

• Mobiliser le concept de zone critique pour mener des recherches interdisciplinaires

Céline Duwig et Sébastien Hardy,
IRD, UMR IGE, Grenoble, France

Mise en contexte

Interface entre les enveloppes fluides et la surface solide de la Terre, gouvernée par des liens complexes entre les processus physiques, biochimiques et les activités humaines à différentes échelles, la zone critique, support de la vie sur la Terre, est un objet complexe qui incite à mener des recherches interdisciplinaires. Si les disciplines en sciences de la Terre et de la vie ont commencé à joindre leurs forces, les interactions entre les sciences de l'environnement et les sciences humaines et sociales restent moins développées. À travers l'exemple de la gestion de l'eau à El Alto, en Bolivie, cette étude montre comment géosciences et sciences sociales peuvent dialoguer pour donner naissance à de nouvelles connaissances utiles afin de proposer des solutions aux impacts de la variabilité climatique et des activités humaines.

Contact

celine.duwig@ird.fr
sebastien.hardy@ird.fr

Pour aller plus loin

HARDY S., ROBERT J., 2021 – Entre grand système et alternatives d'approvisionnement en eau à Lima et La Paz. *Echogéo*, 57.

ARCHUNDIA D., DUWIG C., SPADINI L. *et al.*, 2017 – How uncontrolled urban expansion increases the contamination of the Titicaca lake basin (El Alto – La Paz, Bolivia). *Water, Air and Soil Pollution*, 228 : 44.

La zone critique d'El Alto étudiée depuis le prisme des géosciences

Dans la zone semi-aride des Andes où est située la ville d'El Alto, deuxième ville la plus peuplée de Bolivie, la disponibilité de la ressource en eau soulève des questions liées à la variabilité climatique, aux tensions autour des usages de l'eau et des pollutions que ces derniers provoquent. Dans ce contexte, il est fondamental d'un point de vue géophysique de quantifier et qualifier cette ressource en modélisant les flux d'eau et de contaminants,

ainsi que la disponibilité en eau de surface et souterraine. En utilisant le concept de zone critique, les recherches permettent de détecter des contaminants et leur migration dans les eaux et les sols du bassin-versant et d'en prévoir le devenir et les impacts sur les socio-écosystèmes. Par exemple, le régime des eaux de surface est intermittent dans ce climat semi-aride de haute altitude et certaines rivières ont un débit provenant exclusivement des rejets d'eaux usées traitées et non traitées durant la saison sèche. Le réseau hydrographique en aval des activités anthropiques est fortement



La sécurisation de l'approvisionnement en eau potable dans le bassin Katari invite à revoir le contrôle des eaux usées des activités humaines, qui restent pour l'essentiel rejetées sans traitement, parfois juste à côté des captations.

contaminé en nutriments (azote, phosphore, carbone), en bactéries coliformes et également en résidus pharmaceutiques. Des séquences d'ADN codant pour des gènes de résistance à un antibiotique (le sulfaméthoxazole) ont été retrouvées dans l'ensemble du bassin jusque dans le lac Titicaca. Par ailleurs, la ville d'El Alto est construite sur un important aquifère localisé dans des formations du Quaternaire dérivées des sédiments fluvioglaciaires, dont la recharge se fait essentiellement par les précipitations intenses durant les mois de janvier et février. Cet aquifère est déjà touché par la contamination urbaine, puisque, en aval de la ville, des concentrations importantes en nitrates et en chlore ainsi qu'en sulfaméthoxazole ont été détectées. Pourtant, sans avoir une connaissance des sources de ces contaminants ou des usages des sols et des eaux, il est impossible de préconiser des méthodes de gestion à la fois respectueuses de l'environnement et adaptées à la réalité socio-économique locale.

Le nécessaire regard du géographe

Analyser la vulnérabilité de l'approvisionnement en eau pour anticiper des crises et les gérer amène le géographe à étudier la disponibilité de la ressource et les menaces qui pèsent sur celle-ci. Les activités polluantes générées par les populations, en particulier le rejet d'eaux usées d'usage domestique, industriel et agricole, en grande majorité non traitées, en amont comme en aval d'El Alto, affectent particulièrement la ressource en eau de l'aquifère du bassin-versant. Cartographier cette pollution s'avère être par la même occasion un outil de sensibilisation des parties prenantes, à partir duquel étudier des solutions. Cette cartographie est construite

en constituant une base de données géolocalisées des activités qui sont ensuite triées en fonction, par exemple, de leur origine (industrie lourde, industrie pharmaco-chimique, exploitation minière, élevage industriel, etc.), de leur taille, de leur localisation à proximité d'un cours d'eau ou d'un puits ou d'une zone de recharge de l'aquifère ou à l'amont/aval d'une ressource en eau. S'il ne recense pas les activités informelles qui représentent jusqu'à 80 % de l'activité en Bolivie, le recensement des activités formelles établi par la chambre de commerce et d'industrie du département de La Paz constitue une base de travail qui peut être enrichie par des recensements de données issues du terrain. En effet, les activités informelles suivent des logiques spatiales et s'installent très généralement à proximité des activités formelles pour des raisons de complémentarité et de logistique. Même approximatif, l'établissement de cette cartographie indique les grandes tendances de la localisation des activités polluantes, améliorable au fur et à mesure que les parties prenantes réalisent la mesure de son utilité.

Pollinisation fertile des savoirs :

1+1 = 3

Les données et résultats des chercheurs en géosciences et en sciences sociales sur la dynamique de l'usage des sols, la géolocalisation des sources de pollution et leur circulation dans l'aquifère, à différentes échelles temporelles et spatiales, sont désormais partagées et leurs interrelations mises en évidence grâce au concept de zone critique. L'intérêt réside ainsi dans une évaluation plus fine de la vulnérabilité de la ressource en eau disponible. Il ne s'agit plus seulement en effet de donner à connaître

la quantité d'eau de l'aquifère, mais de déterminer si cette eau est mobilisable ou pas pour des activités humaines en fonction de la dynamique de circulation de l'eau et des contaminants associés. Cette mise en commun de résultats disciplinaires permet de comprendre et de prévoir les mécanismes de rétroactions sur le cycle de l'eau, entre l'augmentation de l'anthropisation d'un côté et le changement climatique de l'autre (voir illustration). Elle permet également la création de *scenarii* qui reflètent mieux la réalité des interactions entre la société et la zone critique. Par ailleurs, le croisement de ces données permet de proposer aux parties prenantes (ministères, agences de bassins, municipalités) des remédiations plus efficaces, car mieux ciblées. Ce ciblage facilite le chemin vers l'obtention de compromis entre exploitation et préservation de la ressource sur le long terme en aidant à identifier les étapes d'une feuille de route des actions à mener, acceptables par tous : par exemple, optimiser les zones de recharge de l'aquifère en garantissant la qualité de l'eau de recharge par des réglementations délimitant ces zones,

choisir le type de rejet à traiter, etc. Ces actions à visée consensuelle auraient plus de chance d'être respectées, car d'intérêt commun entre les différents usagers de la ressource. Enfin, intéresser les parties prenantes aux résultats est aussi un moyen de les mobiliser pour faciliter les travaux de recherche, par exemple en aidant les recensements auprès des populations et les accès aux points de mesures (les puits dans les communautés) ou encore la mise en place de réseaux d'observation et de méthodes de gestion participatives. De cette recherche aux interfaces disciplinaires émergent des questions passionnantes qui restent à explorer : comment le concept de zone critique et sa gestion inclusive aide-t-il à traduire des résultats issus de disciplines différentes en un résultat commun ? Comment, par la même opération, transmettre ces résultats à des parties prenantes aux intérêts divergents pour les amener à rechercher des solutions de gestion durables et acceptables par toutes ? Comment, en retour, les parties prenantes facilitent-elles le développement de la connaissance de la zone critique ?

À RETENIR

Le concept de zone critique présente l'avantage de faire travailler ensemble des chercheurs issus de différents champs disciplinaires autour d'un objet commun, dans le souci d'en améliorer la connaissance en prenant mieux en compte les multiples interactions entre le milieu et la société. Il fait émerger des questions, des résultats et des solutions, dont une partie peut être transférée aux parties prenantes. Celles-ci doivent résoudre des problèmes issus de ces interactions milieu/société, qui commencent à être prégnants à El Alto, dans une région de haute altitude au climat semi-aride et soumise à de multiples pressions globales.

SCIENCE DE LA DURABILITÉ

COMPRENDRE, CO-CONSTRUIRE, TRANSFORMER

Volume 2

Réflexion collective coordonnée
par Olivier Dangles et Marie-Lise Sabrié

IRD Éditions

Institut de recherche pour le développement
Marseille, 2023

Suivi de coordination D2S des fiches : Claire Fréour et Magali Laigne
Coordination éditoriale : Marie-Laure Portal-Cabanel et Corinne Lavagne
Relecture : Stéphanie Quillon
Couverture, maquette et mise en page : Charlotte Devanz

Photo de couverture : Peinture rupestre, Cueva de los Manos, Argentine.

© IRD/O. Dangles - F. Nowicki/*Une Autre Terre*

Photo p. 14 : Pêche à l'épervier : lancer du filet (Nouvelle-Calédonie).

© IRD/P. Dumas

Photo p. 52 : Travail de labour à la charrue (Maroc).

© IRD/G. Michon

Photo p. 86 : Lancement de l'observatoire participatif de la vulnérabilité à l'érosion : formation des écogardes (Anjouan, Comores).

© IRD/N. Mirhani

Photo p. 112 : Carte modélisée montrant les dégâts causés par une inondation et la réussite ou l'échec des mesures préconisées (Madagascar).

© IRD/Didem/Rijasolo

Photo p. 138 : Atelier du LMI Rice sur l'amélioration du riz face aux contraintes du changement climatique.

© IRD/F. Carlet-Soulages

Photo p. 164 : Animation graphique du réseau franco-brésilien pour le développement durable de la région semi-aride du Nord-Est (ReFBN) (Brésil).

© IRD/M. Disdier

Publication en libre accès selon les termes de la licence Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0, consultable à l'adresse suivante : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

Elle autorise toute diffusion de l'œuvre, sous réserve de mentionner les auteurs et les éditeurs et d'intégrer un lien vers la licence CC By-NC-ND 4.0. Aucune modification n'est autorisée et l'œuvre doit être diffusée dans son intégralité. Aucune exploitation commerciale n'est autorisée.



© IRD, 2023

ISBN papier : 978-2-7099-2979-0

ISBN PDF : 978-2-7099-2980-6