for scenario building and sustainable solutions development *The journal of sustainable product design* 2(3-4): pp. 141-148.
- Manzini, E. (2003) Scenarios of Sustainable Wellbeing. *Design Philosophy Papers* 1(2003), récupéré le 16 octobre 2009, de http://www.desphilosophy.com/dpp/dpp_journal/back_issues/paper1_Manz/body.html
- Manzini, E. (2005) Interviewed on Scenarios for Sustainability. *Design Philosophy Papers* 1(2005), récupéré le 16 octobre, 2009, de http://www.desphilosophy.com/dpp/dpp_journal/back_issues/paper1_InterviewEzio/body.html
- Manzini, E. et Vezzoli, C. (2008). *Design for sustainability. How to design sustainable solutions*, Milan: Springer, 303 p.
- Mara, D., Drangert, J.-O., Viet Anh, N., Tonderski, A., Tonderski, K. et Gulyas, H. (2007). Selection of sustainable sanitation arrangements. *Water Policy* 9(4): pp. 305-318.
- Masi, F. (2009). Water reuse and resources recovery: the role of constructed wetlands in the Ecosan approach. *Desalination* 246(2009): pp. 27-34.
- Massoud, M. A., Tarhini, A. et Nasr, J. A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management* 90(1): pp. 652-659.
- Maxwell, J. A. (2000). « La validité; Comment pourriez-vous avoir tort? », *La modélisation de la recherche qualitative*, Suisse; Éditions Universitaires Fribourg, pp. 157-177.
- Metcalf et Eddy (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4th edition, New York, NY, États-Unis: McGraw Hill, 1819 p.
- Morris, T., Brandson, N., Brandes, O. M. et Bruce, J. (2006). *Towards a new approach to water management in Canada*. Dans G. d. Canada(Éd.) *Freshwater for the future - policies for sustainable water management in Canada*: Gatineau, Québec. pp. 180-187.
- Mühleck, R., Grangler, A. et Jekel, M. (2003). *Ecological assessment of ecosan concepts and conventional wastewater systems*. Dans *2nd international symposium on ecological sanitation*: Kyoto: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. pp. 733-740.
- Muga, H. E. et Mihelcic, J. R. (2008). Sustainability of wastewater treatment technologies. *Journal of Environmental Management* 88(3): pp. 437-447.
- Münch, E. V., Schöpe, A. et Rüd, S. B. (2009). *Ecosan - recycling oriented wastewater management and sanitation systems*. récupéré le 30 juillet, 2011, de <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-topicsheet-2009.pdf>

- Nair, J. (2008). Wastewater garden-a system to treat wastewater with environmental benefits to community. *Water science and technology* 58(2): pp. 413-418.
- Nasr, F. (2009). Treatment of domestic wastewater using an anaerobic baffled reactor followed by a duckweed pond for agricultural purposes. *Environmentalist* 29(3): pp. 270-279.
- Nawab, B., Nyborg, I. L. P., Esser, K. B. et Jenssen, P. D. (2006). Cultural preferences in designing ecological sanitation systems in North West Frontier Province, Pakistan. *Journal of Environmental Psychology* 26(3): pp. 236-246.
- OMS (2006a). Policy and regulatory aspects. *WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. France, World Health Organization. vol. 1: 100 p.
- OMS (2006b). Wastewater use in agriculture. *WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. France, World Health Organization. vol. 2: 196 p.
- OMS (2006c). Excreta and greywater use in agriculture. *WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. France, World Health Organization. vol. 4: 192 p.
- ONU (2011). Portail du système de l'ONU sur les objectifs du millénaire pour le développement, dernier accès le 31 juillet, 2011 à l'adresse : <http://www.un.org/fr/millenniumgoals/>
- Otterpohl, R. (2002). Options for alternative types of sewerage and treatment systems directed to improvement of the overall performance. *Water Science and Technology* 45(3): pp. 149-158.
- Palme, U., Lundin, M., Tillman, A.-M. et Molander, S. (2005). Sustainable development indicators for wastewater systems - researchers and indicator users in a co-operative case study. *Resources, Conservation and Recycling* 43(3): pp. 293-311.
- Pahl-Wostl, C. (2005). Information, public empowerment, and the management of urban watersheds. *Environmental Modelling & Software* 20(4): pp. 457-467.
- Panebianco, S. et Pahl-Wostl, C. (2006). Modelling socio-technical transformations in wastewater treatment--A methodological proposal. *Technovation* 26(9): pp. 1090-1100.
- Panesar, A. et Werner, C. (2006). *Overview of the global development of ecosan*. Dans *DWA-BMZ-GTZ ecosan symposium - new sanitation concepts - international project experiences and dissemination strategies* (2006), Exchoborn, Allemagne; Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, pp. 1-16.
- Park, C. (2008). Oxford dictionary of Environment and Conservation. *Oxford Paperback Reference*. Oxford, Oxford University press: 522 p.

- Parkinson, J. et Tayler, K. (2003). Decentralized wastewater management in peri-urban areas in low-income countries. *Environment & Urbanization*, 15(1): pp. 75-90.
- Prystajecy, N., Shchreier, H., Brooks, D., Kay, P., Pleasance, G., Stephens, K., et coll. (2006). *Alternatives to water supply and water demand management*. Dans *Freshwater for the future - policies for sustainable water management in Canada*, Gouvernement du Canada: Gatineau, Québec. pp. 145-156.
- Québec (2001). *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique*. Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs, Ministère de l'environnement.
- Québec (2002). *Politique nationale de l'eau : L'eau. La vie. L'avenir*. (MDDEP) Ministère du développement durable environnement et parcs, récupéré le 15 décembre, 2009, de <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/politique/>
- Québec (2008a) Règlement sur les matières dangereuses. Édition juin 2008. Lois et règlements du Québec. Les publications du Québec. Q-2, r.15.2: 33 p.
- Québec (2008b) Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées. Édition août 2008. Lois et règlements du Québec. Les publications du Québec. Q-2, r.8.: 30 p.
- Québec (2008c). *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes*. Édition 2008. Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec (MDDEP). 157 p.
- Québec (2009a) Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles. Édition mars 2009. Lois et règlements du Québec. Les publications du Québec. Q-2, r.6.02: 38 p.
- Québec (2009b) Loi sur la qualité de l'environnement. Édition juin 2009. Lois et règlements du Québec. Les publications du Québec. L.R.Q., c. Q-2: 129 p.
- Québec (2009c). *Guide technique - Traitement des eaux des résidences isolées*. Service des eaux municipales de la Direction des politiques de l'eau, Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec (MDDEP).
- Québec (2009d). *Le Québec - chiffres en main*. Québec, Québec, Canada, Institut de la statistique du Québec. (ISQ), Institut de la statistique du Québec. 59 p.
- Reed, S. C. (1991). Constructed wetlands for wastewater treatment. *BioCycle* 32(1): pp. 44-46.
- Réseau Environnement (2009). *Programme d'économie d'eau potable*. récupéré le 15 décembre, 2009, de <http://reseau-environnement.com/peep/>
- Riker, L. (2002). The Living Machine at Darrow School. *Green Teacher*(68): pp. 12-15.

- Rosemarin, A. (2003). *Putting ecosan on the global agenda - results from the 3rd World Water Forum*. Dans *2nd international symposium on ecological sanitation*, 2003: Kyoto: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. pp. 45-49.
- Salgot, M. (2008). Water reclamation, recycling and reuse: implementation issues. *Desalination* 218(2008): pp. 190-197.
- Santé Canada. (2010). *Recommandations canadiennes sur les eaux domestiques recyclées destinées à alimenter les chasses d'eau des toilettes et des urinoirs*. récupéré le 25 janvier, 2010, de http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/consult/_2007/reclaim-recycle/append-d-annexe-draft-ebauche-fra.php
- Schröder, P., Navarro-Avinno, J., Azaizeh, H., Goldhirsh, A. G., DiGregorio, S., Komives, T., et coll. (2007). Using phytoremediation technologies to upgrade waste water treatment in Europe. *Environmental science and pollution research international* 14(7) : 490.
- Servos, M., Chambers, P., Macdonald, R. et Van Der Kraak, G. (2001). Effluents des installations de traitement des eaux usées municipales. *Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada*. INRE, Institut national de recherche sur les eaux — Environnement Canada : pp. 41-45.
- Sklarz, M. Y., Gross, A., Yakirevich, A. et Soares, M. I. M. (2009). A recirculation vertical flow constructed wetland for the treatment of domestic wastewater. *Desalination* 246(2009): pp. 617-624.
- Smerdon, T., Wagget, R. et Grey, R. (1997). *Sustainable housing - options for independent energy, water supply and sewerage*: BSRIA limited
- Solano, M. L., Soriano, P. et Ciria, M. P. (2004). Constructed Wetlands as a Sustainable Solution for Wastewater Treatment in Small Villages. *Biosystems Engineering* 87(1): pp. 109-118.
- Stenekes, N. (2006). Risk and governance in water recycling: Public acceptance revisited. *Science, technology & human values* 31(2): pp. 107-134.
- Stintzing, A. R., Jönsson, H., Shönning, C., Hinkkanen, K., Kvarnström, E., Ganrot, Z., et coll. (2007). *Using diverting toilets in climate with cold winters*. The Netherlands, Allemagne: Women in Europe for a commun future, 41 p.
- Surendran, S. (1998). Grey-water reclamation for non-potable re-use. *Water and Environment Journal* 12(6): pp. 406.
- Sustainable Sanitation Alliance. (2010). *Compilation of 31 case studies on sustainable sanitation projects*. Eschborn, Allemagne: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
- Susuki, D. et Boyd, D. R. (2008). *Suzuki : Le guide vert*. Boréal, Louiseville (Québec): Les éditions du Boréal, 218 p.

- Susuki, D. (2007). *The sacred balance - rediscovering our place in nature*, Vancouver, Colombie Britannique, Canada: Greystone books, 359 p.
- Syme, G. J. et Nancarrow, B. E. (1992). Predicting public involvement in urban water management and planning. *Environment and behavior* 24(6): pp. 738-758.
- Toze, S. (2006). Reuse of effluent water--benefits and risks. *Agricultural Water Management* 80(1-3): pp. 147-159.
- Van Der Maren, J.-M. (1995). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Montréal : Les Presses de l'Université de Montréal, pp. 80-84.
- Van Der Ryn, S. et Cowan, S. (2007). *Ecological design*. Washington, DC : Island Press, 238 p.
- Vymazal, J. (2005). Constructed wetlands for wastewater treatment. *Ecological Engineering* 25(5): pp. 475-477.
- Werner, C., Panesar, A., Bracken, P., Mang, H. P., Gerold, A. M., Demsat, S., et coll. (2003). *An ecosan source book for the preparation and implementation of ecological sanitation projects*. 2nd draft: GTZ, 87 p.
- Werner, C., Panesar, A., Rüd, S. B. et Olt, C. U. (2009). Ecological sanitation: Principles, technologies and project examples for sustainable wastewater and excreta management. *Desalination* 248(2009): pp. 392-401.
- Willis, A.-M. (2005) Scenarios, Futures and Design. *Design Philosophy Papers* 1(2005), récupéré le, de http://www.desphilosophy.com/dpp/dpp_journal/back_issues/paper2_WillisScenarios/body.html
- Wilson, A. (2008). Toward wiser water strategies: to lessen the burden on increasingly constrained fresh-water supplies, designers and building owners turn to alternative sources. *Green source*, 3(3): 108-114 p.
- Winblad, U., Simpson-Hébert, M., Calvert, P., Morgan, P., Rosemarin, A., Sawyer, R., et coll. (2004). *Ecological sanitation*. Stockholm : Stockholm Environment Institute, 151 p.
- Zhang, X.-b., Liu, P., Yang, Y.-s. et Chen, W.-r. (2007). Phytoremediation of urban wastewater by model wetlands with ornamental hydrophytes. *Journal of Environmental Sciences* 19(8): pp. 902-909.
- Zurita, F., De Anda, J. et Belmont, M. A. (2009). Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. *Ecological Engineering* 35(5): pp. 861-869.

Annexe 1 : 10 Recommendations for Action from the Luebeck Symposium on ecological sanitation, April 2003 (GTZ, 2003)

1. Promote ecosan-systems as preferred solutions in rural and peri-urban areas

A variety of ecosan solutions, ranging from low to high-tech, exist for rural and low-density urban areas. These should now be implemented on a large scale, in accordance with local physical, cultural and socioeconomic conditions. Technologies based on ecosan principles should be vigorously promoted for all new construction of buildings and for the refurbishment of older structures wherever feasible. Additionally, existing on-site sanitation facilities that pose a significant health risk should be upgraded in accordance with ecosan principles.

2. Accelerate large-scale applications of ecosan principles in urban areas

Urban areas with their rapidly growing populations are in greatest need of sustainable sanitation. Although initial experiences with ecosan systems are available from urban areas, further research and development is urgently required. Further ecosan pilot-projects should be carried out in order to develop a variety of technological, organisational and economically viable solutions for densely populated urban areas and to obtain results concerning the costs and performances of different systems in both industrialised and developing nations. The conversion of existing conventional systems towards ecosan should, wherever possible, be immediately started, adopting if necessary a step-wise approach.

3. Promote agricultural use

Ecosan systems are not complete until the fertiliser products are reused. The promotion of agricultural reuse must therefore be a key element of every ecosan project. Reuse options for ecosan fertilisers need urgent field testing at medium and large scale, and appropriate pretreatment, distribution, marketing strategies and guidelines for safe handling and use for different local conditions must be

developed. Particular care has to be taken to ensure that the pathogen cycle is broken.

4. Raise awareness and create demand

To be willing to make a change, politicians, local and regional authorities and the public need to know that the current system can cause many problems and that the application of ecosan principles can solve several of them. Advocacy and lobbying is therefore essential. There is also an urgent need to showcase ecosan systems at a municipal or large neighbourhood level in order to convince decision makers (“seeing is believing”).

5. Ensure participation of all stakeholders in the planning, design, implementation and monitoring processes

Planning with a household or neighbourhood-centred approach should be adopted as it places the user at the core of the planning process. The Household Centered Environmental Sanitation Approach (HCES, as developed by the WSSCC) responds to the knowledge, needs and demands of the users. This approach attempts to avoid the problems resulting from either “top-down” or “bottom-up” approaches, by employing both within an integrated framework. Gender issues must be given particular consideration in all processes.

6. Provide for decisions on an informed basis

People should be involved in assessing a range of ecosan options addressing their needs, thus placing, as far as possible, the decision for the type of system they wish to use directly in their hands. In ecosan projects, all stakeholders must be comprehensively informed about the closed-loop ecosan philosophy, the use of the sanitary facilities, and the safe treatment and application of the recyclates with respect to hygiene and the environment. Study and documentation of the health risks posed by the different sanitary concepts, and the necessary means to overcome these, is required.

7. Promote education and training for ecosan

Ecosan is multidisciplinary and should be integrated in the teaching curricula of universities, schools and vocational training centres. The engineers, architects, farmers, developers, constructors, consultants, municipal planners, economists and authorities concerned should know about the concept, the wide range of existing technical and organisational ecosan solutions and the hygienically safe treatment and reuse of the recyclates. Ecosan principles should be integrated into capacity building and continuous learning programmes for all the actors involved.

8. Adapt the regulatory framework where appropriate

The documentation and results of pilot-projects must be transformed into among others technical, socio-economic, and reuse guidelines reflecting the interdependencies of water supply, sanitation, waste management, health, hygiene, environment, agriculture and energy supply. Ecosan technologies should be codified into the local, national and international systems of technical standards and norms in order to provide reference for Best Practice and Best Available Technology. The regulatory framework should be verified or adjusted with the aim of authorising and promoting a closed loop with new innovative technologies and management concepts.

9. Finance ecosan

Appropriate financing instruments need to be developed, putting particular emphasis on the possibility to finance the users investment for on-site and neighbourhood systems, recognising that ecosan systems have a different cost structure from conventional sanitation systems. Innovative financing alternatives including start-up funds, community based finance programmes and cost recovery mechanisms may be required. The possibilities for private sector participation are large and should be stimulated, thus opening opportunities particularly for small and medium-sized enterprises and job creation. Additional financing should also be provided to secure research activities.

10. Apply ecosan principles to international and national Action Plans and Guidelines

Ecosan strategies should be implemented in national and international action plans including the Implementation Plans for the MDGs (Millennium Development Goals), PRSPs (Poverty Reduction Strategy Papers) and the National Plans of Action within the UNEP GPA (Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities). The indicator system for safe and sustainable sanitation provision should be revised to reflect the real risks and dangers to the environment and public health posed by all forms of sanitation.

Annexe 2 : Les principes de Bellagio (EAWAG, 2005, p.44)

1. La dignité humaine, la qualité de vie et la sécurité environnementale au niveau des ménages doivent être au centre de la nouvelle approche, qui doit répondre aux besoins et aux demandes et en rendre compte aux niveaux local et national.

- Les solutions doivent être adaptées à l'ensemble des problèmes sociaux, économiques, sanitaires et environnementaux.
- Le ménage et la communauté doivent être protégés.
- Les opportunités économiques de la récupération et de l'utilisation des déchets doivent être exploitées.

2. En accord avec les principes de bonne gouvernance, toutes les parties prenantes doivent être engagées dans la prise de décision, notamment les utilisateurs et les fournisseurs de services.

- La prise de décision à tous les niveaux doit être basée sur des choix éclairés
- Les facteurs de motivation pour la fourniture et la consommation des services et l'implantation d'ouvrages doivent être compatibles avec l'ensemble des buts et objectifs
- Les droits des usagers et des fournisseurs doivent être compensés par les responsabilités envers une communauté humaine plus forte et l'environnement.

3. Les déchets doivent être considérés comme des ressources et leur gestion doit être holistique et faire partie intégrante des processus intégrés de gestion des ressources en eau, des flux de nutriments et de déchets.

- Les consommations doivent être réduites pour promouvoir l'efficacité et la sécurité de l'eau et de l'environnement
- Les exportations de déchets doivent être minimisées pour promouvoir l'efficacité et réduire l'étendue de la pollution
- Les eaux usées doivent être recyclées et ajoutées au potentiel hydraulique

4. La zone dans laquelle les problèmes d'assainissement environnemental doivent être résolus doit être très peu étendue (ménage, communauté, ville, région, bassin versant, agglomération) et les déchets aussi peu dilués que possible.

- Les déchets doivent être gérés aussi près que possible de leur source
- Très peu d'eau doit être utilisée pour le transport des déchets
- Des technologies complémentaires de traitement et de réutilisation des déchets doivent être développées.

Annexe 3 : Localisation des systèmes étanches (Québec, 2009c, Annexe B p.4.1) **et non étanches** (Québec, 2009c, Annexe B p.4.2)

Figure B.4.1 : Localisation d'un système de traitement étanche

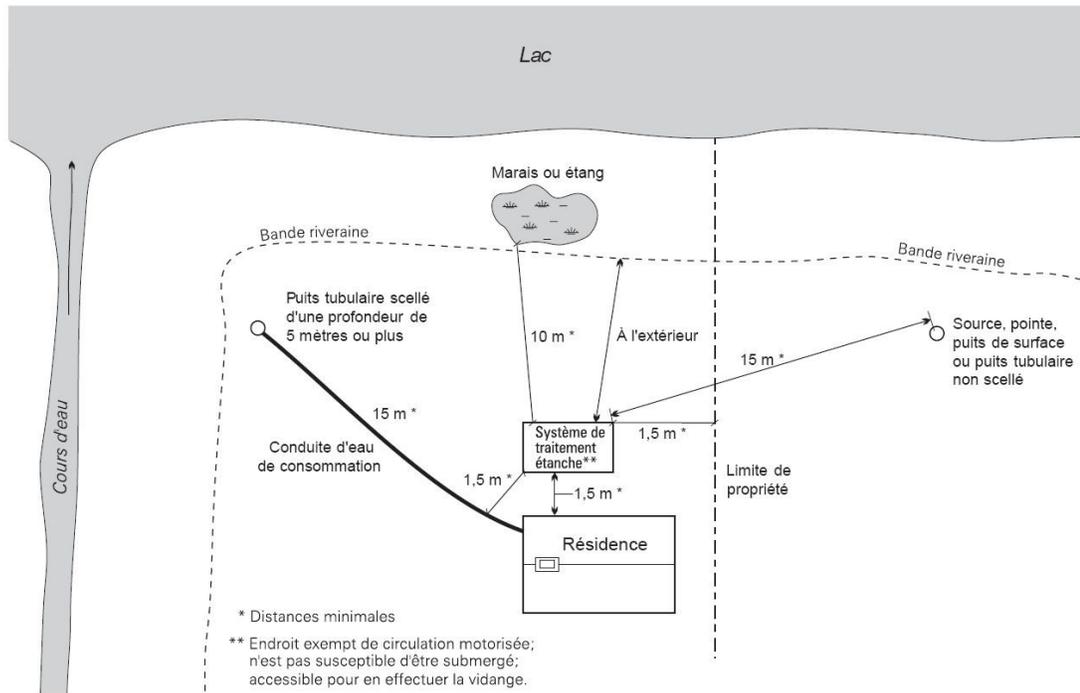
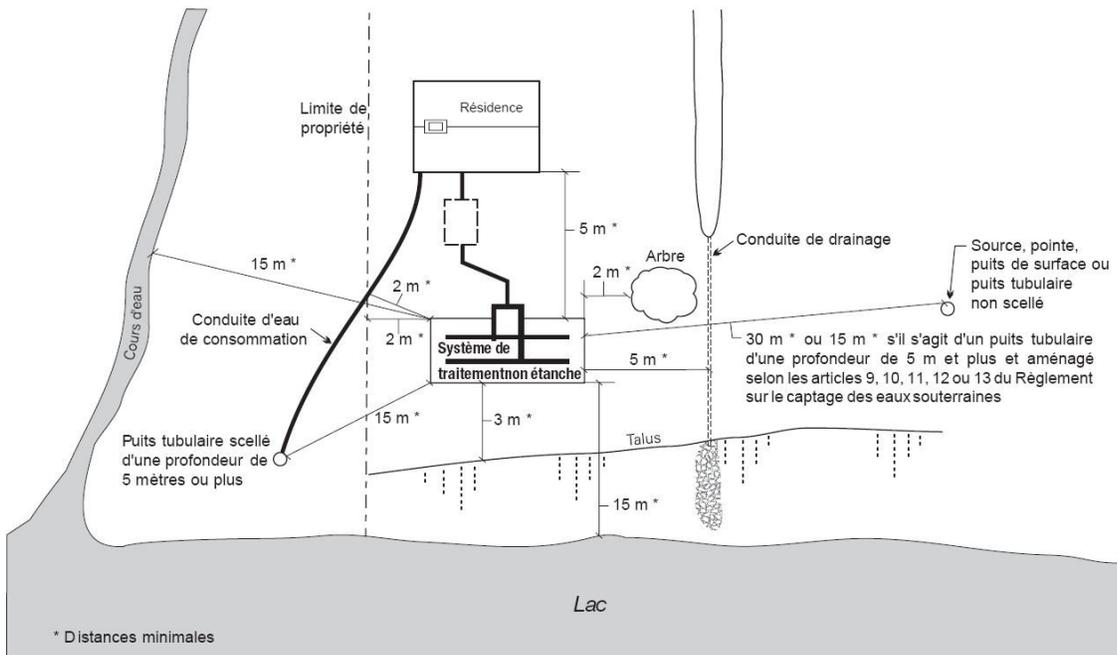
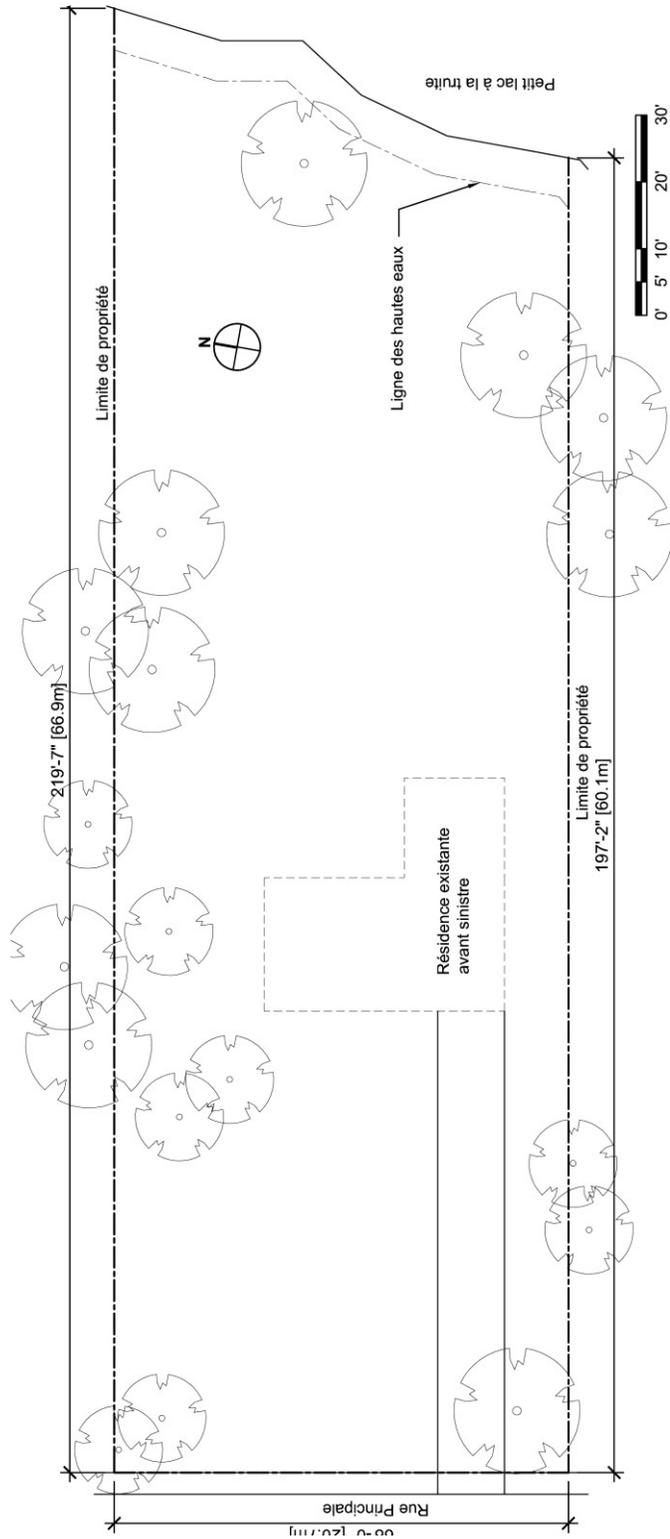


Figure B.4.2 : Localisation d'un système de traitement non étanche

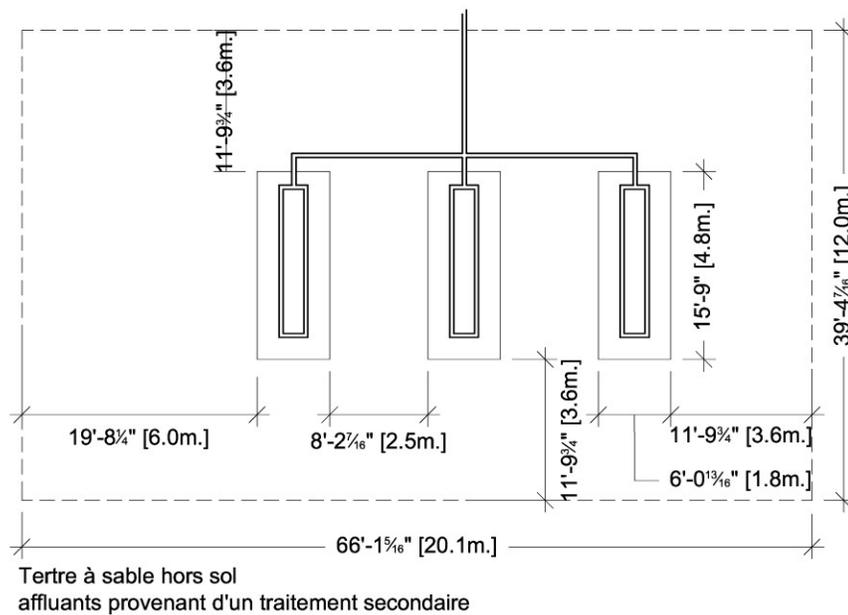
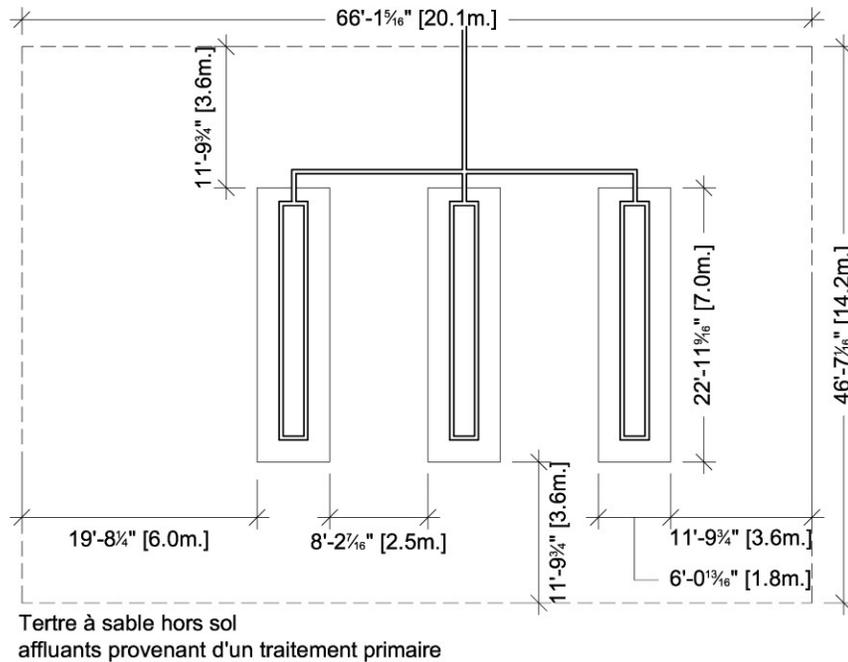


Annexe 4 : Site existant de la famille Waterloo



Annexe 5 : Calcul de superficie d'un tertre à sable hors sol

selon les données du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (2009c)



Annexe 6 : Calcul de superficie d'un champ de polissage

selon les données du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (2009c)

