



Jakob Zinsstag, Esther Schelling, David Waltner-Toews, Maxine A. Whittaker et Marcel Tanner (dir.)

One health, une seule santé Théorie et pratique des approches intégrées de la santé

Éditions Quæ

Chapitre 9 - Une perspective One Health pour l'assainissement humain et animal intégré et le recyclage des nutriments

Hung Nguyen-Viet, Phuc Pham-Duc, Vi Nguyen, Marcel Tanner, Peter Odermatt, Tu Vu-Van, Hoang Van Minh, Christian Zurbrügg, Esther Schelling et Jakob Zinsstag

Éditeur : Éditions Quæ
Lieu d'édition : Éditions Quæ
Année d'édition : 2020
Date de mise en ligne : 17 mai 2021
Collection : Synthèses
EAN électronique : 9782759233885



<http://books.openedition.org>

Référence électronique

NGUYEN-VIET, Hung ; et al. *Chapitre 9 - Une perspective One Health pour l'assainissement humain et animal intégré et le recyclage des nutriments* In : *One health, une seule santé : Théorie et pratique des approches intégrées de la santé* [en ligne]. Versailles : Éditions Quæ, 2020 (généré le 08 juin 2021). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/quæ/36025>>. ISBN : 9782759233885.

Chapitre 9

Une perspective One Health pour l'assainissement humain et animal intégré et le recyclage des nutriments

HUNG NGUYEN-VIET, PHUC PHAM-DUC, VI NGUYEN, MARCEL TANNER,
PETER ODERMATT, TU VU-VAN, HOANG VAN MINH, CHRISTIAN ZURBRÜGG, ESTHER
SCHELLING ET JAKOB ZINSSTAG

» Introduction

Améliorer l'état de la santé et préserver les ressources naturelles pour un développement durable font partie des Objectifs du millénaire pour le développement (OMD) (Nations unies, 2006). L'assainissement environnemental est un facteur important de l'état de la santé humaine. Avec 2,4 milliards de personnes dans le monde qui manquent des moyens d'assainissement adaptés et 1,1 milliard de personnes qui vivent sans un accès sûr à l'eau potable, il reste encore beaucoup de travail à accomplir afin d'améliorer l'assainissement environnemental (OMS/Unicef, 2013). Avec l'utilisation généralisée et l'appauvrissement des ressources naturelles, la question de savoir comment utiliser efficacement les ressources naturelles et environnementales comme celles présentes dans les excréments constitue la principale priorité (Waltner-Toews, 2013). Des études ont mis en évidence un certain nombre de problèmes relatifs à la récupération et à la réutilisation des ressources des déchets et à leur impact sur la santé (Nhapi *et al.*, 2003 ; Miller, 2006). Il est également évident que les facteurs sociaux, économiques et culturels jouent un rôle crucial dans l'amélioration de la santé (Marmot, 1998 ; Anderson *et al.*, 2003). De nombreuses études ont examiné l'impact des environnements physiques, socio-économiques et culturels sur la santé et la manière de diminuer les risques sanitaires en améliorant ces environnements. Cependant, les évaluations de l'impact de même que les démarches pour l'amélioration de la santé et de l'environnement ont souvent été menées de manière relativement isolée, avec le risque que les programmes de santé mettent en péril la durabilité environnementale, et inversement. Par exemple, Morris *et al.* (2006) ont évalué l'association de la santé et des environnements physiques sans prendre suffisamment en compte les facteurs sociaux, économiques et culturels. Dans d'autres études, les liens entre la santé et la société ont été abordés sans prendre correctement en compte l'environnement physique (Yen and Syme, 1999 ; Marmot, 2005). L'étude de la documentation met en évidence un manque d'évaluations proposant des approches qui intègrent effectivement la santé et les facteurs environnementaux. Cela est particulièrement pertinent dans les discussions pour le développement de zones urbaines et péri-urbaines, dans lesquelles les populations vulnérables font les frais des risques sanitaires issus du faible assainissement environnemental et de l'urbanisation non contrôlée (McMichael, 2000 ; Moore *et al.*, 2003 ; Montgomery and Elimelech, 2007).

Dans les pays en voie de développement, la gestion des déjections humaines est significativement ralentie par le manque de technologies d'assainissement appropriées, ce qui constitue un défi important pour la santé humaine et environnementale. Le problème est

accentué par un défi similaire pour les déjections animales. Au Vietnam, d'importants volumes de déjections animales — de volailles, de ruminants et de porcs notamment —, dont le nombre a augmenté pour répondre à la forte consommation de viande porcine au Vietnam, sont réutilisés respectivement comme des engrais ou de la nourriture dans l'agriculture et l'aquaculture. Les déjections humaines et animales contribuent à faire vivre la famille, en remplaçant l'usage d'engrais chimiques potentiellement dangereux et coûteux. Malheureusement, la gestion des déchets animaux n'est généralement pas adaptée, et devient une source de pathogènes pouvant affecter la santé et l'environnement.

En tant qu'approche de plus en plus utilisée pour l'évaluation sanitaire et environnementale, l'évaluation quantitative du risque microbien (EQRM) mesure le risque d'infection à partir d'une exposition et peut également mesurer le risque de maladie, qui permet l'évaluation des points de contrôle critiques (PCC) dans les chaînes alimentaires (production, transformation et consommation) et les systèmes d'assainissement (Haas *et al.*, 1999). Au cours de la dernière décennie, cette démarche a été utilisée afin d'évaluer les risques sanitaires de l'eau de boisson (Howard *et al.*, 2006 ; van Lieverloo *et al.*, 2007) et de la gestion des eaux usées (Westrell *et al.*, 2004 ; Eisenberg *et al.*, 2008). Du point de vue de la santé environnementale, l'EQRM a été utilisée pour évaluer le risque d'infection et, par la suite, le risque élevé de maladie pour la population en contact avec les eaux usées (An *et al.*, 2007 ; Mara *et al.*, 2007 ; Diallo *et al.*, 2008 ; Seidu *et al.*, 2008).

Un autre outil d'évaluation environnementale est l'analyse des flux de matières (AFM), qui examine les flux de ressources et la manière dont elles évoluent à mesure qu'elles passent dans un système. Cette évaluation a été utilisée à la fois comme un outil d'identification des problèmes environnementaux et de gestion des ressources, mais aussi comme un outil de développement des mesures appropriées (Baccini et Brunner, 1991 ; Brunner et Rechberger, 2004). L'une de ses applications intéressantes a été l'optimisation de la gestion de l'eau et des nutriments dans les systèmes d'assainissement environnementaux au Vietnam et en Chine (Belevi, 2002 ; Huang *et al.*, 2007 ; Montangero *et al.*, 2007). Malgré son potentiel, il manque deux paramètres à cet outil en termes de fourniture d'informations utiles pour l'utilisation sûre des ressources naturelles et la réutilisation des déchets : la prise en compte des risques sanitaires potentiels et les PCC.

Pour l'EQRM et l'AFM, des connaissances quantitatives et qualitatives sont nécessaires à l'évaluation complète des risques en termes de santé publique ; en particulier les informations relatives aux comportements humains. Les études épidémiologiques quantitatives permettent d'identifier des risques sanitaires éventuels au sein des chaînes alimentaires et des systèmes d'assainissement environnementaux (Beaglehole *et al.*, 2005). Les études épidémiologiques culturelles sur la manière dont la santé et les risques sont perçus par différentes populations à travers les expériences, l'importance et le comportement en lien avec un risque spécifique fournissent également des données importantes (Weiss, 2001). Cependant, même de telles approches complètes n'abordent pas les questions des cycles ou des flux de ressources. Par ailleurs, des approches anthropologiques sociales se concentrent sur les personnes et la manière dont elles réagissent à un risque sanitaire comme des processus conduisant à des conséquences négatives (vulnérabilité) ou des conséquences positives (résilience), sans prise en compte du contexte systémique socio-écologique plus large (Obrist, 2006). Ainsi, il est important de tenir compte de l'accès aux moyens de subsistance et aux services sanitaires, environnementaux et sociaux (Obrist *et al.*, 2007).

Compte tenu de ces difficultés, une approche plus intégrée de l'évaluation et de la gestion des déjections humaines et animales peut être plus efficace pour s'attaquer à des problèmes complexes plutôt que d'avoir recours à une approche unique ou multidisciplinaire. Une approche One Health apparaît comme une bonne solution puisqu'elle aborde les interactions complexes des humains, des animaux et de l'environnement. Cette approche peut être définie comme la valeur ajoutée en termes de vies humaines et animales sauvées, d'économies financières et de services éco-systémiques améliorés grâce à une collaboration plus étroite au niveau de la santé humaine et animale par rapport aux approches unidisciplinaires (Zinsstag *et al.*, 2012).

Dans ce chapitre, nous présentons notre expérience en matière de développement d'un cadre conceptuel pour une évaluation intégrée environnementale et sanitaire, associant l'état de santé et les environnements physiques, socio-économiques et culturels afin d'améliorer la santé et de réduire l'impact sur l'environnement. Nous allons nous concentrer sur la manière dont le cadre a été utilisé pour gérer les déjections humaines et animales au Vietnam et la valeur ajoutée que présente une évaluation intégrée.

► Développement du cadre conceptuel

Les détails du cadre conceptuel ont été précédemment publiés (Nguyen-Viet *et al.*, 2009). La conception du cadre commence avec une analyse de l'état de santé, de même que l'état des environnements physiques, sociaux, culturels et économiques (fig. 9.1). En commençant par une analyse des bases de données classiques, l'état de santé peut être davantage évalué par le biais d'études épidémiologiques spécialement conçues. De la même manière, l'état de l'assainissement environnemental (qui comprend la gestion des déjections, des eaux usées et des déchets solides, ainsi que la gestion du drainage et de l'approvisionnement en eau) peut être évalué par le biais d'études, de l'observation et de la cartographie de l'approvisionnement en eau, de la gestion des déjections, des eaux usées et des déchets solides et des services et infrastructures de drainage, tout en tenant compte des facteurs techniques, économiques, institutionnels et organisationnels. De plus, les interactions entre la gestion des déchets et la chaîne alimentaire (chap. 12), les récoltes et l'élevage peuvent également être pris en compte (Bonfoh *et al.*, 2006). L'ensemble de ces informations permettent de fournir une description de l'état actuel des systèmes d'assainissement environnemental, de la santé et du bien-être des populations locales et des principales interrelations. Elles permettent de comprendre quelles sont les principales difficultés pour l'amélioration de la santé et de l'environnement dans une zone ou un cadre donnés.

Environnement physique

L'environnement physique décrit l'état du système d'assainissement environnemental. La mise en application de l'AFM est simple et son efficacité prouvée dans les contextes de pays en voie de développement avec une faible disponibilité des données (Montanero, 2007 ; Montanero *et al.*, 2007). Les principales étapes de l'AFM sont les représentations conceptuelles des processus, leur interaction avec les flux de marchandises (analyse du système), de même que la quantification du débit massique des marchandises et des substances. Cet outil fournit des informations utiles à l'identification des principaux facteurs permettant de déterminer les flux de matières (PCC) et la planification des interventions qui visent à réduire la consommation de ressources et les charges de polluants dans l'environnement. Dans notre contexte d'assainissement environnemental dans les pays en voie de développement, l'attention se porte sur les « matières » (par exemple les selles et les déchets humains et animaux) qui jouent un rôle important pour

la santé humaine en raison de leur impact écologique, et sur les « substances » que contiennent ces matières.

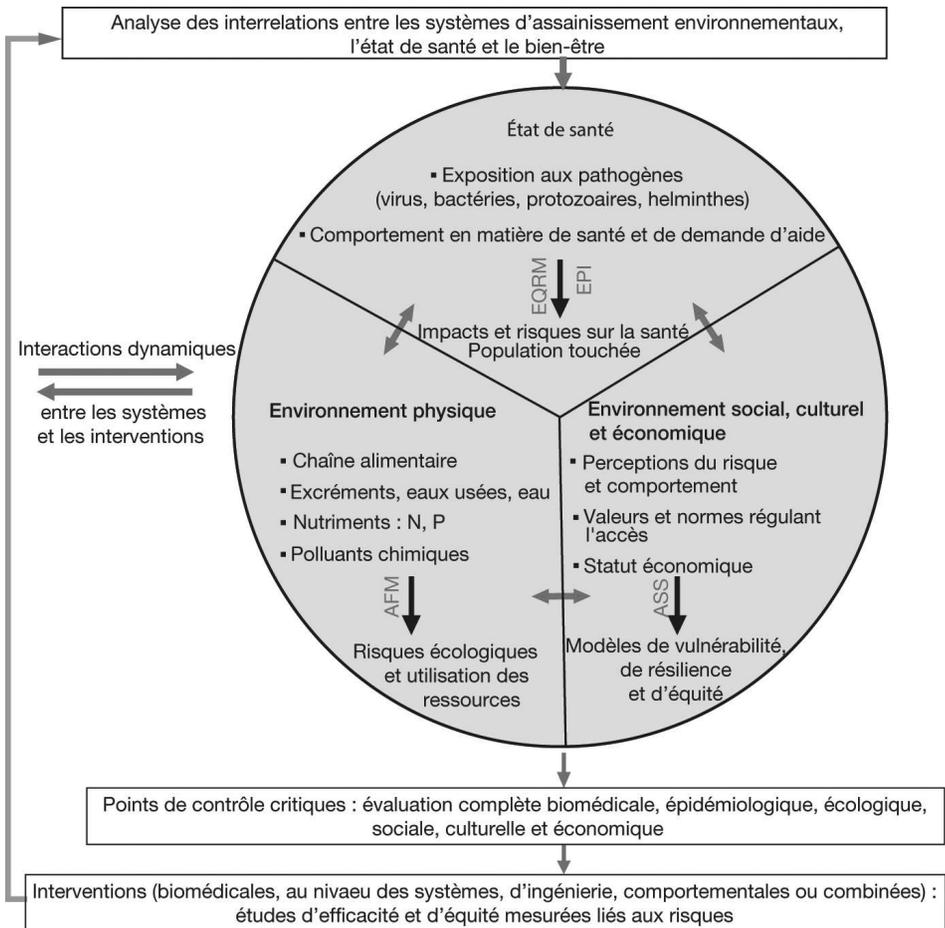


Figure 9.1. Cadre conceptuel de l'évaluation intégrée pour la santé, l'assainissement environnemental et la société (d'après Nguyen-Viet *et al.*, 2009).

EQR : évaluation quantitative du risque microbien. AFM : analyse des flux de matière. ASS : analyses en sciences sociales.

Environnement social, économique et culturel

Cet aspect comprend les approches d'anthropologie médicale, d'épidémiologie culturelle et d'économie sociale, regroupées largement sous les analyses de sciences sociales (ASS). L'approche repose principalement sur la prise en compte de la vulnérabilité et la résilience des populations (Obrist, 2006) ainsi que de leurs perceptions des risques, obtenues par l'expérience, l'importance que l'on donne aux maladies et le comportement envers celles-ci (Kleinman, 1981 ; Weiss, 2001). De plus, une évaluation économique est utilisée pour estimer les coûts et le rapport coût-efficacité des interventions proposées. Associer l'évaluation économique avec les données épidémiologiques, sociales et culturelles permet d'analyser de quelle manière un accès plus équitable aux ressources peut être mis en place et à quel degré (Gold *et al.*, 1996 ; Hutton, 2000).

État de santé

Dans ce cadre, l'épidémiologie classique (Beaglehole *et al.*, 2005), l'épidémiologie culturelle (Weiss, 2001) et l'EQRM sont proposées comme les principales méthodologies afin d'évaluer la santé et d'identifier les déterminants de la charge de ces maladies. Alors que les approches de base de l'épidémiologie sont bien connues et ont été validées et mises en application (Beaglehole *et al.*, 2005), l'EQRM a plus récemment été mise en application dans l'évaluation de l'état de santé et est recommandée dans le cadre de l'évaluation des risques pour l'utilisation sûre des eaux usées, des déjections et des eaux grises de même que pour la qualité de l'eau potable (OMS, 2006b,c). L'ajout de l'EQRM à l'épidémiologie est motivée par l'aspect quantitatif de cette méthode, qui calcule le risque estimé de contracter une infection et le fardeau de la maladie lié à l'exposition aux pathogènes en associant les informations disponibles sur l'exposition et la relation dose-effet (Haas *et al.*, 1999 ; Vose, 2000 ; Pintar *et al.*, 2012). L'EQRM a été utilisée dans différentes évaluations de risque et a été efficacement mise en application dans les pays en voie de développement, même avec peu de données (Howard *et al.*, 2006 ; Benke et Hamilton, 2008). L'identification des pathogènes (virus, bactéries, protozoaires et helminthes) complète efficacement les méthodes épidémiologiques (fig. 9.1).

Points de contrôle critiques complets

Les PCC sont par convention définis, dans la sécurité alimentaire, comme toute étape à laquelle un contrôle peut être fait et est essentiel à la prévention et à l'élimination d'un danger qui menace la salubrité d'un aliment ou à sa réduction à un niveau acceptable (Comité consultatif national sur les critères microbiologiques pour les denrées alimentaires, 1997). Les PCC dans notre cadre sont le fruit des analyses des trois composants décrits ci-dessus. Ainsi, les PCC intégrés sont pris en compte et identifiés à partir de différents points de vue tels qu'une évaluation complète biomédicale, épidémiologique (santé), sociale, culturelle et économique (sciences sociales) et l'évaluation environnementale (environnement physique) (fig. 9.1). Nos PCC conservent la définition traditionnelle liée aux chaînes alimentaires, mais sont complétés par d'autres risques liés aux pathogènes dans l'eau potable, les eaux usées, les déjections et les déchets solides. Ils incluent également les points de vue sociaux et culturels qui tiennent compte du concept de vulnérabilité et de résilience.

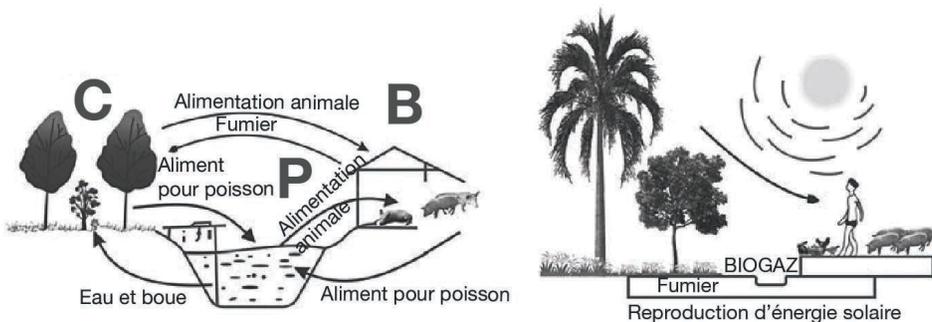


Figure 9.2. Culture (C) – pêche (P) – élevage (B) intégrés au Vietnam (d'après <http://ccrd-vietnam.vn>).

Interventions

Une fois que les PCC sont identifiés, les interventions peuvent être évaluées par comparaison afin de déterminer la contribution optimale à l'amélioration de la santé et la à dimi-

nution de l'impact sur l'environnement et de l'utilisation des ressources dans une région donnée. Les interventions établies sur la base de ces éléments sont intégrées puisqu'elles tiennent compte des besoins et des attentes des populations concernées. Par conséquent, cela permettra d'établir des critères de priorité sur la base de l'ensemble des besoins et des attentes. La figure 9.1 illustre davantage la dynamique entre les composants du cadre et les interventions. Ce processus itératif garantit que les interventions sont conçues pour répondre sur mesure aux besoins et aux attentes de toute situation donnée et permet des ajustements respectifs de même qu'un renforcement de toute intervention ou composant d'une intervention.

► **Gestion intégrée des déchets humains et animaux au Vietnam : mise en application du cadre pour une évaluation combinée**

Nous avons considéré la mise en application de ce cadre dans la province d'Hanam au Vietnam comme une étude de cas. Cette section explique dans quelle mesure la mise en place de ce cadre est utile afin d'évaluer l'impact de l'assainissement humain et animal dans son ensemble et présente la mise en application de One Health dans un contexte de difficulté d'assainissement. Hanam a été sélectionnée comme site d'étude péri-urbain, parce qu'il offre une bonne situation d'étude d'un système associant l'assainissement humain et animal. Dans cette région, les déjections humaines et animales ont été utilisées avec les eaux usées dans l'agriculture et l'aquaculture (fig. 9.2). La plupart des foyers (85 %) s'investissent dans des activités en lien avec l'agriculture ; ce sont principalement de petits exploitants, ils élèvent souvent entre 2 et 20 porcs sur leur terre, qui est simultanément un lieu de résidence, d'agriculture, d'aquaculture et d'horticulture. Cette utilisation des déchets soulève des questions dans le domaine de l'assainissement environnemental, de l'agriculture, de la santé et du bien-être. Trois composants du cadre ont été mis en œuvre, à savoir l'évaluation environnementale, sanitaire et socio-économique conduisant à l'identification des PCC.

Environnement physique

Nous avons eu recours à l'AFM afin d'analyser l'assainissement environnemental ainsi que les systèmes agricoles axés sur les flux de nutriments d'azote (N) et de phosphore (P). Les résultats ont montré que le système agricole est une source significative de nutriments (N et P), qui affecte l'environnement immédiat et est principalement causé par la surutilisation d'engrais chimiques (PCC) (Nga *et al.*, 2011). Dans la zone d'étude, et chaque année à partir de 2008, il a été constaté 103 ± 39 t de N relâchés dans l'atmosphère, 25 ± 3 t de N déversés dans les eaux de surface et 14 ± 2 t de P accumulés dans le sol, tous en provenance des engrais chimiques utilisés. Par ailleurs, le système d'assainissement a également été une source critique de nutriments qui ont pénétré les eaux de surface.

Un volume de 69 ± 6 t de N et 23 ± 4 t de P étaient issues des foyers par le biais des systèmes d'assainissement sur site (comme les latrines et les fosses septiques) et ont été directement déversées dans les eaux de surface chaque année. De plus, le système générerait dans son ensemble une importante source annuelle de nutriments (214 ± 56 t de N [moyenne ± erreur type] ; 58 ± 16 t de P) par l'évacuation des eaux usées, des boues de vidange, du fumier animal et des déchets organiques solides. L'AFM validée a été utilisée afin de modéliser différents scénarios pour le site d'étude.

Le premier scénario montre que si la gestion des nutriments n'est pas améliorée, les eaux usées de même que les boues de vidanges et les déchets organiques solides doubleront

de volume d'ici 2020 par rapport à 2008. Les deuxième et troisième scénarios ont mis en avant des stratégies possibles afin de diminuer la pollution environnementale de manière significative et les sources de nutriments réutilisés qui seront disponibles en 2020 (Nga *et al.*, 2011).

État de santé

Un ensemble d'études épidémiologiques et relatives à l'EQRM ont été menées afin d'examiner les effets sur la santé de la réutilisation des eaux usées et des déjections. Deux enquêtes transversales ont été menées pendant la saison des pluies et la saison sèche à Hanam afin d'identifier la fréquence et les facteurs de risque d'infection par les helminthes et les protozoaires (Pham-Duc *et al.*, 2013). Les résultats ont montré que 302 personnes (soit 47,6 %) ont été infectées avec au moins une des trois espèces d'helminthes au cours de la saison des pluies et 336 personnes (46,3 %) au cours de la saison sèche. Par ailleurs, des infections intestinales par les protozoaires ont également été diagnostiquées. *Entamoeba histolytica* (6 %) et *Giardia intestinalis* (2,4 %) ont été rencontrés au cours de la saison des pluies et *E. histolytica* (6,7 %), *Cryptosporidium parvum* (9,6 %) et *Cyclospora cayetenensis* (2 %) au cours de la saison sèche (Pham-Duc *et al.*, 2013). Une étude de cas-témoin relative à l'infection *E. histolytica* a également été menée afin d'évaluer les facteurs de risque associés aux pratiques d'apport des eaux usées et des déjections dans l'agriculture et l'aquaculture à Hanam (Pham-Duc *et al.*, 2011). Des analyses ont révélées que les facteurs de risque comprennent le contact direct avec un animal domestique, l'absence (ou la rareté) du savon pour se laver les mains, une situation économique fragile.

Une étude de cas-témoin subsidiaire a évalué la fréquence d'occurrence et les facteurs de risque de la diarrhée parmi les personnes qui vivent et travaillent dans la même zone. Les risques annuels estimés des valeurs relatives à la diarrhée étaient trois fois plus élevés que le seuil de risque supérieur de 10^{-3} par personne et par an ; et la charge annuelle de diarrhée était significativement plus importante que l'objectif santé de 10^{-6} années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI) (≤ 1 AVCI/million de personnes) recommandé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS). D'autres recherches peuvent s'intéresser à d'autres micro-organismes tels que la salmonelle ou *Campylobacter*, qui pourraient révéler les schémas de transmission zoonotiques.

Environnement social, économique et culturel

L'une de nos études a examiné le ressenti du risque sanitaire et l'aptitude à la prévention des risques engendrés par la réutilisation des eaux usées et des déjections. La première étude qui s'intéressait à l'évaluation de la menace a constaté que les personnes identifiaient bien la couleur noire et l'odeur des eaux usées, l'odeur des déjections, les pratiques inadaptées en termes de gestion des déjections et les suspicions de maladies associées au contact avec des déjections et les eaux usées comme des menaces (Tu *et al.*, 2011). Nous avons également mis en œuvre une étude dans le district de Kim Bang, dans la province de Hanam, afin d'évaluer le consentement des personnes à financer l'installation de chasses d'eau dans les toilettes des logements. La méthode d'évaluation contingente (MEC) a été utilisée dans cette étude ; il s'agit d'une technique d'évaluation économique qui repose sur des sondages et qui interroge directement les personnes sur la somme qu'elles sont prêtes à investir pour une évolution en quantité ou en qualité (ou les deux) d'un produit spécifique. Nous avons trouvé que 63 % des foyers sondés sont disposés à investir pour la construction de chasses d'eau. Le niveau moyen d'investissement souhaité était de 16 millions de VND (600 euros). Il n'existe pas d'écart statistique significatif au niveau du consentement à investir en fonction du statut socio-économique.

La mise en application du cadre pour l'étude de cas spécifique au Vietnam a mis en évidence les distinctions entre l'organisation théorique du cadre et les interactions fluides qui se produisent dans l'étude de cas réaliste. Idéalement, l'ensemble des composants du cadre doivent être préparés avec la même date initiale. Cela permet à des composants supplémentaires d'être associés afin d'identifier les PCC, en particulier l'EQRM et l'AFM. En pratique, les différentes informations issues des trois composants ont été associées de la manière suivante.

Le résultat de l'AFM a identifié les PCC dans l'environnement, fournissant une base pour la recherche de l'état de santé. Les risques réels identifiés par les études épidémiologiques appuient et complètent l'EQRM, qui a évalué le risque d'infection, en donnant les PCC en termes de risque sanitaire. L'évaluation socio-économique et culturelle s'est intéressée au comportement et au ressenti des participants au sujet de ces PCC et du coût et du consentement à investir pour des solutions sanitaires. Notre recherche a mis en évidence que le ressenti des participants par rapport aux risques sanitaires et environnementaux du recyclage intensif des déchets et de leur réutilisation dans l'agro-écosystème n'était pas cohérent avec les risques réellement encourus. Cependant, ils étaient disposés à investir dans de meilleures installations sanitaires. L'évaluation combinée a montré l'importance d'identifier les PCC de ce système à cibler pour les interventions. Les systèmes d'assainissement sur site et la gestion combinée des déchets humains et animaux semblent constituer des interventions prometteuses. Les PCC reposent également sur le ressenti de la communauté qui doit être pris en compte afin de permettre une mise en œuvre efficace. Les interventions identifiées par les communautés concernées doivent être utilisées pour valider davantage le cadre intégré proposé.

► **Bénéfice de One Health pour l'assainissement : traitement associé des déchets humains et animaux**

La production des élevages vietnamiens augmente rapidement en particulier celle des ruminants et le secteur laitier se développe comme en atteste l'augmentation annuelle de consommation de lait par personne. En 1990, la population des ruminants (bétail et chèvre) était de 3,5 millions, en 2008, elle atteint les 8 millions. Les populations de porcs et de poulets ont progressivement augmenté au cours des deux dernières décennies, mais ont ralenti avec la nette augmentation des ruminants ; en 2009, on dénombrait 27,6 millions de porc et 200 millions de poulets. Par conséquent, d'importantes quantités de fumier sont produites, ce qui peut mettre en danger l'environnement (par exemple la pollution de surface et des eaux souterraines en raison d'un excès de nutriments et de produits chimiques) et la santé humaine. Il existe actuellement un souci national et international sur la gestion du risque environnemental (y compris les évaluations coûts-avantages, par exemple, dans la production de biogaz à partir des déchets animaux) au sujet du changement climatique et des dangers environnementaux. Cependant, il n'existe pas d'outil combiné qui mette en rapport la santé humaine et la préservation des services de l'écosystème.

Dans la plupart des milieux ruraux ou péri-urbains du pays, l'utilisation mixte des terres à des fins agricoles et résidentielles oblige les humains et les animaux à vivre en étroite proximité, mettant en évidence l'importance de la gestion des risques sanitaires et environnementaux des déchets humains et animaux (fig. 9.2). Malgré la tentative du gouvernement vietnamien de s'emparer de cette problématique par le biais d'une nouvelle politique de l'élevage centralisé, il est peu probable qu'elle soit mise en œuvre dans un avenir proche. Il est courant de traiter séparément les déchets animaux et humains ou, dans certains endroits, ils sont mélangés pour le traitement avant d'être utilisés comme

des engrais. Alors que les risques liés aux déchets humains sont largement connus, les risques associés aux déchets animaux ne sont pas aussi bien connus et ont tendance à être perçus comme présentant des risques plus faibles que les déchets humains. Les dangers pour la santé humaine des déchets animaux, qui sont souvent traités avec les résidus de culture, peuvent inclure des pathogènes de zoonoses et des résidus de produits agrochimiques et de médicaments. En raison de la proximité de l'élimination, du stockage et de la réutilisation des déchets animaux et humains, de même que l'étroite proximité des lieux de vie des humains et des animaux, de bonnes pratiques en termes de gestion des déchets des élevages et des humains sont nécessaires afin d'atténuer les risques pour la santé humaine et l'environnement. Puisqu'il s'agit d'une tâche multidimensionnelle, la recherche-action participative, impliquant un large éventail d'acteurs concernés, d'institutions et de décideurs, peut promouvoir de meilleures pratiques de gestion de l'eau qui intègre la gestion des eaux usées, des déchets humains et animaux et du drainage agricole.

Nous avons mené une intervention sur le terrain afin d'examiner comment l'association des déjections humaines et animales dans le compost influence la disparation des œufs d'helminthe dans les déjections, tout en conservant sa valeur nutritive. L'intervention visait à améliorer les pratiques actuelles de stockage des déjections humaines et à identifier la meilleure option pour l'utilisation sûre des déjections dans l'agriculture. Des échantillons ont été prélevés à partir de dix prototypes expérimentaux de compostage combiné au sein de dix foyers de Hanam. Ils ont lieu deux fois par semaine et une fois par mois, pendant 6 mois. Nos analyses et résultats quantitatifs comprennent un décompte du nombre d'œufs d'*Ascaris lumbricoides* vivants et morts, le paramètre d'un nutriment (N), le pH, la température et la teneur en humidité. Les résultats montrent que l'écart des taux de *A. lumbricoides* dans les différents échantillons a été influencé par les options de compostage et la durée du compostage. Le nombre moyen d'œufs de *A. lumbricoides* était inférieur à 1 œuf/g parmi toutes les options de compostage après 84 jours (planche 4). Cette diminution des œufs de parasite correspond à la norme de l'OMS (1 œuf/l) pour l'utilisation sûre des eaux usées, des déjections et des eaux grises dans l'agriculture et l'aquaculture (OMS, 2006a). Cela implique une diminution significative du risque évalué annuel d'infections. Par conséquent, la stratégie de gestion combinée des déchets humains et animaux montre l'avantage des économies financières pour l'investissement dans l'option de traitement qui contribue à réduire le risque environnemental et sanitaire. Le modèle est actuellement encouragé à Hanam (planche 4).

» Défis de la contamination chimique au Vietnam

Notre recherche s'est concentrée principalement sur les effets de la contamination microbienne des déchets humains et animaux et de l'environnement, puisque c'est une problématique importante dans les pays en voie de développement. Cependant, il s'agit simplement de l'une des facettes du tableau complexe de l'assainissement environnemental. Entre autres types de pollution, d'importants volumes d'eaux usées domestiques, hospitalières et industrielles sont déversées dans des plans d'eau, et au Vietnam, seuls 20 % environ sont traités. Cela présente une menace de contamination des eaux souterraines, mais surtout des eaux de surface dans l'environnement péri-urbain, où ces eaux usées sont utilisées pour l'irrigation des cultures et la nourriture dans l'aquaculture. Les impacts sanitaires et environnementaux comprennent, par exemple, l'accumulation des métaux lourds dans les légumes et les poissons nourris avec les eaux usées, qui sont par la suite consommés par les humains (Fitamo *et al.*, 2007). Ces fortes concentrations ont été observées dans le liseron d'eau, le poisson et l'eau des rivières To Lich et Nhue ainsi

que dans les bassins hydrographiques dans les provinces d'Hanoï et Hanam (Marcussen *et al.*, 2008, 2012 ; Ingvertsen *et al.*, 2013).

L'ensemble des difficultés liées à la contamination chimique des sols et des eaux souterraines constituent un défi pour le pays, puisque qu'elles sont le fruit de la croissance économique et de la dégradation de l'environnement. L'expérience passée des pays développés en termes de dégradation de l'environnement au moment de la Révolution industrielle fournit d'importantes enseignements pour les pays en voie de développement, y compris le Vietnam. Pour autant, ils ne semblent pas être pris en compte, puisque des pays comme le Vietnam et la Chine connaissent une croissance économique rapide, avec d'énormes impacts sur la santé et l'environnement. Même si l'équilibre de la croissance économique avec la protection de l'environnement et de la santé est difficile, une forte volonté politique et celle des organisations de la société civile sont nécessaires. À ce titre, une approche One Health pourrait être utile pour amener les différents acteurs à travailler ensemble.

» Conclusion et marche à suivre

Les OMD pour l'eau et l'assainissement fournissent des cibles spécifiques pour des objectifs très ambitieux. Notre expérience de terrain avec l'étude de cas au Vietnam montre clairement que l'assainissement est une question complexe qui nécessite plus d'un changement de comportement et d'importants investissements financiers. Satisfaire ces objectifs afin d'améliorer la santé humaine, tout en préservant des environnements durables, est une tâche qui nécessite les points de vue de nombreux secteurs et acteurs. Le cadre conceptuel qui façonne notre recherche fournit le point de départ sur la manière d'intégrer des aspects qui ont traditionnellement toujours été séparés. C'est parce que nous avons établi différentes pistes de recherche sur le problème de l'assainissement que nous nous sommes retrouvés à répondre aux différents aspects présents dans le cadre conceptuel. En tenant compte du contexte local, les limites du problème de l'assainissement ne sont pas claires et la recherche conçue pour répondre à la question de l'assainissement doit dessiner ses propres limites pour des raisons pratiques. Dans le cadre de ces limites, ce qui constitue notre avancée jusqu'à présent sont les données empiriques collectées, qui constituent les pièces d'un puzzle qu'il nous reste encore à assembler afin d'obtenir une image plus complète de la situation. Un vaste domaine qui reste à intégrer est une évaluation des bénéfices, en termes de services écologiques et de développement économique, des différentes méthodes de recyclage des déjections et autres déchets organiques (tels que le compostage, le biogaz et autre production d'énergie, et utilisation comme engrais). Les déjections doivent être évaluées à la fois comme une source précieuse d'énergie et de nutriments, qui améliore la santé environnementale et le développement économique, et en termes de risques pour la santé humaines et animale. Cela permettrait aux décideurs d'avoir une meilleure compréhension des bénéfices financiers, et pas uniquement les coûts, des approches intégrées par rapport à des traitements plus simples évalués uniquement sur la base d'une meilleure santé publique ou des profits agricoles.

L'intégration peut avoir des significations diverses. Ici, nous faisons référence à l'association des connaissances et des points de vue de plusieurs secteurs et parties prenantes afin de susciter différentes manières de participer au problème de l'intérêt et des processus permettant de découvrir des connaissances qui traitent de cette question (Charron, 2012). Dans ce sens, l'approche One Health propose un cadre conceptuel et opérationnel intéressant afin de gérer conjointement les déchets humains et animaux dans les pays en voie de développement où la réutilisation et le recyclage des déchets

dans l'agriculture sont importants, ce qui est bénéfique à l'environnement, la santé et l'économie.

► Références

- An Y.J., Yoon C.G., Jung K.W., Ham J.H., 2007. Estimating the microbial risk of *E-coli* in reclaimed wastewater irrigation on paddy field. *Environmental Monitoring and Assessment*, 129, 53-60.
- Anderson L.M., Scrimshaw S.C., Fullilove M.T., Fielding J.E., 2003. The Community Guide's model for linking the social environment to health. *American Journal of Preventive Medicine*, 24, 12-20.
- Baccini P., Brunner P.H., 1991. *Metabolism of the Anthroposphere*. Springer, New York.
- Beaglehole R., Bonita R., Kjellström T., 2005. *Basic Epidemiology*. World Health Organization, Geneva.
- Belevi H., 2002. Material flow analysis as a strategic planning tool for regional waste water and solid waste management. <http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-material-flow-analysiswastewater-and-waste-management-2002.pdf> (consulté le 26 octobre 2014).
- Benke K.K., Hamilton A.J., 2008. Quantitative microbial risk assessment: uncertainty and measures of central tendency for skewed distributions. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 22, 533-539.
- Bonfoh B., Roth C., Traore A.N., Fane A., Simbe C.F., Alfaroukh I.O., Nicolet J., Farah Z., Zinsstag J., 2006. Effect of washing and disinfecting containers on the microbiological quality of fresh milk sold in Bamako (Mali). *Food Control*, 17, 153-161.
- Brunner P.H., Rechberger H., 2004. *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Charron D.F., 2012. *Ecohealth Research in Practice: Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health, Insight and Innovation in Development*. Springer and International Development Research Centre, New York and Ottawa.
- Diallo M.B.C., Anceno A.J., Tawatsupa B., Houpt E.R., Wangsuphachart V., Shipin O.V., 2008. Infection risk assessment of diarrhea-related pathogens in a tropical canal network. *Science of the Total Environment*, 407, 223-232.
- Eisenberg J.N.S., Moore K., Soller J.A., Eisenberg D., Colford J.M., 2008. Microbial risk assessment framework for exposure to amended sludge projects. *Environmental Health Perspectives*, 116, 727-733.
- Fitamo D., Itana F., Olsson M., 2007. Total contents and sequential extraction of heavy metals in soils irrigated with wastewater, Akaki, Ethiopia. *Journal of Environmental Management*, 39, 178-193.
- Gold M.R., Siegel J.E., Russell L.B., Weinstein M.C., 1996. *Cost-effectiveness in Health and Medicine*. Oxford University Press, New York.
- Haas C.N., Rose J.B., Gerba C.P., 1999. *Quantitative Microbial Risk Assessment*. John Wiley & Sons, New York.
- Howard G., Pedley S., Tibatemwa S., 2006. Quantitative microbial risk assessment to estimate health risks attributable to water supply: can the technique be applied in developing countries with limited data? *Journal of Water and Health*, 4, 49-65.
- Huang D.B., Bader H.P., Scheidegger R., Schertenleib R., Gujer W., 2007. Confronting limitations: new solutions required for urban water management in Kunming City. *Journal of Environmental Management*, 84, 49-61.
- Hutton G., 2000. *Considerations in Evaluating the Cost-effectiveness of Environmental Health Interventions: protection of the human environment*. World Health Organization, Geneva.
- Ingvartsen S.T., Marcussen H., Holm P.E., 2013. Pollution and potential mobility of Cd, Ni and Pb in the sediments of a wastewater-receiving river in Hanoi, Vietnam. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 9531-9548.

- Kleinman A., 1981. *Patients and Healers in the Context of Culture, An Exploration of the Borderland between Anthropology Medicine and Psychiatry*. University of California Press, Berkeley, California.
- Mara D.D., Sleight P.A., Blumenthal U.J., Carr R.M., 2007. Health risks in wastewater irrigation: comparing estimates from quantitative microbial risk analyses and epidemiological studies. *Journal of Water and Health*, 5, 39-50.
- Marcussen H., Joergensen K., Holm P.E., Brocca D., Simmons R.W., Dalsgaard A., 2008. Element contents and food safety of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forssk.) cultivated with wastewater in Hanoi, Vietnam. *Environmental Monitoring and Assessment*, 139, 77-91.
- Marcussen H., Hale T., Polprasert C., Holm P.E., 2012. Contents and mass balances of cadmium and arsenic in a wastewater-fed fish pond of Hoang Mai, Hanoi, Vietnam. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/hazardous Substances & Environmental Engineering*, 47, 2246-2253.
- Marmot M., 2005. The social environment and health. *Clinical Medicine*, 5, 244-248.
- Marmot M.G., 1998. Improvement of social environment to improve health. *The Lancet*, 351, 57-60.
- McMichael A.J., 2000. The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries. *Bulletin of the World Health Organization*, 78, 1117-1126.
- Miller G.W., 2006. Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. *Desalination*, 187, 65-75.
- Montangero A., 2007. Material Flow Analysis for Environmental Sanitation Planning in Developing Countries – An approach to assess material flows with limited data availability. PhD thesis, Leopold-Franzens-University, Innsbruck, Austria.
- Montangero A., Cau L.N., Anh N.V., Tuan V.D., Nga P.T., Belevi H., 2007. Optimising water and phosphorus management in the urban environmental sanitation system in Hanoi, Vietnam. *Science of the Total Environment*, 384, 55-66.
- Montgomery M.A., Elimelech M., 2007. Water and sanitation in developing countries: including health in the equation. *Environmental Science and Technology*, 41, 17-24.
- Moore M., Gould P., Keary B.S., 2003. Global urbanization and impact on health. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 206, 269-278.
- Morris G.P., Beck S.A., Hanlon P., Robertson R., 2006. Getting strategic about the environment and health. *Public Health*, 120, 889-903.
- National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods., 1997. *HACCP guidelines*. US Food and Drug Administration, US Department of Agriculture, National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods.
- Nga D.T., Morel A., Hung N.V., Phuc P.D., Nishida K., Kootattep T., 2011. Assessing nutrient fluxes in a Vietnamese rural area despite limited and highly uncertain data. *Resources Conservation and Recycling*, 55, 849-856.
- Nguyen-Viet H., Zinsstag J., Schertenleib R., Zurbrugg C., Obrist B., Montangero A., Surkinkul N., Kone D., Morel A., Cisse G., Kootattep T., Bonfoh B., Tanner M., 2009. Improving environmental sanitation, health, and well-being: a conceptual framework for integral interventions. *EcoHealth*, 6, 180-191.
- Nhapi I., Gijzen H.J., Siebel M.A., 2003. A conceptual framework for the sustainable management of wastewater in Harare, Zimbabwe. *Water Science and Technology*, 47, 11-18.
- Obrist B., 2006. *Struggling for Health in the City: An Anthropological Inquiry of Health, Vulnerability And Resilience in Dar Es Salaam, Tanzania*. Peter Lang, Bern.
- Obrist B., Iteba N., Lengeler C., Makemba A., Mshana C., Nathan R., Alba S., Dillip A., Hetzel M.W., Mayumana I., Schulze A., Mshinda H., 2007. Access to health care in contexts of livelihood insecurity: a framework for analysis and action. *PLoS Medicine*, 4, 1584-1588.
- Pham-Duc P., Nguyen-Viet H., Hattendorf J., Zinsstag J., Cam P.D., Odermatt P., 2011. Risk factors for *Entamoeba histolytica* infection in an agricultural community in Hanam province, Vietnam. *Parasites and Vectors*, 4, 102.

- Pham-Duc P., Nguyen-Viet H., Hattendorf J., Zinsstag J., Cam P.D., Zurbrugg C., Odermatt P., 2013. *Ascaris lumbricoides* and *Trichuris trichiura* infections associated with wastewater and human excreta use in agriculture in Vietnam. *Parasitology International*, 62, 172-180.
- Pintar K.D., Fazil A., Pollari F., Waltner-Toews D., Charron D.F., McEwen S.A., Walton T., 2012. Considering the risk of infection by *Cryptosporidium* via consumption of municipally treated drinking water from a surface source in a Southwestern Ontario Community. *Risk Analysis*, 32, 1122-1138.
- Seidu R., Heistad A., Amoah P., Drechsel P., Jenssen P.D., Stenstrom T.A., 2008. Quantification of the health risk associated with wastewater reuse in Accra, Ghana: a contribution toward local guidelines. *Journal of Water and Health*, 6, 461-471.
- Tu V.V., Huong N., Phuc P.D., Hung N.V., Zurbrugg C., 2011. Developing a questionnaire to measure awareness and behaviours of people in relation to wastewater use in agriculture at Hoang Tay commune and Nhat Tan commune. *Vietnam Journal of Public Health*, 22, 14-20.
- United Nations, 2006. The eight Millennium Development Goals (MDGs). <http://www.un.org/millenniumgoals/index.html> (consulté le 18 décembre 2006).
- van Lieverloo J.H.M., Blokker E.J.M., Medema G., 2007. Quantitative microbial risk assessment of distributed drinking water using faecal indicator incidence and concentrations. *Journal of Water and Health*, 5, 131-149.
- Vose D., 2000. *Risk Analysis: A Quantitative Guide*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Waltner-Toews D., 2013. *The Origin of Feces: What Excrement Tells us about Evolution, Ecology, and Sustainable Development*. ECW, Toronto, Canada.
- Weiss M.G., 2001. Cultural epidemiology: an introduction and overview. *Anthropology and Medicine*, 8, 1-29.
- Westrell T., Schonning C., Stenstrom T.A., Ashbolt N.J., 2004. QMRA (quantitative microbial risk assessment) and HACCP (hazard analysis and critical control points) for management of pathogens in wastewater and sewage sludge treatment and reuse. *Water Science and Technology*, 50, 23-30.
- WHO, 2006a. *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater – Vol. 4: Excreta and Greywater use in agriculture*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO, 2006b. *WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 3rd edn, incorporating first addendum. Vol. 1: Recommendations*. World Health Organization, Geneva.
- WHO, 2006c. *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Vol. 2: Wastewater use in agriculture*. World Health Organization, Geneva.
- WHO/Unicef, 2013. *Progress on Sanitation and Drinking-water-2013 Update: Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation*. WHO/Unicef Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.
- Yen I.H., Syme S.L., 1999. The social environment and health: a discussion of the epidemiologic literature. *Annual Review of Public Health*, 20, 287-308.
- Zinsstag J., Meisser A., Schelling E., Bonfoh B., Tanner M., 2012. From ‘two medicines’ to ‘One Health’ and beyond. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 79, E1-5.

