



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 10 - Conception d'études One Health

Esther Schelling et Jan Hattendorf

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

SCHELLING, Esther ; HATTENDORF, Jan. *Chapitre 10 - Conception d'études One Health* 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/36065>>. ISBN : 9782759233885.

Chapitre 10

Conception d'études One Health

ESTHER SCHELLING ET JAN HATTENDORF

» Qu'est-ce qu'une étude One Health ?

Les études épidémiologiques sur la santé humaine et animale utilisent des enquêtes sur le terrain ou des analyses de données secondaires. La collecte et l'interprétation des données se font traditionnellement dans les secteurs de la santé animale et humaine et à des périodes différentes, mais aussi lorsque le même sujet de santé est abordé, ce qui entraîne une duplication inutile des études sur le terrain. Les études sur les zoonoses et les pathogènes d'origine alimentaire sont conduites principalement par des vétérinaires. Une approche classique du secteur de l'élevage pour les pathogènes d'origine alimentaire est l'évaluation des risques tout au long de la chaîne de production et de commercialisation. Elle permet d'identifier le point de levier le plus important des mesures de contrôle. Cependant, les incidences humaines ne sont pas évaluées. Les dangers pour la santé humaine sont identifiés et les impacts sur la santé humaine sont extrapolés à partir des chiffres. Il est encourageant de constater que les évaluateurs des risques de maladies d'origine alimentaire rejoignent de plus en plus leurs collègues du secteur de la santé publique et que des raccourcis vers l'identification et la quantification des risques peuvent être atteints. De nouveaux systèmes intégrés de surveillance des maladies sont en cours d'évaluation (Wendt *et al.*, 2014).

Il est difficile de tirer des conclusions cohérentes sur les liens entre la santé humaine et animale à partir d'études séparées. On peut difficilement répondre à des questions telles que : « Quelle est l'espèce animale la plus répandue impliquée dans la transmission de la brucellose à l'homme en Afrique de l'Ouest ? » Les résultats provenant d'autres régions comme le Moyen-Orient, où les populations sont principalement infectées par *Brucella melitensis* provenant de petits ruminants, peuvent ne pas être valides. Les associations épidémiologiques entre les cas humains positifs et les cas de bétail positifs dans diverses espèces animales sont mieux évaluées dans des études simultanées d'humains et d'animaux, l'accent étant mis sur l'identification des espèces animales qui servent de réservoir pour *Brucella spp.* Il est important de connaître la source principale de l'infection humaine pour obtenir le niveau le plus élevé de diminution des infections humaines.

Une étude One Health suppose que les données sur la santé humaine et animale, et éventuellement sur les indicateurs écologiques, soient analysées de manière intégrée et interprétées ensemble. Parfois, ces données proviennent d'études ou de sources de données différentes, mais elles devraient être comparables en termes de localisation, de temps, de niveau d'agrégation, de détails et de qualité, et une équipe multidisciplinaire devrait publier ces résultats conjointement. Une étude One Health devrait conduire à des connaissances qui ne seraient pas perceptibles sans une collaboration intersectorielle, comme les répercussions des infections multi-hôtes sur les humains, la santé animale et écosystémique et l'économie (chap. 5). Rabinowitz *et al.* (2013) ont défini de la même manière l'approche One Health : « Approches intégrées qui prennent en compte les composantes de la santé humaine, animale et environnementale permettant d'améliorer

la prédiction et le contrôle de certaines maladies. » Cela est non seulement valable pour les maladies infectieuses, mais aussi pour les maladies non transmissibles et le renforcement des systèmes de santé. L'objectif n'est pas nécessairement d'améliorer la santé humaine ou d'éviter la charge de morbidité humaine d'une maladie. Messenger *et al.* (2014) ont montré qu'un nombre croissant de rapports indiquent que les humains transmettent des agents pathogènes aux animaux. Parmi les exemples récents, mentionnons *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline, le virus de la grippe A, *Cryptosporidium parvum* et *Ascaris lumbricoides*. Une étude One Health révélerait les relations bidirectionnelles et multidirectionnelles entre la santé des hommes et des animaux et entre leur santé et celle de leurs écosystèmes (Zinsstag, 2012). L'objectif est donc d'améliorer de manière idéale la santé humaine, animale et écosystémique.

L'étape la plus difficile d'une étude One Health reste le lancement d'un processus qui mène au changement et à l'amélioration de la santé. Les solutions pour une lutte efficace contre les zoonoses négligées peuvent se trouver en dehors des secteurs de la santé ; par exemple, il peut être nécessaire d'intégrer les politiques dans les stratégies de réduction de la pauvreté et la formation continue pour renforcer les aptitudes et les compétences des services de santé. La mise en réseau et les approches régionales ont été utilisées avec succès pour le contrôle des zoonoses (Parkes *et al.*, 2012). La grippe aviaire a conduit à la création de réseaux hautement reconnus pour l'échange d'informations et d'enseignements tels que le Partenariat asiatique pour la recherche sur les maladies infectieuses émergentes et la surveillance des maladies du bassin du Mékong (Grace *et al.*, 2011). Pour la majorité des zoonoses, un pays isolé ne peut guère mettre en œuvre des mesures de contrôle efficaces sans que les pays voisins fassent de même. Les programmes de lutte contre les maladies conçus dans les pays développés pour une application au niveau industriel ne peuvent être transférés sans adaptation appropriée à d'autres contextes (Randolph *et al.*, 2007). De nombreux facteurs essentiels à une lutte efficace contre une maladie ne peuvent être évalués quantitativement. La voie à suivre est le renforcement de la coopération interdisciplinaire entre les sciences sociales et les sciences liées à la santé (chap. 6). Soulignons que la littérature est plus fournie sur les études décrivant des considérations socioculturelles plus larges pour les zoonoses émergentes que pour les zoonoses endémiques. Il s'agit, par exemple, de l'intrusion de l'homme dans les forêts avec une exposition potentielle à de nouveaux agents pathogènes, des déplacements à l'échelle mondiale et de la consommation de viande de brousse. Bien que One Health reconnaisse l'importance de comprendre les facteurs sociaux et culturels dans la dynamique de transmission des maladies et la planification des interventions de contrôle, les études anthropologiques sur les zoonoses sont rares et limitées (Bardosh et Thys, 2012). Les études socioculturelles One Health et le rôle des sciences sociales sont décrites dans le chapitre 6.

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur la conception d'études quantitatives One Health basées sur la population, en privilégiant la conception des enquêtes sur le terrain. Ces études sont essentielles à la compréhension de la dynamique de la maladie et à l'évaluation des mesures de lutte fondée sur des données probantes. En outre, les données pour les calculs coûts-avantages et coût-efficacité (Zinsstag *et al.*, 2007 ; et chap. 12) ne sont guère disponibles qu'au seul niveau central et des données de terrain de bonne qualité sont requises. Par conséquent, les études de laboratoire utilisant des compétences issues de différents secteurs ne sont pas présentées, bien que celles-ci contribuent largement, par exemple, à l'amélioration et à la mise au point de nouveaux vaccins contre les zoonoses et à la pathologie comparée. Nous ne privilégions pas la détection précoce des maladies émergentes, mais plutôt les zoonoses endémiques. On estime que les incidences

de ces dernières sont beaucoup plus élevées, mais elles sont sous-déclarées en raison de la faible capacité à reconnaître et à diagnostiquer les agents responsables des zoonoses. La santé des écosystèmes est difficile à définir. Ils sont intrinsèquement dynamiques et changeants (chap. 4). L'évaluation simultanée des résultats pour la santé humaine et animale devrait permettre de mieux comprendre le contexte et les différentes disciplines associées (chap. 14 à 18).

L'une des disciplines clés des études sur le terrain One Health est l'épidémiologie, c'est-à-dire l'étude sanitaire et de la maladie au sein des populations ou, selon une autre description générale de la jeune discipline qui n'est apparue qu'au XIX^e siècle, l'étude de la fréquence, de la distribution et des déterminants de la santé et de la maladie dans les populations. Le terme « épidémiologie » provient du grec et signifie au sens littéral « l'étude de ce qui concerne la population » ; « demos » signifiant « population, district » (Omran, 1971). Cela peut suggérer que l'épidémiologie ne s'applique qu'aux populations humaines. La plupart des épidémiologistes vétérinaires estiment cependant qu'il est inutile d'utiliser des termes différents tels que « épizootologie », « épizootie » ou « enzootique » pour désigner une maladie au sein d'une population animale. Les mots « épidémiologie », « épidémie » et « endémique » devraient être utilisés pour décrire l'occurrence de la maladie parmi toutes les espèces hôtes. L'épidémiologie a également été appliquée à l'étude des populations végétales (Bartlett et Judge, 1997 ; Nutter, 1999). En épidémiologie, il est courant qu'une question liée à la santé mène à une hypothèse et définisse un objectif, ce qui aboutit à la conception appropriée d'études à utiliser.

Nous présentons dans un premier temps des exemples d'enquêtes et de surveillance conjointes, puis des informations pratiques sur la conception d'étude sur le terrain et concluons sur les avantages de la planification d'études One Health. Nous mentionnons également les éventuelles contraintes de leur mise en œuvre car il n'existe à ce jour qu'un petit nombre d'études One Health. En ce qui concerne les exemples, les principaux aspects épidémiologiques et les résultats qui n'ont pas pu être atteints au moyen d'approches sectorielles uniques sont mis en avant.

» Exemples d'enquêtes et de surveillance One Health

Les études conjointes sur la santé humaine et animale sont réalisées soit au cours de la même période, soit dans la même zone géographique et à différents niveaux de regroupement. Les niveaux de regroupement concernent les individus, par exemple les liens du propriétaire à l'animal, les niveaux des ménages et des villages, et aussi les communautés et leurs animaux, les districts, les provinces ou les pays.

Évaluation simultanée de la santé humaine et animale

Une évaluation simultanée des niveaux de lait du bétail et de vitamines dans le sérum humain, combinée à une étude de rappel nutritionnel de 24 heures, a montré que le lait était la source de vitamine A la plus importante des éleveurs, mais que 17 % des femmes testées souffraient d'une carence sévère en rétinol. Par conséquent, une plus grande consommation de légumes et de fruits doit être encouragée (Zinsstag *et al.*, 2002). La dernière étude pouvait faire ressortir les liens entre l'élevage et la nutrition humaine mais elle n'a été réalisée que sur une seule population spécifique. Une comparaison avec une population de la même région au sein de l'étude aurait permis de tirer de meilleures conclusions sur les spécificités et les généralités des résultats.

Une équipe mixte composée de personnel médical et vétérinaire a évalué, au cours d'études transversales répétées, la santé et les problèmes de santé des pasteurs nomades

et de leur bétail à l'aide de formulaires d'examen clinique normalisés et de questionnaires. Les principales maladies et pathologies rencontrées chez les pasteurs nomades ne différaient pas sensiblement de la morbidité typique de la zone sahélienne comme les maladies respiratoires, le paludisme et la diarrhée. Malgré de fréquentes diarrhées et fièvres, les infections respiratoires, y compris les infections des voies respiratoires chez les enfants et la tuberculose chez les adultes, ainsi que le paludisme, ont eu plus d'impact sur la santé individuelle et collective que les intoxications alimentaires et les zoonoses telles que la brucellose. Par conséquent, tout programme de lutte contre les zoonoses ne devrait pas ignorer les autres problèmes de santé qui prévalent dans les communautés. Cette évaluation sanitaire simultanée a également montré qu'il n'y avait pas d'enfant de pasteur nomade entièrement vacciné dans la population étudiée. En revanche, le bétail avait été vacciné par des vétérinaires en visite dans les campements d'éleveurs lors des campagnes de vaccination obligatoire (Schelling *et al.*, 2005). Sur la base de ce constat et en accord avec les communautés et les autorités nationales et locales tchadiennes, des campagnes de vaccination communes aux humains et aux animaux ont été réalisées et évaluées (chap. 20).

Les évaluations de l'impact sur la santé humaine des projets de développement d'essais industriels (Winkler *et al.*, 2012) pourraient être étendues à l'évaluation simultanée de la santé animale, si les vétérinaires y étaient associés. Des projets tels que la construction de barrages et l'exploitation minière peuvent nuire aux élevages des ménages enquêtés et avoir des répercussions sur leurs moyens de subsistance et leurs revenus. Par conséquent, l'évaluation de l'impact sur la santé pourrait être étendue à l'évaluation de l'impact One Health (EIOH).

Enquêtes de terrain sur les zoonoses

L'évaluation simultanée de l'incidence et de la prévalence des zoonoses chez les animaux et les humains aux mêmes niveaux et avec la même qualité, par exemple en ce qui concerne la sélection des individus, permet d'établir des liens épidémiologiques. Au Tchad, la séropositivité de la fièvre Q humaine était associée à l'élevage de chameaux mais non de bovins (Schelling *et al.*, 2003) ; au Kirghizistan et en Égypte, les prévalences sérologiques de la brucellose humaine étaient plus étroitement liées à l'élevage de moutons (El Sherbini *et al.*, 2007 ; Bonfoh *et al.*, 2012) et les petits ruminants ne peuvent donc pas être exclus d'un programme de contrôle. Au Togo, la séropositivité humaine était étonnamment faible (moins de 1 %), même si la séropositivité bovine était élevée (9 % dans les villages et 7 % chez les bovins transhumants) (Dean *et al.*, 2013). Les souches isolées de *Brucella abortus* provenant de bovins présentaient une délétion importante dans un gène (bruAb2_0168) codant pour un auto-transporteur supposé. Ce gène présente un intérêt particulier car il est utilisé comme cible pour la PCR dans l'identification de l'espèce *B. abortus* et il code pour un auto-transporteur putatif, qui pourrait être impliqué dans la virulence et/ou la préférence de l'hôte (Dean *et al.*, 2014). D'autres études de virulence en laboratoire permettront probablement de mieux expliquer les observations sur le terrain (chap. 14).

En Éthiopie, la présence de *Mycobacterium bovis* dans l'infection de la tuberculose humaine est très faible (4 isolats de *M. bovis* contre 1 000 isolats de *M. tuberculosis* provenant de cas cliniques suspects de tuberculose pulmonaire et extra-pulmonaire) (Firdessa *et al.*, 2013). Il est intéressant de noter que *M. tuberculosis* a été isolé à partir de bovins et d'un chameau (Gumi *et al.*, 2012). Cette dernière étude était une étude combinée sur le terrain, à l'abattoir et à l'hôpital, avec collecte de données au cours de la même période (chap. 15). En 2006, le projet Santé des animaux et amélioration des

moyens d'existence (Health for Animals and Livelihood Improvement, HALI) a été lancé pour tester la faisabilité d'une approche One Health afin de trouver des réponses originales aux problèmes de santé dans les communautés vivant dans l'écosystème limité en eau de Ruaha, en Tanzanie. Des enquêtes simultanées sur les questions médicales, écologiques, socio-économiques et politiques qui régissent l'écosystème ont été réalisées.

Sur la base des contributions des parties prenantes locales, les maladies diarrhéiques d'origine hydrique et les maladies du bétail ont également été évaluées afin d'identifier les zones géographiques où la ressource en eau varie et où le risque de transmission peut être le plus élevé (Mazet *et al.*, 2009). Les chercheurs ont pu démontrer grâce à l'exemple de la tuberculose bovine qu'il y a eu transmission d'agents pathogènes bétail-faune sauvage dans l'écosystème de Ruaha (Clifford *et al.*, 2013).

Zoonoses d'origine alimentaire et hydrique

La lutte contre les infections d'origine alimentaire et hydrique nécessite la participation des professionnels de la santé publique, de la santé environnementale et de la santé publique vétérinaire, ainsi que des autorités légales responsables de la salubrité des aliments et de l'eau. Elle exige également une compréhension approfondie de la façon dont les facteurs sociaux, économiques, environnementaux et culturels interagissent avec la dynamique de transmission de la maladie et l'acceptabilité des mesures de contrôle (VWB/VSF Canada, 2010).

Le Caribbean Eco-Health Program (CEHP) a soutenu une formation interdisciplinaire, notamment celle des personnels de santé humaine et environnementale et a contribué à identifier les lacunes en matière de connaissance régionale des menaces pour la santé environnementale comme les résidus de pesticides, qui étaient graves pour les utilisateurs et les décideurs. Le laboratoire mobile Atlantis pouvait se déplacer dans l'ensemble des Caraïbes et était en mesure de répondre à des demandes de recherches spécifiques et à des possibilités de renforcement des capacités (Forde *et al.*, 2011).

Le nombre total de bactéries, *Streptococcus/Enterococcus*, levures et moisissures, *Enterobacteriaceae* et *Staphylococcus* a augmenté tout au long de la chaîne depuis le lait à la traite jusqu'au lait commercialisé au Kenya, indiquant un risque pour la santé humaine selon les normes de qualité kényanes. Pour vérifier cette hypothèse, une étude cas-témoins imbriquée — construite à partir d'une enquête transversale — a confirmé que les maladies gastro-intestinales étaient associées de façon significative à la consommation de certains légumes et de lait de chamelle (Kaindi *et al.*, 2012). Cette étude a permis de redynamiser les efforts antérieurs en constatant que les producteurs de lait utilisaient des contenants facilement lavables à l'eau et au savon (Bonfoh *et al.*, 2003). Des niveaux importants de pathogènes et autres dangers liés au lait et aux produits laitiers sont rapportés par les secteurs laitiers officiels et informels. Le rôle de la sécurité alimentaire dans la politique laitière peut entraver le passage à des politiques plus favorables aux pauvres car les marchés informels sont *a priori* exclus.

Étude et surveillance de la résistance antimicrobienne

Les animaux de compagnie sont souvent utilisés comme compagnons pour le soutien psychologique dans la thérapie des résidents des maisons de retraite, mais ils ont aussi été décrits comme des réservoirs antibio-résistants aux bactéries. Pour étudier le rôle des animaux de compagnie sains comme réservoirs de staphylocoques multirésistants ou d'*Enterobacteriaceae* produisant de la bêta-lactamase à spectre étendu (ESBL), plusieurs études ont évalué ces derniers selon la même approche chez les personnes et les animaux de compagnie dans les maisons de retraite et dans la population générale (révisé dans

Messenger *et al.*, 2014). Bien que des modèles génomiques identiques provenant de l'homme et des animaux aient été trouvés, la voie de transmission reste souvent peu claire. Les mêmes problèmes se posaient par exemple dans le cas de la tuberculose. Les bovins étaient infectés par *M. tuberculosis* et auraient pu être infectés par des personnes ou par d'autres bovins (Gumi *et al.*, 2012). La question de savoir « qui infecte qui » n'est probablement pas nécessairement la question principale puisque les humains et les animaux partagent le même écosystème et évoluent ensemble, mais plutôt celle de savoir quelle mesure de contrôle a le plus d'effet tant chez les humains que chez les animaux (chap. 15).

Le Programme intégré canadien de surveillance de résistance aux antimicrobiens (PICSRA) harmonise les composantes de surveillance, qui peuvent être liées pour examiner la relation entre les antimicrobiens utilisés chez les animaux d'élevage et les humains et leurs effets sur la santé. L'analyse des données du PICSRA a permis d'établir un rapport entre l'utilisation du ceftiofur (un antimicrobien de première importance pour la médecine humaine) chez les volailles et les isolats de *Salmonella* Heidelberg résistants au ceftiofur, obtenus chez les humains et la viande de poulet au Québec. La communication de ces informations a entraîné une interdiction volontaire de l'utilisation du ceftiofur en 2005 (PICSRA, 2007). Il serait intéressant d'obtenir des informations complémentaires sur les coûts d'exécution de ce programme national qui, à son tour, peut informer d'autres pays sur la pertinence d'investir dans un système intersectoriel commun pour guider les médecins et les vétérinaires dans le choix des antimicrobiens appropriés.

Systèmes communs de surveillance des maladies et utilisation des données de routine

Lors de l'épidémie de fièvre Q aux Pays-Bas (2007-2010), 4 000 cas de fièvre Q humaine ont été confirmés avec 11 décès et d'énormes pertes économiques parmi les troupeaux de chèvres laitières, compte tenu de l'abattage de 40 000 chèvres gestantes (Enserink, 2010). L'épidémie aurait-elle pu être contrôlée plus tôt si les services sanitaires et vétérinaires avaient échangé leurs données et communiqué auparavant ? La plupart des cas anormaux de maladie sont observés assez tardivement dans les secteurs de la santé humaine et vétérinaire, bien que la détection précoce soit un objectif essentiel des systèmes de surveillance. L'étude de cohorte mise en place aux Pays-Bas entre 2007 et 2011 (van Loenhout *et al.*, 2012) ne portait que sur des personnes. Une cohorte parallèle chez les chèvres aurait pu produire des liens complémentaires entre les événements chez les humains et les chèvres.

Les efforts de surveillance et de suivi sont des éléments majeurs et sont au cœur des programmes de prévention et de contrôle des maladies. Les réseaux communs de surveillance humaine et animale pourraient être plus efficaces en termes de détection précoce ou en termes de coûts fixes inférieurs à ceux des enquêtes activées lors d'une épidémie. Ces systèmes de surveillance sont actuellement à l'essai. Comme ils ont été établis plus récemment, les résultats sur la valeur ajoutée éventuelle ne sont pas encore disponibles. Wendt *et al.* (2014) ont examiné ces systèmes récents et constaté que la majorité des 27 systèmes de surveillance humaine et animale identifiés dans le monde ont été mis en place à des fins de détection précoce et tendent à se concentrer principalement sur les menaces émergentes de pandémie. La plupart des systèmes utilisent des sources de données différentes, et les données, méthodes et structures secondaires sur l'intégration de données disparates et secondaires sont d'un grand intérêt. L'intégration de l'information est possible malgré le fait que les données ont été collectées dans des environnements divers et souvent à des fins différentes et donc qu'elles diffèrent

en termes de contenu, de qualité et de terminologie et sont stockées dans des lieux ou formats différents. Cependant, des procédures de transformation et de nettoyage doivent être appliquées, ce qui exige du temps et des efforts tant que les différentes sources de données n'ont pas été normalisées ou préparées pour une liaison facile. Avant tout, il faut des structures intersectorielles, un climat de confiance et de bons réseaux de communication (Wendt *et al.*, 2014).

On ne peut pas s'attendre à ce que l'échange de données intersectorielles régionales et nationales fonctionne s'il n'y a pas de collaboration à tous les niveaux de communication des données, du moins pour vérifier succinctement les rapports par recoupement. Il est nécessaire de disposer de données cohérentes et fiables au niveau national à long terme, mais aussi à court terme, pour mettre en évidence le statut délaissé des maladies. Le manque d'infrastructures de diagnostic et de laboratoires de référence régionaux pour le diagnostic des zoonoses dans de nombreuses régions du monde constitue une contrainte à cet égard, puisque la plupart des systèmes de surveillance communs actuels reposent sur les données de routine des laboratoires de diagnostic (OMS *et al.*, 2009 ; Wendt *et al.*, 2014). Davantage de systèmes de surveillance alternatifs seront évalués dans le futur tels que la surveillance syndromique, l'épidémiologie participative et les systèmes de surveillance commune basés sur les risques. Toutefois, ces systèmes doivent encore démontrer qu'ils peuvent être efficaces pour la détection d'événements anormaux et qu'ils ne sont pas trop coûteux à l'entretien. En outre, pour obtenir une valeur ajoutée des systèmes de surveillance intégrée, il faut partager des objectifs et des stratégies pour permettre l'intégration institutionnelle au niveau approprié (Mariner *et al.*, 2011).

La technologie mobile moderne pour la production de rapports en temps quasi réel sera utilisée plus fréquemment à l'avenir, pour One Health et d'autres systèmes de surveillance (chap. 13). Mais aucun système de notification en temps quasi réel ne devrait être implanté sans donner la possibilité de réagir aux événements signalés. Le manque de capacité d'intervention a mis fin à plusieurs systèmes de surveillance par le passé, parce que le recueil de données a cessé lorsque les communautés n'ont pas vu le moindre résultat de leurs efforts de collecte (Karimuribo *et al.*, 2012). De même, la surveillance peut inclure d'autres paramètres que les maladies ou les résistances aux antimicrobiens. Les acteurs du contrôle des zoonoses et la capacité de réaction des secteurs sanitaire et vétérinaire peuvent et devraient faire l'objet d'un suivi. Pour la fièvre de la vallée du Rift (FVR) au Kenya, une analyse des parties prenantes a montré que les 28 agences compétentes en matière de prévention/contrôle de la FVR vont au-delà des secteurs de l'élevage et de la santé publique. Une enquête réalisée juste après l'épidémie de FVR en 2006-2007 a montré que le secteur vétérinaire manquait de personnel pour répondre de manière adéquate à une telle épidémie. Le secteur de la santé publique pouvait déployer cinq fois plus de personnel que le secteur vétérinaire, même si ce dernier avait plus de tâches à accomplir lors de l'épidémie (Schelling et Kimani, 2007).

Les données de routine sont souvent comparées aux données d'enquête pour estimer la sous-déclaration. Par exemple, Cleaveland *et al.* (2002) ont constaté que la détection active des décès dus à la rage humaine est difficile en raison de la faible incidence et du besoin de mettre en place des études de détection spécifiques telles que la collecte de données d'autopsie verbale à partir d'enquêtes auprès des foyers. La surveillance passive peut s'avérer insuffisante, ce qui entraîne une forte sous-déclaration des cas de rage chez l'humain. Cependant, les morsures d'animaux peuvent faire l'objet d'une enquête étant donné leur incidence plutôt élevée et la probabilité que les victimes aient recours à des traitements par des professionnels de santé. Cleaveland *et al.* (2002) ont utilisé un arbre

de décision de probabilité pour estimer la mortalité humaine à partir des informations fournies par les victimes de morsures d'animaux. Après validation par des études sur le terrain, les auteurs ont estimé qu'en Tanzanie rurale, l'incidence réelle de la rage chez l'humain était 10 à 100 fois plus élevée que l'incidence officiellement déclarée de la rage humaine. (chap. 11).

Des données de routine sérieuses peuvent être utilisées pour les modèles mathématiques (chap. 11), par exemple pour la grippe aviaire. Un modèle mathématique de transmission de la grippe aviaire entre les oiseaux sauvages et les volailles domestiques a été utilisé pour prouver l'intérêt du concept d'une intervention intégrée proposée impliquant la santé humaine, animale et environnementale afin d'interrompre cette transmission (Guan *et al.*, 2007). Toutefois, la modélisation de la prévision n'est possible que lorsque des données primaires appropriées (basées sur le terrain) sont disponibles. Aucun modèle ne peut améliorer des données de qualité discutable.

► Considérations pratiques pour des études One Health

Types d'études en santé publique et en épidémiologie vétérinaire

On peut classer la recherche épidémiologique en deux grandes catégories : les études sur le terrain et les études en milieu hospitalier. En épidémiologie vétérinaire, les études dans les cliniques vétérinaires sont moins fréquentes qu'en santé publique dans les centres médicaux, et les principales catégories sont les études sur le terrain et les études en abattoir ou atelier de boucherie. De toute évidence, les études sur le terrain représentent beaucoup mieux la population générale que les études menées dans les abattoirs, car la répartition par âge des animaux est différente. Les études ont révélé des prévalences significativement plus élevées dans les abattoirs que dans les enquêtes sur le terrain (Agrawal, 2012). Dans certains contextes, les éleveurs envoient de préférence à l'abattoir leurs bovins âgés, improductifs ou infertiles, ce qui augmente les chances de détecter plus d'infections chroniques que dans l'ensemble de la population. Inversement, les agriculteurs peuvent préférer l'abattage à domicile s'ils craignent le rejet des carcasses dans les abattoirs. Une autre contrainte est la quantité limitée d'informations complémentaires sur les animaux. Étant donné que les négociants intermédiaires sont présents dans de nombreuses parties du monde, il y a un manque d'informations sur l'origine, la taille du troupeau ou le système d'élevage. D'autre part, les études sur le terrain exigent beaucoup plus de moyens en termes de coûts, de temps et de gestion. Outre le temps et le transport nécessaire, elles nécessitent également des compétences logistiques plus élevées, comme le stockage des échantillons jusqu'à leur traitement en laboratoire.

Outre la population étudiée, la conception de l'étude est fortement liée au degré de fiabilité des données associé. Par exemple, les études transversales présentent un risque élevé de biais, ce qui soulève des questions sur la validité des résultats. On considère qu'un examen systématique d'études de bonne qualité présente un degré de fiabilité élevé. En 1972, Archie Cochrane a souligné le manque de critiques fiables des données existantes et a établi le concept de médecine basée sur des données probantes. On s'est bientôt rendu compte qu'il fallait aussi élaborer des approches systématiques pour évaluer la qualité des études dans d'autres secteurs de la santé. Par conséquent, la médecine vétérinaire basée sur des données probantes et la santé publique fondée sur des données probantes ont évolué. Malheureusement, jusqu'à aujourd'hui, aucune démarche n'a été réalisée pour adapter la notion de base de données probantes au contexte One Health. Cependant, de nombreux outils et listes de contrôle sont disponibles pour évaluer la qualité des études et les principaux aspects s'appliquent également aux études One Health. Les principales contraintes qui empêchent une interprétation causale sont les

biais, la confusion et le hasard. Sir Austin Bradford Hill (Hill, 1965) a publié l'un des documents les plus importants sur le sujet. Le niveau de preuve le plus élevé est celui des expériences, c'est-à-dire les essais cliniques contrôlés randomisés en groupes. Toutefois, ces essais se révèlent souvent irréalisables pour des raisons éthiques, opérationnelles ou financières. Les études de vaste cohorte bien conçues sont habituellement considérées comme étant de grande qualité. Il convient de noter que non seulement la conception d'études la plus appropriée ne repose pas seulement sur le degré de fiabilité des données, mais aussi sur les caractéristiques de la maladie et de l'exposition. Par exemple, les études de cohortes sont inappropriées si le résultat attendu est de faible intérêt.

Échantillonnage et cadre d'échantillonnage

Les jeunes chercheurs, notamment, sous-estiment souvent la complexité de la planification et de l'échantillonnage dans des milieux aux ressources limitées. Cependant, un échantillon mal prévu et non représentatif peut introduire un biais sévère, ce qui peut facilement doubler ou réduire de moitié la taille effective observée. Malheureusement, ce n'est que si des publications controversées sont publiées que l'importance d'un échantillonnage adéquat attirera davantage l'attention (par exemple, l'article de Burnham *et al.*, 2006, qui a donné lieu à de nombreuses discussions sur le « biais de la voie principale » et a montré les difficultés associées à un échantillonnage adéquat en milieu urbain). Outre un échantillonnage minutieux, une description détaillée de la méthode d'échantillonnage utilisée est obligatoire. De trop nombreuses publications contiennent une description incomplète de la procédure d'échantillonnage. De même, la recherche sur les approches et la théorie de l'échantillonnage a été négligée par les communautés scientifiques tant dans le domaine de la santé humaine que dans celui de l'épidémiologie vétérinaire. Il n'existe que quelques études sur la pertinence ou les biais associés aux techniques d'échantillonnage courantes, mais non aléatoires, comme la « rotation de la bouteille » (c'est-à-dire la rotation d'une bouteille sur le sol pour déterminer une direction). La possibilité d'échantillonner de façon aussi impartiale que possible à l'aide de techniques modernes utilisant des SIG et des images satellitaires demeure également sous-exploitée.

La plupart des techniques statistiques reposent sur l'hypothèse théorique d'un échantillon aléatoire simple, c'est-à-dire que chaque individu de la population a la même probabilité d'être sélectionné et admis dans l'étude. Le cadre d'échantillonnage consiste en une liste comprenant tous les membres — ou aussi complète que possible — de la population. Les individus sont tirés au hasard à partir de ce cadre d'échantillonnage et tous les individus ont la même probabilité d'être inclus dans l'étude. Lorsqu'il n'existe pas de registres complets sur les humains ou les animaux, comme c'est le cas dans la plupart des études, un échantillonnage en groupes à plusieurs niveaux est généralement utilisé. Dans un premier temps, les groupes, c'est-à-dire les unités administratives telles que les villages ou les quartiers, sont sélectionnés au hasard. Si une étude nationale est effectuée, la sélection peut commencer à un niveau supérieur, comme les provinces. Ensuite, les foyers ou les foyers d'éleveurs sont sélectionnés au hasard au sein de chaque groupe. Dans une phase finale, tous les animaux ou un sous-ensemble aléatoire d'animaux sont sélectionnés. La conception normale d'échantillonnage dans le domaine de l'épidémiologie vétérinaire est celle de l'échantillonnage en groupes, puisque les populations de bétail sont généralement regroupées en troupeaux. Étonnamment, l'échantillonnage en groupes est souvent confondu avec l'échantillonnage stratifié. L'échantillonnage en groupes exige une taille d'échantillon plus élevée, ce qui n'est pas le cas pour l'échantillonnage stratifié par rapport à l'échantillonnage aléatoire simple. Les différences sont expliquées dans l'encadré 10.1.

Encadré 10.1. Échantillonnage aléatoire stratifié comparé à l'échantillonnage en groupe.

Dans un échantillonnage aléatoire stratifié, les individus de la population cible sont d'abord divisés en sous-groupes appelés strates. Chaque individu appartient à une strate. Ensuite, un échantillon aléatoire est tiré de chaque strate, par exemple 10 % de la population. Cette approche est intéressante si les sous-populations varient considérablement et si les estimations dans chaque sous-groupe ou les différences entre les sous-groupes présentent un intérêt particulier. L'échantillonnage en groupes est une approche qui consiste à sélectionner au hasard des groupes d'individus plutôt que des individus. Tout comme l'échantillonnage aléatoire stratifié, la population est divisée en groupes distincts, de sorte que chaque individu appartient à un seul groupe. Les groupes sont généralement définis par des limites géographiques ou des unités administratives (en revanche, les strates peuvent être définies comme des groupes d'âge, le sexe, etc. ; fig. 10.1). Les groupes naturels sont des cheptels et des foyers ou des villages. En fonction du sujet de recherche, le groupe peut être sélectionné par échantillonnage aléatoire simple ou avec une probabilité proportionnelle à sa taille. L'échantillonnage en groupes exige des méthodes d'analyse plus sophistiquées et un échantillon de taille supérieure.

Échantillonnage aléatoire stratifié

Échantillonnage en groupes

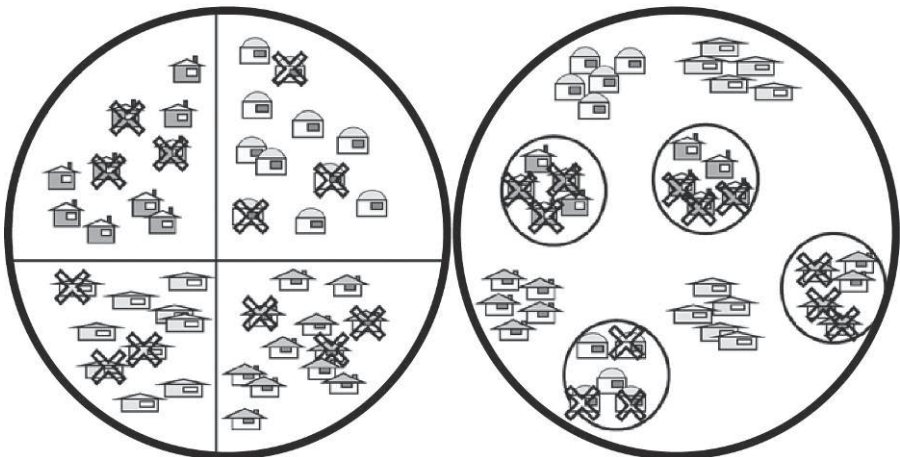


Figure 10.1. Échantillonnage aléatoire stratifié comparé à l'échantillonnage en groupes.

Sélection aléatoire des groupes

Contrairement aux listes d'individus, une grille d'échantillonnage au niveau de chaque groupe, comme une liste de tous les villages d'un certain district, est généralement disponible ou peut être mise en place. Il existe deux approches majeures pour sélectionner les groupes, soit par échantillonnage aléatoire simple, soit, si le nombre d'individus au sein de chaque groupe est connu, par échantillonnage avec une probabilité proportionnelle à la taille (PPT). Dans la première approche, la probabilité de sélection des individus est plus élevée dans les petits groupes. Presque tous les logiciels statistiques sont en mesure d'effectuer un échantillonnage pondéré. S'il n'y a pas de logiciel disponible, la méthode peut également être appliquée sans assistance informatique, comme décrit

dans l'encadré 10.2. Le principal avantage de l'échantillonnage proportionnel à la taille est que chaque individu au sein de la population a la même probabilité d'être sélectionné.

Encadré 10.2. Exemples d'échantillonnage.

Exemple A — Une méthode simple d'échantillonnage proportionnelle à la taille, telle que décrite par Bennett *et al.* (1991) :

- étape 1 : classer au hasard les groupes de votre zone d'étude avec leurs populations ;
- étape 2 : calculer les chiffres cumulatifs de la population (disons 6 700) ;
- étape 3 : choisir un point de départ aléatoire : un nombre aléatoire entre 1 et la taille totale de la population. Dans notre exemple 1 814 ;
- étape 4 : calculer l'intervalle de sondage comme le nombre de groupes à sélectionner (disons 3) divisé par la population totale. Dans notre exemple $6\,700 / 3 = 2\,233$;
- étape 5 : choisir les groupes dont le nombre cumulatif de population est supérieur au seuil de départ, puis ajouter le prochain intervalle de sondage.

Exemple B — Il est parfois fait abstraction du fait que la taille de la population du groupe le plus important doit être inférieure à l'intervalle de sondage. Si le groupe A est supérieur à l'intervalle de sondage — comme c'est le cas dans l'exemple B — il n'y a pas de plan d'échantillonnage valide pour une probabilité de sélection individuelle égale ; à moins que le sujet de recherche et la conception de l'étude permettent que les groupes puissent être sélectionnés plus d'une fois, par exemple la couverture vaccinale des enfants. Différents logiciels statistiques peuvent traiter ce problème de différentes façons. L'environnement logiciel R (v3.0.1) sonde séquentiellement, ce qui n'aboutit pas à un échantillonnage proportionnel à la taille. SAS (proc surveyselect) renverra un message d'erreur si une unité est trop grande. Stata n'a pas de commande intégrée pour sélectionner proportionnellement à la taille. La commande écrite par l'utilisateur « gsample » s'arrêtera également avec un message d'erreur.

Communauté	Exemple A				Exemple B			
	Population	Population cumulée	Probabilité de sélection du cluster	Début + n fois l'intervalle de sondage	Population	Population groupée	Sélection	Début + n fois l'intervalle de sondage
1	1 000	1 000	0,45		1 000	1 000	?	
2	400	1 400	0,18		400	1 400	?	
3	200	1 600	0,09		200	1 600	?	
4	300	1 900	0,13	1 814	300	1 900	?	1 814
5	1 200	3 100	0,54		1 200	3 100	?	
6	1 000	4 100	0,45	4 047	300	3 400	?	
7	1 600	5 700	0,72		2 300	5 700	1	4 047
8	200	5 900	0,09		200	5 900	?	
9	350	6 250	0,16		350	6 250	?	
10	450	6 700	0,20	6 280	450	6 700	?	6 280

Étant donné que le risque de maladies infectieuses dépend généralement de la densité, cette approche fournit une estimation non biaisée de la prévalence. L'un des défis d'une étude One Health tient au fait que les humains et les animaux sont enquêtés de façon simultanée. Il faut prendre en compte le fait que les probabilités de sélection ne peuvent être attribuées qu'à une seule population, donc soit au nombre d'humains d'intérêt, soit

au nombre d'animaux en même temps On pourrait argumenter en faveur du choix de l'hôte principal du réservoir présumé comme base de sondage. Au cours de l'analyse des données, des pondérations d'échantillonnage peuvent être utilisées pour produire des estimations représentatives.

Si une liste de villages ou de quartiers ne peut être déterminée — par exemple, les bidonvilles sont problématiques dans ce contexte parce qu'ils sont très changeants — des approches alternatives doivent être appliquées. Mais l'approche doit être choisie avec soin, étant donné que pratiquement toutes sont soumises à un biais de sélection. L'une des méthodes, qu'il est admis de tolérer sans biais, est la production aléatoire de coordonnées géographiques dans la zone d'étude à l'aide de SIG ou autre logiciel et la sélection de la communauté la plus proche du point généré. Toutefois, un déséquilibre peut se produire parce que les villages situés dans des zones faiblement peuplées ont une probabilité plus élevée d'être sélectionnés que les villages situés dans des zones densément peuplées.

Comme pour les humains et les animaux, les critères d'inclusion et d'exclusion doivent être clairement énoncés dans le protocole d'étude, par exemple, les villages doivent être accessibles en voiture durant la saison des pluies ou doivent compter au minimum un foyer éleveur de bétail. De même, la zone d'étude doit être clairement définie. Ce n'est pas le cas des énoncés tels que « villages situés dans un rayon d'accès en voiture en un temps donné ». Des méthodes d'échantillonnage telles que « les villages ont été sélectionnés sur la base de la proximité » constituent clairement une approche de sélection intentionnelle et, par conséquent, ne conviennent pas à la collecte de données quantitatives.

Échantillonnage des humains dans les villages ou les communautés

L'approche de loin la plus courante de sélection des personnes dans une communauté rurale est la sélection aléatoire des foyers éligibles, mais cette approche nécessite une liste de tous les foyers comme cadre d'échantillonnage. Une telle liste peut généralement être compilée avec le chef de village, qui de toute façon doit être informé des activités de recherche. Dessiner une carte ou utiliser une image satellite peut s'avérer utile dans le cadre d'études longitudinales. Le choix des foyers éligibles, c'est-à-dire uniquement les foyers d'éleveurs ou tous les foyers, dépend de la maladie, du contexte culturel et de la nature de la recherche. Lorsque la priorité est de couvrir autant de villages que possible, par exemple pour estimer la couverture vaccinale, des méthodes alternatives telles que les techniques de segmentation et les transects aléatoires (rotation de la bouteille) sont fréquemment appliquées, mais surtout cette dernière approche risque d'introduire des biais.

Après avoir sélectionné des foyers de façon aléatoire, l'étape suivante consiste à sonder les personnes vivant au sein des foyers. Pour certains types de recherche, seules les personnes ayant des contacts rapprochés avec les animaux peuvent être intéressantes, mais pour une compréhension détaillée de l'épidémiologie et des voies de transmission, tous les membres de la famille sont souvent considérés comme éligibles (pour des raisons éthiques et pratiques, les enfants ou les jeunes enfants sont parfois exclus). Dans des conditions idéales, tous les membres de la famille sont inclus. Mais si les procédures de diagnostic sont longues ou coûteuses, il peut être préférable de ne sonder que certains membres du foyer pour faire en sorte que le pourcentage de foyers ne soit pas compromis. Si un seul ou quelques membres du foyer sont sélectionnés, il est important d'être attentif au « biais lié à la taille du foyer ». Étant donné que tous les foyers ont la même probabilité d'être sélectionnés et qu'une seule personne par foyer est choisie de façon aléatoire, les individus vivant dans de petits foyers ont évidemment une probabilité de sélection

plus élevée que ceux vivant dans des foyers comptant plusieurs membres d'une même famille. Étant donné que la taille du foyer est associée à la structure par âge — de nombreuses maladies ont une répartition en fonction de l'âge — le biais pourrait être important.

Sélection aléatoire d'animaux

Le consentement éclairé est requis avant le sondage de tous les propriétaires d'animaux (voir les considérations éthiques ci-dessous). L'enquêteur a la responsabilité de la sélection aléatoire des animaux. Les propriétaires d'animaux ont tendance à retenir les animaux les moins sains en espérant que le vétérinaire en place leur fournira un traitement et il faut donc s'assurer que les propriétaires influencent le moins possible la sélection. Si le propriétaire a une liste complète de tous les animaux éligibles, une sélection aléatoire simple peut être organisée. Cependant, la méthode d'échantillonnage la plus courante consiste à demander aux propriétaires de bétail de conduire les animaux dans un enclos ou un parc. Le dénombrement total du cheptel (par exemple, 100 moutons) est divisé par la taille de l'échantillon (par exemple 10), ce qui donne l'intervalle d'échantillonnage (dans notre cas 10). À la sortie de l'enclos, un mouton sur 10 est échantillonné, le premier mouton étant sélectionné à l'aide d'un nombre aléatoire de 1 à l'intervalle d'échantillonnage, par exemple en puisant un numéro dans un sac ou à l'aide d'un dé si l'intervalle d'échantillonnage est inférieur ou égal à 6.

Prévalence au niveau du cheptel

Pour de nombreuses maladies, la prévalence est intéressante non seulement au niveau de l'animal, mais aussi au niveau du cheptel. Lorsque tous les animaux du troupeau sont échantillonnés et qu'un test de diagnostic parfait est appliqué, aucun biais ne découle du calcul de la prévalence au niveau du cheptel. Cela devient plus compliqué si l'estimation doit être corrigée pour tenir compte des imperfections de la sensibilité et de la spécificité imparfaite du test et lorsque seule une petite partie de tous les animaux est échantillonnée. Si les animaux ont été choisis au hasard dans chaque troupeau, l'estimation de la prévalence au niveau de l'animal sera non biaisée, mais ce n'est pas le cas pour la prévalence au niveau du cheptel. Des formules sont disponibles pour calculer les prévalences correspondantes au niveau du cheptel (Faes *et al.*, 2011).

Analyse statistique

Étant donné que l'échantillonnage en groupes est une caractéristique de la conception de l'étude et que les résultats intéressants sont susceptibles d'être corrélés au sein des groupes, l'analyse de données doit en tenir compte. Une présentation exhaustive va au-delà de la portée de ce chapitre. Nous présentons quelques aspects clés, qui devraient être pris en compte dans l'analyse. Théoriquement, les logiciels statistiques modernes sont dans la plupart des cas capables de gérer plusieurs niveaux de regroupement, c'est-à-dire les animaux au sein des troupeaux, les troupeaux au sein des villages, les villages au sein des unités administratives. Toutefois, dans la pratique, un seul niveau de regroupement est pris en compte dans l'analyse. La question essentielle qui se pose dans ce contexte est : quelle est l'unité écologique ? Si tous les animaux d'un village circulent librement et se mêlent aux points d'eau et pendant le pâturage, tous les animaux de ce village doivent être considérés comme un seul troupeau. Si les animaux sont parqués dans des pâturages clôturés et dispersés, l'unité écologique est plus probablement le troupeau individuel. Une méthode statistique de plus en plus répandue qui tient compte de l'échantillonnage au niveau des groupes est le modèle linéaire mixte généralisé. (MLMG). Cette méthode s'applique également à l'échantillonnage en groupes à plusieurs niveaux. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle repose sur des hypothèses strictes, difficiles à évaluer et rare-

ment vérifiées en pratique. En particulier, s'il existe de nombreux groupes à prévalence nulle, les hypothèses sont susceptibles d'être remises en cause. On peut aussi utiliser des modèles d'équation d'estimation généralisée (EGE). Ils sont relativement faciles à appliquer, mais se traduisent par des intervalles de confiance trop étroits si le nombre de groupes est faible (par exemple, moins de 30). En outre, il est impossible d'estimer le coefficient de corrélation intra-groupe (voir ci-dessous) et l'interprétation est légèrement différente.

L'analyse combinée des données humaines et animales constitue un défi, car un seul individu ne peut être lié qu'à un seul animal sous certaines conditions. Une analyse conjointe exige habituellement un certain niveau d'agrégation ou d'abstraction. Cependant, pour de nombreux sujets de recherche, comme l'évaluation de l'impact d'une intervention simultanément sur les humains et les animaux, l'analyse statistique conjointe est moins importante que la présentation et l'interprétation conjointes des résultats.

Considérations liées à la taille de l'échantillon

La détermination de la taille de l'échantillon dans l'échantillonnage en groupes est plus sophistiquée, puisque les individus au sein du même groupe peuvent être mis en corrélation. Cela semble évident pour les maladies infectieuses, mais cela peut également être dû au fait que les individus d'un même groupe sont plus semblables en ce qui concerne l'exposition environnementale, la nutrition, le comportement culturel ou les facteurs génétiques. Cette similarité est exprimée par le coefficient de corrélation intra-groupe ρ . ρ est calculé à partir de la variance intra-groupe et de la variance inter-groupes. ρ et la taille moyenne du groupe (b) peuvent être utilisés pour calculer l'effet de conception de l'étude, qui peut être interprété comme un facteur de correction. La taille de l'échantillon calculée pour l'échantillonnage aléatoire simple doit être multipliée par l'effet de conception (EP) pour obtenir la taille finale de l'échantillon (Bennett *et al.*, 1991).

$$EP = 1 + (b - 1) \times \rho$$

ρ est le plus souvent inconnu au stade de la conception et difficile à prévoir. Si aucune information provenant d'études antérieures comparables dans des contextes similaires n'est disponible, ρ est généralement fixé à 0,2. Cette valeur est choisie parce qu'il a été démontré que ρ dépasse rarement 0,3 et est souvent inférieur à 0,2. A moins que le nombre d'individus échantillonnés ne soit faible, l'augmentation du nombre de groupes aura généralement un effet plus important sur la taille de l'échantillon que l'augmentation du nombre d'individus par groupe. À l'exception de résultats très exceptionnels, il est rarement sensé d'échantillonner plus de 30 à 50 personnes par groupe. Cependant, des considérations de caractère pratique devraient être prises en compte. Lorsque la distance entre les groupes est grande, le nombre d'individus par groupe doit être choisi en sorte que la collecte des données puisse être effectuée en 1 ou 2 jours complets. Enfin, l'absence de consentement et, dans les études longitudinales, la déperdition dans le suivi devrait être prise en compte lors de la détermination de la taille finale de l'échantillon.

» Considérations éthiques dans les études One Health

L'objectif commun des vétérinaires et des médecins est de promouvoir la santé et le bien-être de leurs patients et de fournir un traitement dans la mesure du possible. Il existe des rapprochements entre les deux secteurs en ce qui concerne l'éthique individuelle par rapport à l'éthique d'une communauté, notamment la limitation des coûts, une meilleure utilisation des ressources (prioritaire à la plupart des approches coût-avan-

tage et approches rentables), l'immunité collective, l'assainissement et les groupes à haut risque. L'éthique en matière de santé publique a une vaste portée recouvrant les questions éthiques et sociales liées à la promotion de la santé et à la prévention des maladies, à la recherche épidémiologique et à la pratique de la santé publique (Coughlin, 2006). Les préoccupations éthiques en matière de santé publique ont souvent un rapport avec la double obligation des professionnels de la santé publique d'acquérir et d'appliquer des connaissances scientifiques visant à restaurer et à protéger la santé publique tout en respectant l'autonomie individuelle. En médecine vétérinaire, le client (normalement le propriétaire de l'animal) qui fait le choix du traitement n'est pas le patient. Néanmoins, il existe une obligation de communiquer et de divulguer les risques comme en médecine humaine (Johnston, 2013). Les épidémies touchent non seulement les agriculteurs, mais également l'ensemble du secteur agricole et même l'économie nationale. Van Vlis-singen (2001) a publié une liste résumant les facteurs qui jouent un rôle dans l'évaluation éthique des politiques et des actions sur les cas présumés de maladies animales. La liste inclut les aspects des intérêts des animaux, les intérêts des propriétaires, les intérêts des vétérinaires, les intérêts d'une population animale, les intérêts de santé publique et les intérêts économiques (chap. 2 et 3).

Toute enquête soulève des considérations éthiques, ce qui est également vrai pour les études sur les zoonoses sans échantillonnage ni test des personnes. Le consentement éclairé de toutes les personnes interrogées est nécessaire. Les participants ont le droit de connaître les résultats des tests sur leurs animaux, car un résultat positif peut présenter un risque pour leur santé, celle de leur famille et celle des consommateurs des produits de leurs animaux. Une étude sur les zoonoses exige une collaboration étroite avec les organismes gouvernementaux. Il est impossible, par exemple, que le gouvernement puisse abattre (sans indemnisation) les animaux qui ont été testés positifs pour la brucellose dans le cadre d'une enquête. La collaboration avec les autorités permet également de mieux garantir que les résultats servent à identifier les interventions qui sont entièrement prises en charge par les communautés. Des mesures de protection appropriées doivent être promues et leur application facilitée par le projet (chap. 30).

► Avantages et obstacles éventuels à la réalisation des études One Health

Rabinowitz *et al.* (2013) ont conclu que toutes les études qualifiées du concept « preuve de concept » One Health n'utilisaient pas le terme One Health dans leurs publications. D'autres, à leur tour, peuvent se référer à One Health, mais ne répondent pas nécessairement à nos critères ci-dessus. La pression de publication dans des revues à grand impact — et les revues à grand impact sont des publications spécialisées — oblige les chercheurs à scinder leurs résultats et à les publier en fonction des possibilités de leur discipline. Les efforts interdisciplinaires/intersectoriels peuvent disparaître dans ce contexte de publication. Il est actuellement plus facile que par le passé de publier des résultats inter-disciplinaires. Mais dans un manuscrit interdisciplinaire, les codes de chaque discipline ne peuvent pas être respectés intégralement, et chaque discipline ne peut être présentée que de façon sommaire, ce qui, par la suite, ne satisfait pas toujours les examinateurs spécialistes d'un contexte donné. De plus, il est possible que les revues interdisciplinaires n'atteignent pas leur public cible principal. Par exemple, il est plus probable qu'un vétérinaire consulte des revues vétérinaires sans consulter, par exemple, une publication sur l'éco-santé, même si cette dernière peut contenir des articles pertinents pour son travail.

La plupart des études One Health sont menées par des vétérinaires. Historiquement, la profession de médecin vétérinaire s'est toujours concentrée sur la protection et l'amélioration de la santé animale et humaine. Contrairement à leurs confrères de médecine humaine contemporaine, les vétérinaires doivent avoir des connaissances sur de multiples espèces (Kahn *et al.*, 2007). Les médecins sont plutôt strictement formés pour effectuer des travaux cliniques, et moins pour envisager les interactions avec leur environnement proche et lointain. Nous n'avons présenté ci-dessus que quelques exemples de projets qui tiennent compte des facteurs écosystémiques, bien que l'on doive intégrer davantage les facteurs environnementaux et écosystémiques dans les évaluations et les interventions sur les maladies (Rabinowitz *et al.*, 2013). Une évaluation des impacts socio-écologiques et systémiques des développements agricoles sur la santé et le bien-être des humains, des animaux et des écosystèmes peut se traduire par des évaluations plus équilibrées de l'impact des changements dans un secteur et des conséquences imprévues éventuelles dont il faudrait se méfier (Zinsstag *et al.*, 2011). Des systèmes de surveillance conjointe devraient garantir l'harmonisation des données entre les secteurs, du niveau local au niveau national. Ces systèmes de surveillance devraient également être en mesure de réagir aux cas anormaux de maladie signalés. Les systèmes existants font actuellement l'objet d'une évaluation et de nouvelles approches telles que la surveillance syndromique et la surveillance fondée sur les risques ou l'utilisation de sources d'information alternatives sont en cours d'évaluation, mais doivent également démontrer qu'ils peuvent générer des informations utiles — et qu'ils peuvent utiliser des synergies entre secteurs et ainsi réduire les coûts. L'utilisation de données existantes, collectées à d'autres fins, rend l'intégration des données plus chronophage. Souvent, les humains sont encore les sentinelles de foyers de zoonoses, même si les zoonoses peuvent être détectées plus tôt chez les animaux. Il convient de noter que la surveillance et le contrôle ne portent pas uniquement sur les maladies. Il y a, et il devrait également y avoir, une surveillance des acteurs, des indicateurs démographiques de la santé et de la capacité d'intervention.

Alors que les études One Health présentent le plus souvent un échantillon concomitant d'humains et d'animaux, une conception et une mise en œuvre appropriées réclament plus d'attention et peuvent exiger plus de financement. Les données acquises de différentes sources sont associées à davantage de facteurs de variation, voire de biais et de confusions. La qualité des données est toujours primordiale et représente un enjeu particulier dans une étude One Health, car une chaîne n'est pas plus solide que ne l'est son maillon le plus faible et il y a de nombreux maillons. Les sources potentielles d'erreurs vont du biais de sélection à des erreurs de classement dues à la faible performance des tests diagnostiques, compromettant ainsi la validité des résultats.

Nous identifions ci-dessous les avantages d'une conception d'étude One Health :

1. des études simultanées sur la santé humaine et animale permettent de mieux évaluer les liens épidémiologiques des zoonoses, y compris les agents pathogènes d'origine alimentaire et les résistances aux antibiotiques qui, sans cela, ne pourraient être observés ;
2. la recherche commune sur le terrain par des équipes mixtes peut servir de noyau à une collaboration intersectorielle et à un meilleur partage de l'information dans un pays et une région ;
3. la perspective One Health améliore la surveillance et la communication intersectorielles, par exemple pour la rage, et l'émergence de zoonoses peut être détectée plus tôt si les animaux sont utilisés comme sentinelles ;
4. la surveillance conjointe d'une intervention, par exemple sur la brucellose, peut indiquer si des mesures correctives sont à appliquer dans la mise en œuvre de l'intervention

sur le bétail et si une diminution de l'incidence de la brucellose humaine au fil du temps peut être le résultat le plus probant d'une vaccination réussie du bétail ;
 5. L'évaluation de la capacité de réaction et de l'offre de services peut conduire à relancer les discussions sur les besoins humains et financiers des secteurs pour gérer les épidémies zoonotiques.

► Références

- Agrawal M., 2012. *Schistosomes and Schistosomiasis in South Asia*. Springer, New Delhi.
- Bardosh K., Thys S., 2012. Socio-cultural research on neglected zoonoses in Africa: a literature review analysis. Poster presented at the Ecohealth conference, Kunming, 2012.
- Bartlett P.C., Judge L.J., 1997. The role of epidemiology in public health. *Revue Scientifique et Technique OIE*, 16, 331-336.
- Bennett S., Woods T., Liyanage W.M., Smith D.L., 1991. A simplified general method for cluster-sample surveys of health in developing countries. *World Health Statistics Quarterly*, 44, 98-106.
- Bonfoh B., Wasem A., Traoré A.N., Fané A., Spillmann H., Simbé C.F., Alfaroukh I.O., Nicolet J., Farah Z., Zinsstag J., 2003. Microbiological quality of cows' milk taken at different intervals from the udder to the selling point in Bamako (Mali). *Food Control*, 14, 495-500.
- Bonfoh B., Kasymbekov J., Durr S., Toktobaev N., Doherr M.G., Schueth T., Zinsstag J., Schelling E., 2012. Representative seroprevalences of brucellosis in humans and livestock in Kyrgyzstan. *EcoHealth*, 9(2), 132-138.
- Burnham G., Lafta R., Doocy S., Roberts L., 2006. Mortality after the 2003 invasion of Iraq: a cross-sectional cluster sample survey. *Lancet*, 368, 1421-1428.
- Canadian Integrated Program for Antimicrobial Resistance Surveillance., CIPARS., 2007. Salmonella Heidelberg ceftiofur-related resistance in human and retail chicken isolates. <http://www.phac-aspc.gc.ca/cipars-picra/heidelberg/heidelberg-eng.php> (consulté le 10 octobre 2014).
- Cleaveland S., Fèvre E.M., Kaare M., Coleman P.G., 2002. Estimating human rabies mortality in the United Republic of Tanzania from dog bite injuries. *Bulletin of the World Health Organization*, 80, 304-310.
- Clifford D.L., Kazwala R.R., Sadiki H., Roug A., Muse E.A., Coppolillo P.C., Mazet J.A., 2013. Tuberculosis infection in wildlife from the Ruaha ecosystem Tanzania: implications for wildlife, domestic animals, and human health. *Epidemiology & Infection*, 141, 1371-1381.
- Coughlin S.S., 2006. Ethical issues in epidemiologic research and public health practice. *Emerging Themes in Epidemiology*, 3, 16.
- Dean A.S., Bonfoh B., Kulo A.E., Boukaya G.A., Amidou M., Hattendorf J., Pilo P., Schelling E., 2013. Epidemiology of brucellosis and Q Fever in linked human and animal populations in northern Togo. *PLoS One*, 8, e71501.
- Dean A.S., Schelling E., Bonfoh B., Kulo A.E., Boukaya G.A., Pilo P., 2014. Deletion in the gene BruAb2_0168 of Brucella abortus strains: diagnostic challenges. *Clinical Microbiology and Infection*, 20, 0550-0553.
- El Sherbini A., Kabbash I., Schelling E., El Shennawy S., Shalapy N., Elnaby G.H., Helmy A.A., Eisa A., 2007. Seroprevalences and local variation of human and livestock brucellosis in two villages in Gharbia Governorate, Egypt. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 101, 923-928.
- Enserink M., 2010. Infectious diseases. Questions abound in Q-fever explosion in the Netherlands. *Science*, 327, 266-267.
- Faes C., Aerts M., Litiere S., Meroc E., Van der Stede Y., Mintiens K., 2011. Estimating herd prevalence on the basis of aggregate testing of animals. *Journal of the Royal Statistical Society Series A – Statistics in Society*, 174, 155-174.
- Firdessa R., Berg S., Hailu E., Schelling E., Gumi B., Erenso G., Gadisa E., Kiros T., Habtamu M., Hussein J., Zinsstag J., Robertson B.D., Ameni G., Lohan A.J., Loftus B., Comas I., Gagneux S.,

- Tschopp R., Yamuah L., Hewinson G., Gordon S.V., Young D.B., Aseffa A., 2013. Mycobacterial lineages causing pulmonary and extrapulmonary tuberculosis, Ethiopia. *Emerging Infectious Diseases*, 19, 460-463.
- Forde M., Morrison K., Dewailly E., Badrie N., Robertson L., 2011. Strengthening integrated research and capacity development within the Caribbean region. *BMC International Health and Human Rights*, 11(Suppl. 2), S7.
- Grace D., Gilbert J., Lapar M.L., Unger F., Fèvre S., Nguyen-Viet H., Schelling E., 2011. Zoonotic emerging infectious disease in selected countries in southeast Asia: insights from ecohealth. *EcoHealth* 8, 55-62.
- Guan Y., Chen H., Li K., Riley S., Leung G., Webster R., Peiris J., Yuen K., 2007. A model to control the epidemic of H5N1 influenza at the source. *BMC Infectious Diseases* 7, 132.
- Gumi B., Schelling E., Berg S., Firdessa R., Erenso G., Mekonnen W., Hailu E., Melese E., Hussein J., Aseffa A., Zinsstag J., 2012. Zoonotic transmission of tuberculosis between pastoralists and their livestock in South-East Ethiopia. *EcoHealth*, 9, 139-149.
- Hill A.B., 1965. The environment and disease: association or causation? *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58, 295-300.
- Johnston C., 2013. Lessons from medical ethics. In : Wathes, C.M., Corr, S.A., May, S.A., McCulloch, S.P., Whiting, M.C. (eds) *Veterinary & Animal Ethics*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.
- Kahn L.H., Kaplan B., Steele J.H., 2007. Confronting zoonoses through closer collaboration between medicine and veterinary medicine (as 'one medicine'). *Veterinaria Italiana*, 43, 5-19.
- Kaindi D.W., Schelling E., Wangoh J.M., Imungi J.K., Farah Z., Meile L., 2012. Risk factors for symptoms of gastrointestinal illness in rural town Isiolo, Kenya. *Zoonoses and Public Health*, 59, 118-125.
- Karimuribo E.D., Sayalel K., Beda E., Short N., Wambura P., Mboera L.G., Kusiluka L.J., Rweyemamu M.M., 2012. Towards one health disease surveillance: the Southern African Centre for Infectious Disease Surveillance approach. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 79, 454.
- Mariner J.C., Pfeiffer D.U., Costard S., Knopf L., Zingales J., Chibeu D., Parmley J., Musenero M., Pisang C., Okuthe S., Boland P., Jost C.C., Hendrickx S., Mehta P., 2011. *Surveillance for the Present and the Future. Challenges of Animal Health Information Systems and Surveillance for Animal Diseases and Zoonoses*. FAO, Rome.
- Mazet J.A., Clifford D.L., Coppolillo P.B., Deolalikar A.B., Erickson J.D., Kazwala R.R., 2009. A 'one health' approach to address emerging zoonoses: the HALI project in Tanzania. *Plos Medicine*, 6, e1000190.
- Messenger A.M., Barnes A.N., Gray G.C., 2014. Reverse zoonotic disease transmission (zooanthroponosis): a systematic review of seldom-documented human biological threats to animals. *PLoS One*, 9, e89055.
- Nutter F.W., 1999. Understanding the interrelationships between botanical, human, and veterinary epidemiology: the Ys and Rs of it all. *Ecosystem Health*, 5, 131-140.
- Omran A.R., 1971. The epidemiologic transition. A theory of the epidemiology of population change. *The Milbank Quarterly*, 49, 509-538.
- Parkes M.W., Charron D.F., Sanchez A., 2012. Better together: field-building networks at the frontiers of ecohealth research. In : Charron, D.F. (ed.) *Ecohealth Research in Practice: Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health*. Springer and International Development Research Centre, Ottawa.
- Rabinowitz P.M., Kock R., Kachani M., Kunkel R., Thomas J., Gilbert J., Wallace R., Blackmore C., Wong D., Karesh W., Natterson B., Dugas R., Rubin C., 2013. Toward proof of concept of a one health approach to disease prediction and control. *Emerging Infectious Diseases*, 19(12).
- Randolph T.F., Schelling E., Grace D., Nicholson C.F., Leroy J.L., Cole D.C., Demment M.W., Omere A., Zinsstag J., Ruel M., 2007. Invited review: Role of livestock in human nutrition and health for poverty reduction in developing countries. *Journal of Animal Science*, 85, 2788-2800.

- Schelling E., Kimani T., 2007. Human and animal health response capacity and costs: a rapid appraisal of the 2007 Rift Valley fever outbreak in Kenya. International Livestock Research Institute.
- Schelling E., Diguimbaye C., Daoud S., Nicolet J., Boerlin P., Tanner M., Zinsstag J., 2003. Brucellosis and Q-fever seroprevalences of nomadic pastoralists and their livestock in Chad. *Preventive Veterinary Medicine*, 61, 279-293.
- Schelling E., Daoud S., Daugla D.M., Diallo P., Tanner M., Zinsstag J., 2005. Morbidity and nutrition patterns of three nomadic pastoralist communities of Chad. *Acta Tropica*, 95, 16-25.
- Schelling E., Bechir M., Ahmed M.A., Wyss K., Randolph T.F., Zinsstag J., 2007. Human and animal vaccination delivery to remote nomadic families, Chad. *Emerging Infectious Diseases*, 13, 373-379.
- van Loenhout J.A., Paget W.J., Vercoulen J.H., Wijkmans C.J., Hautvast J.L.A., van der Velden K., 2012. Assessing the long-term health impact of Q-fever in the Netherlands: a prospective cohort study started in 2007 on the largest documented Q-fever outbreak to date. *BMC Infectious Diseases*, 12, 280.
- van Vlissingen M., 2001. Professional ethics in veterinary science – considering the consequences as a tool for problem solving. *Veterinary Sciences for Tomorrow*, 1, 1-8.
- VWB/VSF Canada, 2010. One Health for One World: A Compendium of Case Studies. <https://www.vetswithoutborders.ca/images/pdfs/OHOW%20Compendium%20Case%20Studies.pdf> (consulté le 10 octobre 2014).
- Wendt A., Kreienbrock L., Campe A., 2014. Zoonotic Disease Surveillance – Inventory of Systems Integrating Human and Animal Disease Information. *Zoonoses and Public Health* doi: 10.1111/zph.12120.
- WHO, EU, ILRI, DBL, FAO, OIE, AU, 2009. Integrated Control of Neglected Zoonotic Diseases in Africa / Applying the 'One Health' Concept, Nairobi, 13-15 November 2007. http://whqlibdoc.who.int/hq/2008/WHO_HTM_NTD_NZD_2008.1_eng.pdf (consulté le 10 octobre 2014).
- Winkler M.S., Krieger G.R., Divall M.J., Singer B.H., Utzinger J., 2012. Health impact assessment of industrial development projects: a spatio-temporal visualization. *Geospatial Health*, 6, 299-301.
- Zinsstag J., 2012. Convergence of EcoHealth and One Health. *EcoHealth*, 9, 371-373.
- Zinsstag J., Schelling E., Daoud S., Schierle J., Hofmann P., Diguimbaye C., Daugla D.M., Ndoutamia G., Knopf L., Vounatsou P., Tanner M., 2002. Serum retinol of Chadian nomadic pastoralist women in relation to their livestock's milk retinol and beta-carotene content. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 72, 221-228.
- Zinsstag J., Schelling E., Roth F., Bonfoh B., de Savigny D., Tanner M., 2007. Human benefits of animal interventions for zoonosis control. *Emerging Infectious Diseases*, 13, 527-531.
- Zinsstag J., Schelling E., Waltner-Toews D., Tanner M., 2011. From 'one medicine' to 'one health' and systemic approaches to health and well-being. *Preventive Veterinary Medicine*, 101, 148-156.

