

Les toilettes à litière biomaîtrisée : une solution de rechange à la réduction de la contamination microbiologique des eaux souterraines en Haïti

Gaston Jean , Rémy Bayard, Pascale Naquin, Joaneson Lacour, Rémy Gourdon

Résumé : En Haïti, le pourcentage de personnes n'ayant pas accès aux toilettes a été estimé à 63 % en milieu rural, à 15 % dans la région de Port-au-Prince et à 18 % dans les autres villes. Mal conçues et mal gérées, les latrines observées dans plusieurs régions du pays, dont Gonaïves, représentent trop souvent des sources d'infection. Du fait de la porosité des dépôts sédimentaires de la plaine des Gonaïves, les latrines à parois ouvertes qui y sont installées sont des sources potentielles de contamination microbiologique des eaux souterraines. Pour alerter la population sur les risques sanitaires et écologiques que représentent de telles latrines dans des régions alluvionnaires et proposer des solutions, une recherche documentaire permettant de mettre en évidence ces risques et de déterminer les solutions envisageables a été entreprise. Il ressort de cette première analyse bibliographique, objet du présent travail, que l'utilisation de toilettes à litière biomaîtrisée (TLB) est une option technique qui pourrait aider à transformer une charge environnementale en des produits utiles, évitant ainsi la contamination des réserves d'eau. Une thèse de doctorat est à présent en cours pour approfondir ce travail.



Reziye : Nan peyi Ayiti, yo estime kantite moun ki pa gen watè rive nan 63% nan zòn riral la, 15% nan Pòtoprens, epi 18% nan lòt vil yo. Watè yo ki mal fèt epi ki pa byen kontwole nan plizyè pati nan peyi a, prensipalman nan Gonaïv, kab lakòz enfeksyon. Kòm depo sedimanant nan plenn Gonaïv la kab kite dlo filtre, watè, ki gen tout rebò twou yo ki pa simante nan zòn sa a, gen potansyèl kontamine moun ak tout kalite mikwòb ki nan dlo ki ap sikile anba tè. Pou sonnen lalam pou popilasyon an nan zòn sa yo, kote ki gen risk pou lasante epi pou ekoloji a, gen yon rechèch ki te fèt ak bon jan dokiman pou montre tout moun tout kalite risk ki genyen yo epi parèt ak solisyon pou rezoud pwoblèm lan. Premye analiz bibliyografik sa a, itilizasyon watè lityè biyometriz (TLB), se yon fason ki kab pèmèt yon pwoblèm anviwonman founi tout moun pwodui ki kab itil, epi ki pral pèmèt nou evite kontaminasyon rezèv dlo nou yo. Gen yon tèz doktora ki ap fèt pou apwofondi travay sa a.

1. INTRODUCTION

Dans le monde, près de 2,5 milliards de personnes n'ont pas accès à des installations sanitaires correctes. La défécation à l'air libre est pratiquée par plus d'un milliard d'entre elles [1]. Cet état de fait, particulièrement observé dans les pays en développement (PED), contribue à la propagation de micro-organismes pathogènes dans les habitats humains. En effet, l'élimination inadéquate des matières fécales humaines entraîne la contamination du sol, des eaux de surface et des eaux souterraines [2]. La latrine, le système d'assainissement le plus utilisé dans les PED, ne facilite pas toujours une bonne protection de l'environnement et de ses compartiments, en particulier les ressources en eau [3, 4]. Des micro-organismes pathogènes d'origine fécale, des genres *Shigella* [5] et *Vibrio* [6], ainsi qu'*Escherichia coli* [7, 8, 9], ont été détectés dans les eaux de surface et souterraines. La présence des micro-organismes pathogènes d'origine fécale dans les ressources en eau constitue un important facteur de risque (maladies diarrhéiques) pour la santé des consommateurs [10].

L'Institut haïtien de l'enfance (IHE) [11] estime que 63 % des personnes vivant dans le milieu rural haïtien ne disposent pas de latrines. Ce taux est de 15 % dans l'aire métropolitaine de Port-au-Prince et de 18 % dans les autres villes. Pour compenser

le manque de latrines, certaines institutions ont bénéficié des financements associés à la Décennie internationale de l'eau potable et l'assainissement (1981-1990) et aux objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) (2000) lancés par l'Organisation des Nations Unies (ONU) pour mettre en œuvre des projets de construction de latrines. Malgré les investissements consentis, les techniques basées sur l'écocompatibilité ont rarement été prises en compte dans la construction de ces latrines. De fait, les latrines sont très souvent en contact direct avec la nappe phréatique, dont le niveau d'affleurement est très proche du sol. Des études réalisées dans des régions alluvionnaires semblables à celles des Gonaïves ont permis de déceler des micro-organismes d'origine fécale dans les eaux superficielles et souterraines [12, 13].

Le développement épidémique s'explique par la consommation d'eau contaminée [14]. En octobre 2010, le pays a été frappé par le choléra causé par le *Vibrio cholerae*, un micro-organisme présent dans les *excreta* humains. Les conditions de gestion des *excreta* humains dans les pays en développement doivent être abordées dans un contexte de protection des ressources en eau et de gestion des risques sanitaires. Dès lors, il devient important d'adopter ou de développer des solutions de rechange permettant de réduire les risques associés à la contamination

biologique des eaux de surface et des eaux souterraines. Parmi celles-ci, les toilettes écologiques et, en particulier, les toilettes à litière biomaitrisée (TLB) semblent être une option pertinente. Il est rapporté dans la littérature que les TLB contribuent efficacement à la protection des eaux souterraines en agissant sur le transfert et l'hydrodynamique des polluants et contaminants vers les milieux aquatiques [15]. Nous présentons ici notre première revue de littérature sur les risques sanitaires liés à la contamination des eaux souterraines par les toilettes non bétonnées et sur les TLB comme solution pour la gestion des risques sanitaires éventuels.

2. MÉTHODOLOGIE

La recherche documentaire a été effectuée par la consultation de livres, de thèses et d'articles téléchargés ou lus depuis Internet. L'accès aux informations a été rendu possible grâce à l'utilisation des mots clés en français et en anglais. Les mots clés les plus utilisés sont : toilette, pollution, micro-organisme pathogène, parasite, choléra, nappe phréatique, assainissement écologique, Haïti. Les outils employés sont le moteur de recherche scholar.google.com, le réseau social en science researchgate.net, la base de données Scencedirect, le site Internet de l'ONU et la documentation interne du Laboratoire de qualité de l'eau et de l'environnement (LAQUE) de l'Université Quisqueya. Des rapports et enquêtes réalisés par le ministère de la Santé publique (MSPP) et l'IHE ont également été consultés. Des constats faits récemment à Gonaïves, la principale ville du département de l'Artibonite, en Haïti, ont montré que la plupart des latrines construites dans cette zone ne sont pas bétonnées.

3. PROBLÉMATIQUE LIÉE À LA CONTAMINATION DES EAUX EN HAÏTI

Les déficiences des systèmes d'évacuation des eaux usées, des excréments et des déchets solides entraînent la contamination des eaux [14]. L'enquête réalisée par l'IHE en 2012 [11] a estimé à plus de 35 % la population n'ayant pas accès à une eau provenant d'une source améliorée. Les maladies infectieuses diarrhéiques sont responsables de 17,5 % des cas de décès chez les enfants de 0 à 5 ans [14]. Plus de 60 % de la population traite l'eau destinée à la consommation à l'aide de solutions chlorées. Cependant, la chloration, seule méthode utilisée pour traiter l'eau destinée à la consommation, est quasiment sans effet sur les oocystes du protozoaire du genre *Cryptosporidium*, parasite unicellulaire de l'humain responsable de diarrhées. Plusieurs études réalisées au LAQUE ont permis de mettre en évidence la présence de micro-organismes pathogènes dans les eaux souterraines en Haïti. Le *Cryptosporidium* sp dépisté est responsable de 17 % des cas de diarrhées aiguës chez les enfants de moins de 2 ans et de 30 % des cas de diarrhées chroniques chez les patients atteints du sida [12, 13]. Les résultats conduisent à conclure que l'utilisation des eaux souterraines sera limitée dans le futur non pas du fait des quantités disponibles, mais de celui de la dégradation de leur qualité.

4. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES DU SOUS-SOL ET TRANSFERT DES MICRO-ORGANISMES

Dans la plupart des villes du pays, généralement situées dans des plaines alluvionnaires, les latrines sont construites sans fosses bétonnées en partie basse. L'absence d'isolation des fosses septiques contribue au risque de migration de contaminants chimiques et biologiques vers les eaux souterraines, provoquant ainsi la contamination des réserves d'eau potable.

C'est le cas par exemple de la ville des Gonaïves, construite sur la plaine alluvionnaire du bassin versant de la Quinte. Ce dernier est constitué par plusieurs sous-bassins versants. Il comprend en amont trois sous-bassins principaux tels qu'Ennery, Bayonnais, La Branle et un sous-bassin secondaire, deux bassins qui rejoignent le système hydrique de La Branle. En aval, le bassin versant de la Quinte est constitué :

- de la plaine alluviale des Gonaïves, limitée par les baies de Gonaïves et Grammont, qui reçoit les eaux et les alluvions en provenance des sous-bassins d'Ennery, de Bayonnais et de La Branle.
- Les petits sous-bassins versants de Morne Biénac et Secteur Bois Marchand, constitués de ravines limitant la plaine des Gonaïves au nord-ouest ;
- de la plaine Savane Désolée prolongeant la plaine alluviale des Gonaïves, limitée par le Morne Ti Coupe au nord et Morne Grammont au sud.

À cause de ces systèmes hydriques alimentés par les eaux et alluvions drainées par les différentes rivières des sous-bassins versants, la plaine des Gonaïves, dont une partie a été urbanisée, est formée d'un ensemble de dépôts sédimentaires successifs. Constituées d'éléments de tailles différentes, ces formations sédimentaires assurent une bonne infiltration des eaux alimentant les nappes aquifères. Elles offrent une porosité totale importante en raison de la présence de vides intragranulaires et une perméabilité faible à moyenne. Les particules fines peuvent ainsi être transférées rapidement d'un compartiment à un autre. Dépendamment de ses caractéristiques géotechniques et de son pouvoir d'absorption, le sol peut constituer une voie importante de transfert des micro-organismes pathogènes vers les eaux souterraines et donc la nappe phréatique sous-jacente [16], le plus souvent exploitée pour l'approvisionnement en eau potable des populations et, dans la plupart des cas, sans aucun traitement approprié.

En outre, les réserves d'eaux souterraines observées constituent un ensemble de nappes phréatiques libres. Dans la partie aval de la plaine des Gonaïves, le niveau statique de la nappe est situé ordinairement à une profondeur inférieure à 3 m, plus fréquemment entre 2,5 et 1,5 m. Au niveau de l'hôpital des Gonaïves, il ne serait qu'à 0,5 m de la surface [17].

Compte tenu des informations relatives à la formation et à la porosité des dépôts sédimentaires de la plaine des Gonaïves, les latrines observées dans les différents quartiers ne peuvent que contribuer à la contamination microbiologique des eaux souterraines par le transfert de micro-organismes. La carte de

la figure 1 illustre l'étendue de la zone de la ville de Gonaïves où une forte densité de latrines non imperméables a été observée. Des études menées au LAQUE dans des régions similaires ont montré la présence de micro-organismes pathogènes dans les eaux souterraines [12, 13].

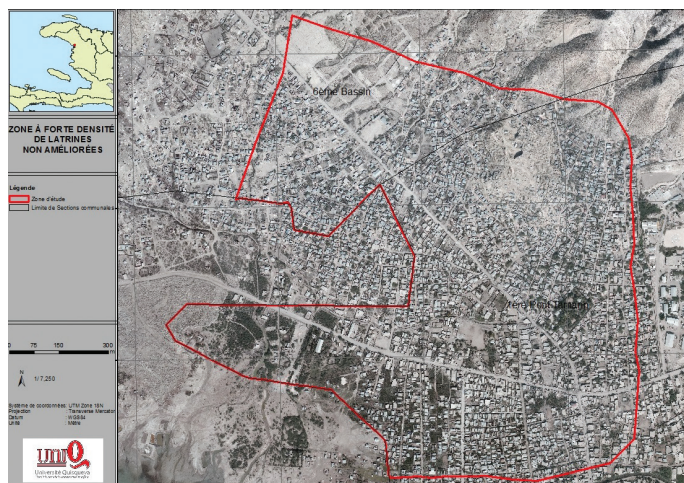


Figure 1 Zone à forte densité de latrines non bétonnées dans la ville des Gonaïves.

5. SOLUTIONS DE RECHANGE

Dans un pays où la majorité de la population vit en dessous du seuil de la pauvreté, la gestion et la prise en charge des *excreta* dans les familles ne semblent pas être considérées comme une priorité. En outre, les modèles de latrines habituellement adoptés ou proposés sont très coûteux, demandant d'importants travaux de génie civil. Ne disposant pas de latrines dans leur logement, de nombreux habitants pratiquent la défécation à l'air libre. Face à cette situation et aux risques d'épidémies, il importe de proposer aux populations à faibles revenus des solutions de rechange permettant de minimiser les risques sanitaires. Les toilettes écologiques semblent être une option appropriée. Ces toilettes, qui n'utilisent pas d'eau pour chasser les fèces, permettent d'éviter non seulement le contact des *excreta* avec le sol, mais aussi d'hygiéniser les résidus par un procédé respectueux de l'environnement, à savoir le compostage [18]. Plusieurs modèles existent, des latrines relativement élaborées (ventilées, à double fosse, etc.) aux modèles les plus simples de TLB. Ces dernières présentent les avantages suivants :

- fabrication simple ;
- faible coût : une unité coûte moins de 80 \$US (coût accessible aux familles) ;
- aucune consommation d'eau ;
- faibles risques de contamination des eaux souterraines ;
- absence d'odeurs : mélangés à des déchets celluloseux (sciure et copeaux de bois, feuilles mortes, cartons déchiquetés), les *excreta* sont inodores ;
- hygiène : le traitement des résidus par compostage permet d'hygiéniser la matière et de la valoriser comme amendement organique pour les sols agricoles ou sylvicoles.

Les principaux inconvénients liés à l'usage de telles toilettes sont liés à la manutention des résidus, plus ou moins fréquente selon la taille de la famille, une opération qui peut apparaître rebutante.

Comme le montrent les figures 2 et 3, la conception de telles toilettes est très simple. Elles fonctionnent souvent avec séparation des urines pour éviter la contamination de celles-ci (naturellement presque stériles), et sont valorisables comme engrais [19], ainsi que les odeurs. Un matériau local absorbant (sciure ou copeaux de bois, bagasse de canne à sucre broyée, etc.) est ajouté sur les fèces qui s'accumulent dans un simple seau placé sous la cuvette et qu'il faut régulièrement vider et nettoyer.

Nous avons décidé, après l'observation de la situation sur le terrain, l'évaluation de l'intérêt des populations et une revue de la littérature, de promouvoir l'usage de telles toilettes. Elles pourraient aider à réduire la charge microbienne susceptible d'être transférée vers les eaux souterraines et les sols, être un bon outil de lutte contre la pollution des eaux par les micro-organismes d'origine fécale et favoriser du même coup l'écocompatibilité des rejets. Elles sont surtout les seules dont le coût est abordable pour beaucoup de familles haïtiennes. Par contre, il est indispensable d'associer à la mise en place de telles toilettes des modalités correctes de gestion des résidus et de rendre un matériau absorbant disponible localement à bas prix.

6. CONCLUSION

Il ressort de cette étude que les latrines qui ne répondent pas aux normes de protection environnementale constituent une menace pour les réserves d'eaux. Les risques de contamination sont logiquement encore plus élevés dans les régions où les formations géologiques sont poreuses. L'eau de boisson puisée directement dans des puits artisanaux, sans traitement, est polluée par des germes pathogènes et expose la population aux risques de maladies. L'usage des TLB peut contribuer à réduire ou à prévenir la contamination des eaux et ses conséquences sur l'environnement et la santé humaine. En même temps, cette technologie peut aider à l'amélioration de la qualité de l'eau potable fournie à la population, contribuant ainsi à protéger celle-ci contre les infections et épidémies à transmission hydrique. En outre, les TLB permettent de transformer la charge polluante des *excreta* en un amendement organique susceptible d'améliorer la productivité des sols agricoles.

Nous proposons alors que, dans la mise en place d'une politique publique visant une bonne gestion des ressources en eau et l'amélioration des conditions de vie de la population, les TLB soient considérées comme une solution viable.

Une thèse de doctorat visant à étudier les conditions de réussite de l'implantation de telles toilettes en Haïti vient d'être entreprise. Elle permettra d'acquérir des données expérimentales, au travers d'essais menés sur le terrain, et de compléter la connaissance du retour d'expérience haïtien. ■



Figure 2 Démonstration d'un modèle de TLB à Grande Plaine (Haïti). (Photo : CEFREPADE)



Figure 3 Prototype de TLB construit par l'Association des originaires de Grande Plaine (Photo : CEFREPADE)

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Fondation Connaissance et Liberté (FOKAL), la Open Society-Haïti et le Group Croissance S.A. pour leur soutien dans la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 ORGANISATION DES NATIONS UNIES (ONU). Journée internationale des toilettes, 19 novembre 2013, [En ligne], <http://www.un.org/fr/events/toiletday/2013/sgmessage.shtml> (consulté le 30 novembre 2013).
- 2 FRANCEYS, R., J. PICKFORD et R. REED (1995). *Guide de l'assainissement individuel*, Catalogue à la Source, Genève, OMS, 251 p.
- 3 ESREY, S., J. GOUGH et al. (1998). *Assainissement écologique*, Stockholm, Sida, 99 p.
- 4 BLOODLESS, D., H. ZVIKOMBORERO, L. DAVID et G. EDOUARD (2006). « Assessment of the impacts of pit latrines on groundwater quality in rural areas: A case study from Marondera district, Zimbabwe », *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 31, p. 779-788.
- 5 FARUQUE, S. M., R. KHAN, M. KAMRUZZAMAN, T. AZIM et al. (2002). « Isolation of *Shigella dysenteriae* type 1 and *S. flexneri* strains from surface waters in Bangladesh: comparative molecular analysis of environmental *Shigella* isolates versus clinical strains », *Appl Environ Microbiol*, vol. 68, p. 3908-3913.

- 6 ALAM, M., M. SULTANA, G. B. NAIR, R. B. SACK, A. K. SIDDIQUE *et al.* (2006). «Toxicogenic *Vibrio cholerae* in the aquatic environment of Mathbaria, Bangladesh», *Appl Environ Microbiol*, vol. 72, 4, p. 2849-2855.
- 7 EMMANUEL, E. (2004). «Évaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers», dans *Sciences et techniques du déchet*, France, Institut national des sciences appliquées de Lyon, 247 p., [En ligne], http://flora.insa-lyon.fr/insa/jsp/login_anonymous.jsp (consulté le 30 novembre 2013).
- 8 MOMBA, M. N., V. K. MALAKATE et J. THERON (2006). «Abundance of pathogenic *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Vibrio cholerae* in Nkonkobe drinking water sources», *J Water Health*, vol. 4, p. 289-296.
- 9 BEGUM, Y., K. TALUKDER, G. NAIR, S. KHAN, A. SVENNERHOLM, R. SACK *et al.* (2007). «Comparison of enterotoxigenic *Escherichia coli* isolated from surface water and diarrheal stool samples in Bangladesh», *Can J Microbiol*, vol. 53, p. 19-26.
- 10 J. GOTAAS, H. B. (1959). *Compostage et assainissement*, Genève, OMS, Série Monographique, n° 3, 117 p.
- 11 INSTITUT HAÏTIEN DE L'ENFANCE (IHE) (2012). *Enquête Mortalité, Morbidité et Utilisation des Services HAÏTI, EMMUS-V*, 49 p.
- 12 BRAS, A., E. EMMANUEL, LILITE O., J. BLAISE, P. BRASSEUR, J.-W. PAPE et C. RACCURT (2007). «Évaluation des risques biologiques dus aux oocystes de *cryptosporidium* présents dans l'eau destinée à la consommation humaine : étude du cas de la zone métropolitaine de Port-au-Prince, Haïti», *Environnement, Risques & Santé*, vol. 6, n° 5, septembre-octobre, p. 356-364.
- 13 BALTHAZARD-ACCOU, K., E. EMMANUEL, P. AGNAMEY, P. BRASSEUR, LILITE O., A. TOTET et C. P. RACCURT (2009). «Presence of *cryptosporidium* oocysts and *giardia* cysts in the surface water and groundwater in the city of Cayes, HAÏTI», *Aqua-Lac*, vol. 1, n° 1, p. 63-71.
- 14 MSPP (2005). *Plan stratégique national pour la réforme du secteur de la santé*, 136 p.
- 15 LANGERGRABER, G., et E. MUELLEGER (2005). «Ecological Sanitation – a way to solve global sanitation problems», *Environment International*, vol. 31, p. 433-444.
- 16 BALTHAZARD-ACCOU, K. (2011). *Contamination microbiologique des eaux souterraines de la ville des Cayes, Haïti. Évaluation des risques pour la santé des consommateurs*, Thèse en cotutelle de l'Université Quisqueya, Haïti, et de l'Université de Picardie Jules Verne, France, 208 p.
- 17 PNUD (1991). *Développement et gestion des ressources en eau. Haïti: Disponibilité en eau et adéquation aux besoins*, Projet HAI/86/03, New York.
- 18 KOANDA, W.-Y. A. (2013). *Modalités de traitement / valorisation des résidus de toilettes à litière biomaitrisée (TLB) par cocompostage*, Rapport de stage de Master en environnement, Lyon, INSA de Lyon, 93 p.
- 19 ELAIN, C. (2007). *Un petit coin pour soulager la planète*. Mayenne-France, Jouve, Euphilane, 288 p.

Gaston Jean est détenteur d'un master en ingénierie de développement local, qui l'a amené à effectuer un stage au sein du CEFREPADE et du Laboratoire de génie civil et ingénierie environnementale (LGCIE) de l'INSA de Lyon sur les toilettes à litière biomaitrisée. Il est fondateur du Réseau des écoles vertes de Gros-Morne, qui mène des activités de protection de l'environnement (protection des sources d'eau, reforestation et gestion de déchets). Il coanime les Groupes de travail sur les mécanismes de concertation et sur l'innovation au ministère de l'Éducation nationale. Attaché au Laboratoire de la qualité de l'eau et de l'environnement (LAQUE) de l'Université Quisqueya et au LGCIE de l'INSA de Lyon, il fait une thèse en cotutelle sur la mise en place de toilettes à litière biomaitrisée en Haïti. Gaston.jean@uniq.edu.ht

Pascale Naquin est Docteur de l'INSA de Lyon, où elle exerce deux fonctions : celle de co-directrice de l'équipe POLDEN INSAVALOR, spécialisée en études scientifiques et techniques dans le domaine du traitement et de la valorisation des déchets, sédiments et sols pollués et celle de directrice du CEFREPADE, Centre Francophone de Recherche Partenariale sur l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement (réseau d'experts du Nord et du Sud qui mettent en commun leurs compétences et leurs idées pour proposer des solutions adaptées aux pays en développement). Biologiste de formation, elle est plus particulièrement spécialiste des procédés biologiques de traitement des déchets (compostage, méthanisation) mais intervient dans de nombreux autres domaines (mise en place de filières globales, caractérisation, tri, valorisation matière et énergie...). pascale.naquin@cefrepade.org

Rémy Gourdon est Professeur à l'INSA de Lyon, où il est actuellement responsable de l'équipe « Déchets, Eaux, Environnement et Pollutions » du LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et Ingénierie Environnementale). Sa principale orientation de recherche concerne les mécanismes microbiologiques et physico-chimiques couplés gouvernant le devenir de matériaux solides pollués tels que déchets, sédiments et sols pollués, selon les facteurs d'influence des scénarios de valorisation ou de stockage considérés. Dans ce cadre, ses recherches portent également sur les traitements biologiques des déchets organiques. Il est auteur de 70 publications dans des revues internationales. remy.gourdon@insa-lyon.fr

Rémy Bayard est Maître de Conférences HDR à l'INSA de Lyon et chercheur au Laboratoire de Génie Civil et Ingénierie Environnementale (LGCIE, unité EA 4126). Ses activités de recherche portent sur le comportement biologique de déchets – sols pollués et déchets organiques – plus particulièrement le prétraitement mécanique et biologique des biodéchets et DMA, la bio-évolution des DMA en centre de stockage de déchets ultimes, l'étude du comportement des déchets en digesteur anaérobie voie sèche et la conversion de biomasse lignocellulosiques en méthane. Il coordonne le programme de recherche ANR Flash Haïti 2010 intitulé « Gestion décentralisée et intégrée des Déchets et de l'Assainissement en zones urbaines et périurbaines Haïtiennes – GEDEAH ». remy.bayard@insa-lyon.fr

Joaneson lacour est enseignant-chercheur au Laboratoire de Qualité de l'Eau et de l'Environnement (LAQUE) et à la Faculté des Sciences, de Génie et d'Architecture (FSGA) de l'Université Quisqueya (uniQ) et Directeur du Service des Relations Internationales à cette même institution. Il est responsable de la thématique de valorisation de la fraction organique fermentescible de déchets et résidus solides au sein du LAQUE. Ses travaux de recherche portent principalement sur le développement de technologies et filières de valorisation des déchets urbains. Il est le coordonnateur national en Haïti pour le Programme Re-Sources qui vise le développement d'actions pilotes et de modules de formation autour des bonnes pratiques de gestion/valorisation des déchets solides dans les villes africaines et caribéennes. Il est co-animateur principal du Groupe de travail thématique sur la Méthanisation dans le cadre de ce programme. dejoaneson@yahoo.fr