

Cahiers de l'observatoire Hommes-Milieus international Tésékéré

n°11

Novembre 2022



Les Cahiers de l'Observatoire « Hommes-Milieus » international Téssékéré

Directeur de la publication : Gilles Boëtsch

Rédactrice en chef : Priscilla Duboz

Comité de rédaction : Gilles Boëtsch, Priscilla Duboz, Lamine Gueye, Aliou Guissé

Coordinatrice éditoriale : Catherine Colombeau

Mise en page : Séverine Roly

Comité de lecture : Luc Abbadie, Abdoulaye Ba, Stéphane Blanc, Gilles Boëtsch, Robert Chenorkian, Chantal Crenn, Mariama Dalanda Diallo (†), Massamba Diouf, Abdoulaye Djimde, Agathe Euzen, Babacar Faye, Didier Galop, Laurent Granjon, Antonio Guerci, Lamine Gueye, Mathieu Gueye, Anne-Marie Guihard-Costa, Aliou Guissé, Martine Hossaërt, Doyle Mc Key, Enguerran Macia, Serge Morand, Didier Moreau, Lamine Ndiaye, Pap Ibnou Ndiaye, Jacques-André Ndione, Abdoul Aziz Niang, Abdoulaye Samb, Fatou Bintou Sarr, Pape Sarr, Sidy Mohamed Seck, Mbacké Sembene, Ndeye Mareme Sougou, Laurence Tibère, Stéphanie Thiebault, Roger Zerbo

Adresse de rédaction :

UMI 3189 « Environnement, Santé, Sociétés »

CNRS-CNRST-USTTB-UCAD-UGB

Université Cheikh Anta Diop

Faculté de Médecine

BP 5005 Dakar (Sénégal)

Contact mail : priscilla.duboz@cnrs.fr

Photo de couverture : Priscilla Duboz

ISSN : Demande en cours

Dépot légal : Novembre 2022

Éditions Atlantique

Éditions de *L'Actualité scientifique Nouvelle-Aquitaine*

editionsatlantique.com

1, place de la Cathédrale, CS 80964

86038 Poitiers cedex

contact@editionsatlantique.com

Impression : Megatop imprimerie

13, avenue du Cerisier noir 86530 Naintré

Ce numéro a été imprimé grâce au financement de la Casden, banque coopérative.

Cette revue est publiée sous licence creative common (CC BY 4.0). Tout le monde peut copier, distribuer ou réutiliser le contenu, à condition que l'auteur et la source originale soient correctement cités. Cela facilite la liberté de réutilisation et garantit également que le contenu des cahiers de l'OHMI Téssékéré puisse être exploité sans obstacles pour les besoins de la recherche.



Éditorial

Le présent cahier est consacré à la restitution d'une partie des travaux présentés durant la deuxième université d'été qui s'est tenue à Poitiers dans les locaux de l'ENSI Poitiers du 4 au 8 juillet 2022. Ceux-ci ont concerné la Grande Muraille verte, le thème de l'eau et l'écologie de la santé. Ils ont montré que les approches doivent être interdisciplinaires pour être efficaces.

Cette nouvelle édition de l'université d'été à Poitiers a été un moment fort d'échange entre disciplines diverses du sud et du nord. Nos collègues sénégalais, tchadiens, burkinabés, nigériens, tchadiens et français ont poursuivi les échanges fructueux déjà engagés en 2021. Ils ont souligné la nécessité de la création d'une entité de recherche plus vaste et davantage structurée, d'une alliance entre chercheurs, acteurs de terrain (agences de la GMV) et populations locales. La mise en place d'un réseau de recherche associant les pays du Sahel a été proposée et sera effective début 2023. Par ailleurs, la Grande Muraille verte, en plus d'être un formidable laboratoire interdisciplinaire à ciel ouvert, constitue aussi une opportunité de s'emparer des technologies numériques pour créer un nouveau type d'Université Ouverte associant les laboratoires, les chercheurs ancrés dans le territoire, les populations locales ».¹

Cette rencontre scientifique a été médiatisée par le journal *Le Monde* et sa rédaction *Le Monde Afrique*, ainsi que par cinq épisodes du podcast « La fabrique du savoir » saison 2 conçu par Joséfa Lopez du journal *Le Monde* et disponible sur toutes les plateformes.

Nous voudrions remercier chaleureusement pour leur soutien : l'Institut Balanités, le CNRS, l'UCAD, l'ENSI Poitiers-Université de Poitiers, l'IRL ESS 3189, la Région Nouvelle Aquitaine, l'Espace Mendès-France, le LabEx DRIIHM, la communauté urbaine de Grand-Poitiers, la ville de Poitiers, la chaîne camerounaise Canal2, *La Nouvelle République du Centre-Ouest* et le journal *Le Monde*.

Le comité éditorial.

¹ Cf. Serge Ravet dans : n° spécial *L'Actualité Nouvelle-Aquitaine* « La Grande Muraille verte et les sciences » Automne 2022

Sommaire

L'OHMi Téssékéré et la Grande Muraille verte Lamine Gueye	5
LA GRANDE MURAILLE VERTE	9
Les usages des plantes ligneuses par les populations du Ferlo et caractéristiques nutritives de quelques fruits consommés Moustapha Bassimbé Sagna, Khoudia Niang Sené, Awa Ka, Awa Latyr Sené, Aly Diallo, Ndiabou Faye, Aliou Guissé	11
Les fourmis et les plantes : ennemies ou alliées ? Freddie-Jeanne Richard	17
Impact du projet de la Grand Muraille Verte sur la diversité faunistique du Ferlo (Nord Sénégal) Papa Ibnou Ndiaye, Anna Niang, Ablaye Diop, Mamadou Thiaw, Stella Dunas	23
Modélisation territoriale de la Grande Muraille verte : un enjeu d'évaluation et de prospective Jean-Daniel Cesaro, Tamsir Mbaye, Etienne Delay, Simon Taugourdeau	31
Implantation des jardins communautaires pour contribuer à la sécurité alimentaire et sanitaire durable dans la commune de Zitenga au Burkina Faso Alphonsine Ramdé-Tiendrebeogo, Roger Zerbo, Adama Doulkom, Felix Kini, Sylvin Ouedraogo	39
Jardin botanique universitaire de Saint-Louis (JARBUS) : une plateforme de recherche pour la résilience et l'adaptation aux changements climatiques Sidy Mohamed Seck, Anicet Georges Bruno Manga, Cesar Bassène	47
Contamination naturelle de l'eau de boisson dans la zone de la Grande Muraille verte : impacts sanitaires Massamba Diouf, Amadou Dieng, Priscilla Duboz	53

ÉCOLOGIE DE LA SANTÉ	61
Un observatoire socio-écologique de la biodiversité et de la santé : dix ans d'études collaboratives à Saen Thong (Nan, Thaïlande) Kittipong Chaisiri, Anamika Kittiyakan, Rawadee Kumlert, Purin Makaew, Serge Morand, Yossapong Paladsing, Malee Tanita, Chuanphot Thinphovong	63
Pollution de l'air et altération de la fonction respiratoire en zones urbaines et périurbaines au Sénégal Fatou Bintou Sar Sarr, Yann Philippe Tastevin, Mor Diaw, Arame Mbengue Gaye, Mame Saloum Coly, Aissatou Seck Diopa, Salimata Diagne Houndjo, Abdoulaye Ba, Abdoulaye Samb	73
Rôle des milieux aquatiques dans l'émergence et la dissémination de l'antibiorésistance Olha Matviichuck, Maha al Badany, Leslie Mondamert, Jérôme Labanowski	81
Impact de l'aménagement des points d'eau, une alternative efficace de lutte contre la schistosomose : cas de la ville de Bamako Abdoulaye Dabo, Privat Koba Agniwo, Bakary Sidibe, Assitan Diakite, Mouctar Diallo, Safriatou Niare, Laurent Dembele, Abdoulaye Djimde	89
Écologie de la santé à l'hôpital Bruno Grandbastien	97
Programme de l'université d'été 2022	102

Introduction

L'OHMi Tébssékéré et la Grande Muraille verte

Lamine Gueye

Professeur titulaire de Physiologie,
directeur IRL ESS CNRS-UCAD-CNRST-USTTB,
Secrétaire Exécutif de l'ANAQ-Sup Sénégal,
Ancien Recteur de l'Université Gaston
Berger de Saint-Louis et de l'Université et
de l'Université Alioune Diop

Directeur de l'UFR Santé de l'UGB

L'Observatoire Hommes-Milieus international Tébssékéré (OHMi Tébssékéré), créé en 2009 par l'Institut Écologie et Environnement (INEE) du CNRS et l'UCAD, est un outil de promotion de l'interdisciplinarité, les OHM ayant pour but de favoriser et d'organiser, autour d'un objet d'étude commun, les interactions entre les sciences de l'environnement, quel que soit le champ scientifique dont elles sont issues, et les sciences de la vie, les géosciences et les sciences de l'homme et de la société.

Situé au centre du Sénégal, sur le trajet de la Grande Muraille verte, l'OHMi Tébssékéré est le lieu d'investigation scientifique de plusieurs chercheurs de disciplines diverses dont l'écologie, de la biologie végétale, et animale, de l'anthropologie biologique et sociale, de la médecine, de la pharmacie, de l'ethnobotanique, de l'écologie microbienne, de la sociologie, de la géographie, de la toxicologie, de l'hydrologie, de la génétique, de la chimie, de l'épidémiologie, ...

Les cahiers de l'observatoire qui constituent un outil de valorisation des travaux scientifiques issus de l'approche interdisciplinaire menés par ces chercheurs qui, de façon assez régulière, se réunissent lors d'université d'été pour échanger des résultats de leur recherche. L'université d'été est un grand moment de retrouvailles entre des chercheurs du nord et ceux du sud qui, dans une perspective interdisciplinaire, travaillent sur des thèmes prioritaires pour les pays d'Afrique de l'Ouest, mais concernant aussi le reste du monde, comme l'écologie, la santé et l'environnement avec les changements climatiques qui n'épargne aucun continent et aucune population. Comme les précédentes éditions de l'université d'été qui se sont tenues à Widou Thiengoly jusqu'en 2019 et qui ont dû être arrêtées dans le Ferlo pour cause de la COVID-19, puis à Poitiers en 2021, la rencontre de juillet 2022 a aussi permis des échanges entre chercheurs et avec des responsables des agences nationales de la GMV et de l'ACGMV.

L'originalité de l'université d'été réside, à mon humble avis, dans les thèmes abordés tout

comme dans son approche éducative et son ancrage dans la valorisation de la recherche. Pendant cette rencontre, des chercheurs de différentes disciplines se côtoient et échangent sur leurs résultats de leurs activités avec des regards et approches différentes mais souvent complémentaires. Et c'est en cela que cette université d'été est aussi devenue un moment de rencontre privilégié entre les chercheurs de l'IRL ESS et de l'OHMi Tèssékéré. Cet IRL, faut-il le rappeler, est un laboratoire international de recherche créé en 2009 par le CNRS, l'UCAD, le CNRST du Burkina Fasso et l'USSTB du Mali. Depuis lors, en étroite relation avec l'OHMi Tèssékéré, les travaux faits sur la thématique Environnement, Santé, Société ont permis de produire des résultats importants en termes de publications scientifiques, mais aussi en termes de formation à la recherche des jeunes africains et de jeunes français, ou encore en termes d'impacts dans le recrutement des chercheurs par nos universités, de promotion de chercheurs et d'enseignants chercheurs français, sénégalais, maliens ou burkinabés. Ces impacts s'illustrent aussi en termes de productions d'outils de diffusion des résultats de la recherche au grand public, comme des articles de journaux, des ouvrages, des films ou des mini-vidéos. C'est donc un partenariat efficace et équitable qui a été ainsi mis en place et l'université d'été vient renforcer cette dynamique de partenariat nord-sud et sud-sud.

Les cahiers de l'OHMi constituent un outil important de diffusion des résultats issus de la recherche interdisciplinaire menée par ces chercheurs du nord et ceux du sud au sein de la Grande Muraille verte en général et au Sénégal et au Burkina Faso en particulier. Dans ce onzième numéro des cahiers, sont abordés de façon interdisciplinaire des sujets portant sur le thème principal de la Grande Muraille verte, de l'eau et de l'écologie de la santé et avec différents sujets abordés lors de l'université d'été de l'OHMi (CNRS / UCAD-Dakar) organisée par l'Institut Balanités (Poitiers), en partenariat avec l'ENSI Poitiers / Université de Poitiers, le CNRS, l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) et l'Espace Mendès France (Centre de culture scientifique, technique et industrielle de Poitiers), du 4 au 8 juillet 2022, en partenariat avec le journal *Le Monde*.

Les articles présentés dans ce numéro permettent d'exposer et de discuter les résultats de travaux d'écologie de la santé avec des regards différents et parfois croisés. Ainsi sont abordées les questions liées à la vie animale allant des fourmis aux grands mammifères vivant dans le Ferlo, à l'adaptation des plantes dans le Ferlo aux interactions microbiologiques et microparticulaires avec la santé humaine par l'intermédiaire de la pollution hydrique microbienne et aérienne. Sont abordées aussi les questions liées à la sécurité alimentaire en zone rurale et l'apport des jardins communautaires au Burkina Faso, ou encore la modélisation territoriale la Grande Muraille verte comme enjeu d'évaluation et de prospective.

Ce numéro des cahiers permet aussi de faire le point à l'échelle planétaire de sujet actuel sur les interactions entre l'environnement et la santé tel que l'écologie de la santé par Serge Morand en milieu rural thaïlandais ou par Bruno Grandbastien pour l'hôpital.

Pour conclure, je réitère mes remerciements aux autorités des tutelles de l'IRL, de l'OHMi qui nous ont permis de mettre ensemble nos moyens et compétences pour contribuer au développement de l'Afrique par la recherche et la formation et de contribuer au renforcement du partenariat scientifique entre la France et l'Afrique de l'Ouest et aussi tous les collègues universitaires et chercheurs et les responsables de la GMV qui ont bien voulu participer à l'élaboration de ce 11^{ème} numéro des cahiers de l'OHMi Tèssékéré.

LA GRANDE MURAILLE VERTE

Les usages des plantes ligneuses par les populations du Ferlo et caractéristiques nutritives de quelques fruits consommés

**Moustapha Bassimbé Sagna,
Aliou Guissé**

Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Sénégal

IRLESS3189 – CNRS, UCAD, UGB, USTTB, CNRST

Khoudia Niang Sené, Ndiabou Faye

Université du Sine Saloum El-hâdj Ibrahima Niass (USSEIN)

Awa Ka, Awa Latyr Sené

Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Sénégal

Aly Diallo

Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ)

IRLESS3189 – CNRS, UCAD, UGB, USTTB, CNRST

Introduction

Dans les pays sahéliens, les difficultés des populations sont constituées par le bas niveau du développement lié à des difficultés de rentabiliser les produits forestiers, tels que fruits sauvages, gommés, huiles non-conventionnelles et produits forestiers ligneux et non-ligneux.

Ces produits contribuent directement à la nutrition et à la santé des populations, mais aussi constituent une importante source de revenus pour l'achat des produits de première nécessité.

Face à cette situation, optimiser le niveau de connaissance sur les ressources naturelles est nécessaire pour promouvoir un développement rationnel.

Le projet de reverdissement du Sahel dans le contexte de la Grande Muraille verte (GMV) a défini des stratégies basées sur la réintégration d'espèces forestières locales à usages multiples et à intérêts socio-économiques.

Cette présentation se focalise sur la connaissance des usages et les potentialités des espèces forestières dans le Ferlo. Il s'agit plus précisément d'identifier les usages de la plante par les populations pour les pathologies soignées et de déterminer la composition biochimique et nutritionnelle des fruits issus du Ferlo. Pour cela, nous avons identifié les propriétés nutritionnelles des fruits de quatre plantes à valeur ajoutée que sont que *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocarya birrea*, *Boscea senegalensis* et *Ziziphus mauritiana*.

Méthodologie

Elle consiste en des entretiens avec les autorités locales et en des enquêtes auprès des populations, sous forme de questionnaires libellés de manière à avoir des informations sur les différentes espèces qui existent dans la zone, leur usage, les parties prélevées, leur mode de mise à disposition et leur état actuel.

Les entretiens ont été facilités par les marchés hebdomadaires organisés dans chacun de ces sites et à tour de rôle dans plusieurs localités de la zone du Ferlo. Les hommes aussi bien les femmes ont été enquêtés afin d'obtenir toute une série d'informations.

Les échantillons de fruits mûrs des quatre espèces ont été récoltés dans le Ferlo (nord du Sénégal). La méthode d'échantillonnage utilisée est simple et aléatoire. Les échantillons de fruits récoltés ont été analysés par des techniques normalisées pour déterminer les caractéristiques physicochimiques

Résultats obtenus

Les usages des plantes par les populations du Ferlo

Les plantes utilisées par les populations du Ferlo et les catégories d'usages

Une liste floristique de 114 espèces, réparties en 86 genres appartenant à 50 familles ont été utilisées localement sous différentes catégories d'usages. Les ligneux couramment utilisées autant que chez les Peulhs que chez les Wolofs sont *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*, *Acacia nilotica*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Zizyphus mauritiana*, *Boscia senegalensis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Prosopis chilensis*, *Terminalia avicennioides*. Ces espèces sont utilisées différemment par les deux ethnies dominantes que sont les Peulhs et les Wolofs.

La catégorie d'usage la plus importante est l'usage médicinal (**figure 1**) autant que chez les Peulhs (42%) que chez les Wolofs (47%). Il est suivi de l'usage du bois comme source énergétique (21%) viennent ensuite l'usage alimentaire (16%) et l'usage de construction (10%) et enfin l'usage fourrager (6%) chez les Wolofs. En revanche chez les Peulhs, il est suivi de l'usage alimentaire (16%) puis l'usage fourrager (15%), énergétique (13%) et construction (11%) pour terminer avec l'usage artisanal (3%).

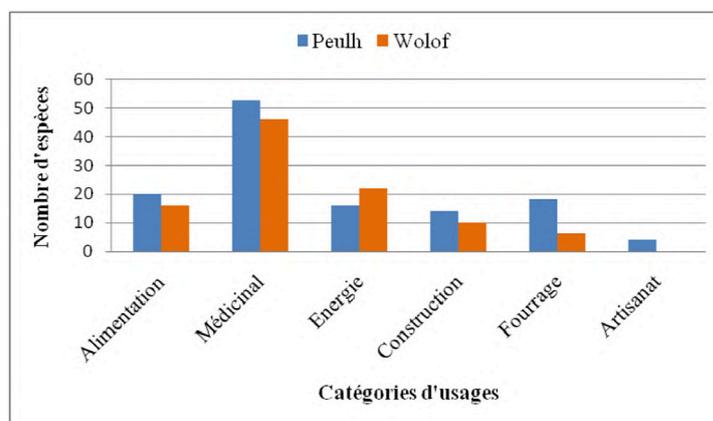


Figure 1 : catégories d'usages des plantes du Ferlo par deux ethnies (Peulh et Wolof)

Aussi bien chez les Peulhs que chez les Wolofs, c'est l'usage médicinal qui fait appel au plus grand nombre d'espèces végétales soit 53 pour les Peulh et 45 pour les Wolofs. Ainsi, sur le plan médicinal, nous avons observé que les pathologies traitées chez les Peulhs sont pratiquement les mêmes que celles traitées par les Wolofs (**figure 2**), seulement les fréquences de citations varient en fonction de la pathologie et de l'ethnie. Certaines ont des fréquences plus grandes chez les Wolofs.

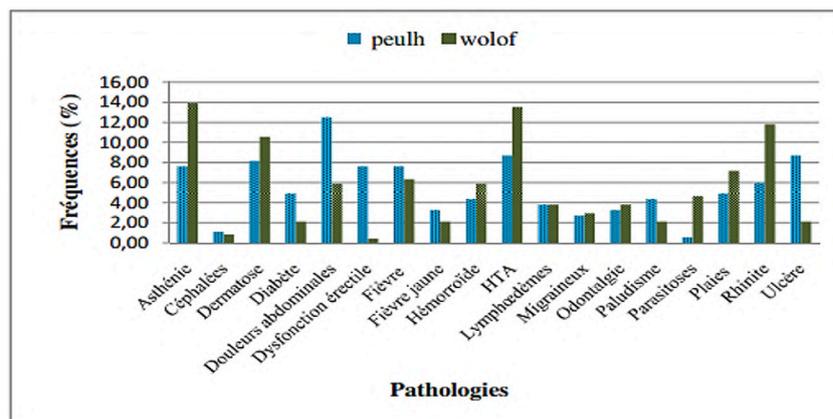


Figure 2 : les principales pathologies soignées par les plantes du Ferlo

Certaines pathologies ont des prévalences plus grandes chez les Wolofs que chez les Peulhs. C'est le cas par exemple de l'asthénie (13,92% contre 7,61%), des dermatoses (10,55% contre 8,15%), des hémorroïdes (5,91% contre 4,35%), de l'hypertension artérielle (13,50% contre 8,70%). Toutefois, les Niveaux de Consensus Informateurs (NCI) élevés à la fois chez les Peulhs et les Wolofs concernent le diabète, la fièvre jaune, l'ulcère, la dysfonction érectile (**figure 3**).

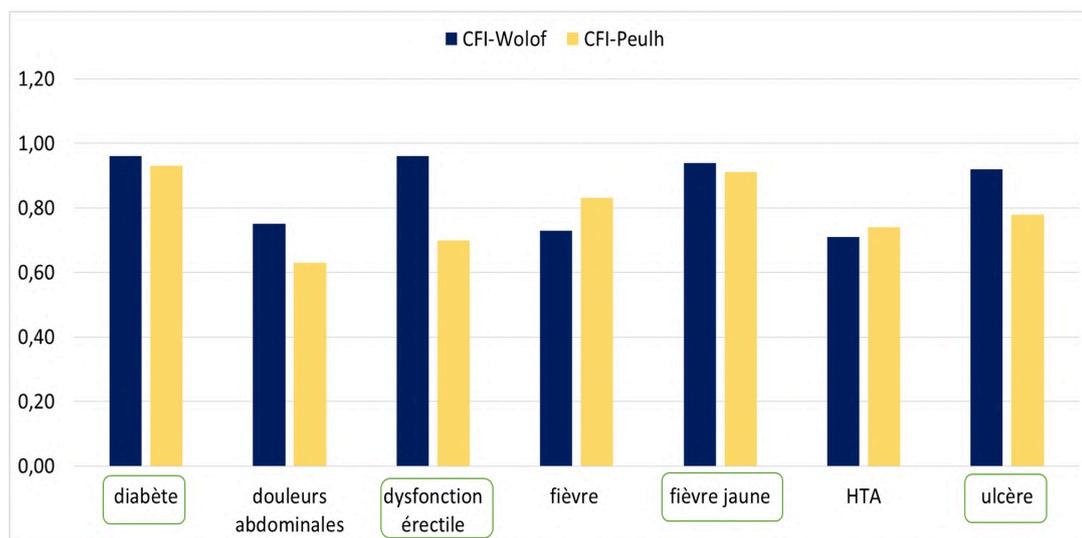


Figure 3 : les principales pathologies soignées par les plantes du Ferlo

Commercialisation des fruits.

Du point de vue économique, les espèces fruitières du Ferlo n'ont pas la même importance. La commercialisation (**figure 4**) concerne seulement les fruits de *Balanites aegyptiaca* (51%) et *Ziziphus mauritiana* (49%)



Figure 4 : fruits de *B. aegyptiaca* et de *Ziziphus mauritiana* vendus sur les marchés

Le prix de vente le plus élevé pour un kilogramme de jujube et pour un kilogramme de soump (*B. aegyptiaca*) est respectivement de 300 FCFA et 250 FCFA. En revanche, le prix de vente le plus bas est de 125 FCFA pour un kilogramme de fruit de *Z. mauritiana* et de 100 FCFA pour un kilogramme de fruits de *B. aegyptiaca*. La fluctuation des prix dépend de la disponibilité des fruits. Les enquêtes ont révélé que la majorité des collecteurs ne connaît pas la quantité de produits vendue par année dans les marchés hebdomadaires.

Les fruits de *S. birrea* et de *B. senegalensis* ne sont pas commercialisés. Cela se justifie par le fait qu'ils sont très périssables et seraient difficiles à conserver pour une commercialisation.

Caractéristiques nutritionnelles de quelques fruits consommés.

L'étude de caractéristiques nutritionnelles des fruits a concerné toutes les quatre espèces. Les premiers résultats de caractérisation portent sur leur pulpe (tableau 1).

Paramètres	<i>S.birrea</i>	<i>B.aegyptiaca</i>	<i>B. senegalensis</i>	<i>Z. mauritiana</i>
pH	3,9	-	5,2	7,9
Sucres totaux (g/100g)	3,7	42,6	65,3	9,5
Protéines (g/100g)	4,5	9,6	4,9	31,9
Cendres (g/100g)	7,2	9,06	6,7	3,8
Na (mg/100g)	155	48	1,3	1,8
K (mg/100g)	384	2220	-	-
Mg (mg/100g)	48	73	32	32
Ca (mg/100g)	87	141	22	32

Tableau 1 : caractéristique nutritionnelle des pulpes de *B.aegyptiaca*, *B. senegalensis* et *S.birrea*

Les résultats de ses analyses montrent des caractéristiques assez intéressantes des fruits de ces fruitiers.

• *B. senegalensis* (65,3g/100g) et *B. aegyptiaca* (42,6 g/100g) sont tous deux assez remarquables pour leur richesse en sucre totaux et *Z. mauritiana* pour ses protéines (31,9 g/100 g). La richesse en sucre dans la pulpe de *B. aegyptiaca* justifie la présence de seize (16) acides aminés dont huit (8) essentielles (tableau 2).

Acides aminés essentiels	Teneurs (mg/100g MS)		Acides aminés non essentiels	Teneurs (mg/100g MS)
Leucine	260 ± 0,03		Proline	1172,5 ± 0,13
Valine	242,5 ± 0,02		Acide glutamique	465 ± 0,06
Lysine	212,5 ± 0,03		Acide aspartique	312,5 ± 0,04
Isoleucine	170 ± 0,02		Alanine	212,5 ± 0,03
Phénylalanine	137,5 ± 0,02		Tyrosine	177,5 ± 0,01
Thréonine	132,5 ± 0,02		Arginine	155 ± 0,02
Histidine	107,5 ± 0,01		Serine	152,5 ± 0,04
Méthionine	77,5 ± 0,01		Cystéine	120 ± 0,01

Tableau 2 : acides aminés essentiels et non essentiels de la pulpe

Sagna et al., 2014

- Les cendres sont assez concentrées chez *B. aegyptiaca* (9,06 g/100g), ce qui justifie sa plus grande richesse en minéraux tels que le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le sodium (Na).

- Les fruits de *S. birrea* sont un peu plus acides, comparés à ceux de *B. senegalensis* et *Z. mauritiana*. Cette acidité justifie l'utilisation de la pulpe de son fruit pour la fabrication de boisson alcoolisée.

Les caractéristiques nutritionnelles de ces quatre fruitiers justifient leurs usages et leur commercialisation par les populations du Ferlo.

Conclusion et perspectives

Les résultats de ses travaux montrent que les populations du Ferlo utilisent un nombre assez important de plantes qu'elles valorisent sur le plan médicinal et nutritionnel.

Les usages médicaux sont plus importants et les plantes sont exploitées pour guérir plusieurs affections chez les Peulhs et les Wolofs.

Seuls les fruits de *Z. mauritiana* et de *B. aegyptiaca* sont commercialisés dans la zone. Les fruits de *S. birrea* et de *B. senegalensis*, périssables, restent encore peu valorisés.

Il serait donc intéressant d'envisager une caractérisation phytochimiques des plantes médicinales utilisées par les populations en vue de connaître les molécules qui sont à l'origine de leurs usages.

Face à l'intérêt socioéconomique de certains fruits, il serait également important de poursuivre leur étude sur la chaîne de leur valeur.

Les études biochimiques en cours sur les amandes de ces quatre espèces pourront permettre une meilleure connaissance de leur potentialité.

Bibliographie

Sagna M.B., Diallo A., Sarr P.S., Ndiaye O., Goffner D., Guissé A. 2014, "Biochemical composition and nutritional value of *Balanites aegyptiaca* (L.) Del fruit pulps from Northern Ferlo in Senegal", *African Journal of Biotechnology*, 13(2): 336 - 342.

Sène A.L. 2015, Qualité biochimique et valeurs nutritionnelles du fruit de *Sclerocarya birrea*. (A. Rich) Hoscht. Mémoire de Master, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD.

Sène A.L., Niang K., Faye G., Ayessou N., Sagna M.B., Cisse M., Diallo A., Cisse, O., Guissé, A. 2018, « Identification des usages de *Sclerocarya birrea* (A.Rich) hoscht dans la zone du Ferlo (Sénégal) et évaluation du potentiel biochimique et nutritionnel de son fruit », *The African journal of food, agriculture, nutrition and development*, 18(02): 13474–13491.

Les fourmis et les plantes : ennemies ou alliées ?

Freddie-Jeanne Richard

Université de Poitiers, Laboratoire Écologie
et Biologie des interactions UMR CNRS
7267, Équipe Écologie Évolution Symbiose,
Poitiers, France

Introduction : le succès écologique des fourmis

Les fourmis sont des hyménoptères comme les abeilles, les bourdons et les guêpes. Elles appartiennent à la famille des formicidés avec environ 12 000 espèces répertoriées. Elles sont partout, ou presque, et se trouvent à toutes les latitudes (Hölldobler and Wilson, 1991). La plupart des espèces de fourmis logent au sol, dans des fragments de bois en décomposition. Un nombre plus réduit vit dans les buissons ou sur les arbres ou encore de manière souterraine dans le sol. D'autres espèces sont capables de bâtir leurs propres abris ce qui leur confère un gros avantage : celui de disposer d'une quantité infinie de nids potentiels. Les fourmis sont discrètes mais souvent elles occupent une position essentielle dans le fonctionnement et le maintien des nombreux écosystèmes terrestres où elles évoluent. Du fait de leur abondance numérique et la diversité des espèces, les fourmis jouent ainsi un rôle prépondérant facilement observable notamment sous les tropiques. Ces dernières ont une forte diversité de fonctions et d'interactions contribuant à des services écosystémiques importants comme l'aération du sol, le cycle des nutriments, la lutte biologique, la pollinisation et la dispersion des graines. Les écosystèmes où elles sont le plus étudiées sont généralement les plantations, lieu où les fourmis et les hommes sont directement en interaction. Selon les espèces de fourmis, les interactions vont avoir un impact bénéfique ou négatif sur le développement et l'exploitation des plantes ayant un intérêt économique majeur pour certains pays (Majer et Queiroz, 1993).

Les sociétés de fourmis

Les sociétés de fourmis occupent une très grande diversité d'habitats disponibles. Leurs nids sont de natures variées suivant les régions et les espèces. Les fourmis ont toutes en commun leur mode de vie sociale qui contribue fortement à leur réussite écologique. En effet, elles organisent leur travail avec une répartition des tâches entre les membres de la colonie. Cette répartition est poussée à l'extrême puisque même la reproduction est effectuée par une minorité d'individus : une ou quelques reines au sein de la colonie (selon les espèces). Ce sont les ouvrières qui réalisent l'ensemble des autres activités liées au fonctionnement de la colonie comme par exemple, le soin au couvain, les activités de construction dont la

collecte et la préparation des matériaux et surtout la collecte de nourriture. Des groupes d'individus se spécialisent dans certaines tâches en fonction de leur âge, de leur expérience ou encore de leurs adaptations morphologiques. Leur succès repose également sur leur mode de communication facilitant une coordination rapide et efficace. Le principal mode de communication est chimique c'est-à-dire basé sur l'échange de molécules odorantes ou encore phéromones. Elles utilisent aussi la chimie pour se défendre, mais pas uniquement. Pour faire face aux adversaires certaines espèces utilisent un aiguillon associée une glande contenant un venin (parfois très douloureux), mordent avec leurs mandibules puissantes, lancent des jets d'acide formique ou encore diffusent des vapeurs mortelles. À titre d'exemple, les têtes de soldats sont utilisées comme agrafes pour refermer des plaies. Lorsque la fourmi a mordu la peau si on lui coupe la tête : elle ne lâche plus !

Les fourmis arboricoles

Les fourmis qui construisent leur nid dans les arbres sont surtout présentes dans les régions subtropicales et tropicales en Afrique, en Asie ou encore en Amérique latine. Bien qu'elles puissent fréquenter un grand nombre d'arbres, des espèces de fourmis expriment des préférences pour certaines essences.

Certaines espèces arboricoles construisent des nids selon une méthode complexe. Les fourmis dites tisserandes, appartenant aux genres *Camponotus*, *Polyrhachis*, et *Oecophylla*, tissent plusieurs feuilles ensemble, formant ainsi de grandes cavités pour abriter la colonie.



Nid de fourmis tisserandes

La technique utilisée pour la construction du nid nécessite la contribution des membres de la colonie parfois en grand nombre. Tout commence lorsqu'une ouvrière commence à recourber le bord d'une feuille avec ses mandibules, motivant ainsi ses congénères alentour à venir participer au pliage de la feuille. Pour rapprocher les bords de la feuille, les fourmis s'agrippent mutuellement par la taille et forment ainsi une chaîne vivante constituée au maximum d'une douzaine d'ouvrières. À ce stade, d'autres ouvrières, tenant délicatement des larves entre leurs mandibules, arrivent. Ces larves, au dernier stade de leur développement, sécrètent de la soie et seront manipulées pour maintenir les feuilles. En effet, les ouvrières portant les larves effectuent des va-et-vient entre les deux bords rapprochés de la feuille. Les fils de soie produits par les larves vont coller les feuilles et les maintenir attachées. Ces nids seront occupés tant que les feuilles seront vivantes ; lorsqu'elles flétrissent, les fourmis les quittent et en construisent de nouveaux.

Compte tenu de leur comportement prédateur, ces fourmis arboricoles sont parfois introduites dans les cultures fruitières pour défendre les fruits contre tout type de prédateur dont des attaques d'insectes. Ces fourmis jouent le rôle d'insecticide naturel et non polluant contre les espèces (souvent des insectes) qui attaquent les plantations. Ainsi des *Oecophylla* sont volontairement installées dans les plantations de café ou de cacao au Mexique, ou encore l'utilisation de l'espèce invasive *Solenopsis invicta*, qui défend la canne à sucre de certains parasites majeurs. Ces deux dernières espèces se révèlent par ailleurs souvent invasives et infligent des piqûres très douloureuses.

Les espèces de fourmis arboricoles les plus fréquentes d'Afrique sont les *Crematogaster*, les *Oecophylla* et les *Tetramorium*.

Les fourmis *Tetramorium* d'Afrique sont des petites fourmis particulièrement bien adaptées à la vie arboricole. Elles fabriquent des nids en "carton" dans le feuillage des arbres, certains nids pouvant être constitués de plusieurs feuilles. Ces petites fourmis patrouillent les branches des arbres et les protègent à tel point qu'elles posent un réel problème en milieu agricole. Les arbres qui abritent ces espèces sont beaucoup plus fournis et jolis que les autres (feuilles et fruits très peu abimés), les ouvrières qui patrouillent n'épargneront personne. Leur venin très douloureux est dissuasif et même les hommes n'osent plus cueillir les fruits de peur de leurs redoutables piqûres. Ces fourmis chassent collectivement la nuit et détectent leurs proies par contact. Elles les saisissent généralement par les appendices et les tirent, ne piquant pas systématiquement leurs proies. Très peu capturent des proies seules, généralement elles adaptent le nombre d'ouvrières et la séquence comportementale de chasse en fonction de la taille des proies (Djiéto-Lordon *et al.*, 2001).

Les fourmis granivores

L'importance des fourmis et leurs relations avec les plantes herbacées est moins spectaculaire, pourtant les fourmis sont très présentes sur les plantes à fleur (angiospermes) et collectent du nectar. Elles y cherchent également des homoptères (puçerons etc.) pour récupérer leur miellat. De plus, la dissémination des graines pour les angiospermes est essentielle pour coloniser de nouveaux habitats. Les fourmis jouent un rôle majeur en contribuant à la dissémination d'au moins 3000 espèces végétales. Elles vont ainsi modifier l'abondance et la distribution des plantes à fleurs y compris dans les déserts. En réduisant la

densité des graines, elles diminuent aussi la masse végétative des plantes sur une zone. Une expérience menée en Arizona sur des plantes annuelles consistait à retirer les fourmis des zones expérimentales. Les résultats montrent que la densité des plantes a augmenté de 50% après deux saisons par rapport aux zones contrôles avec fourmis (Brown *et al.*, 1979).

Toutefois, le transport de graines par les fourmis appelé myrmécochorie, présente des avantages pour les végétaux. (1) Les fourmis permettent de limiter la prédation. En effet, les graines (riches en énergie) sont consommées par de nombreux animaux notamment les rongeurs et les oiseaux. Les fourmis granivores entrent en compétition avec les fourmis transporteuses de graines ! L'abondance relative des deux espèces sera donc déterminante pour la végétation (Cerdan *et al.*, 1986). (2) Elles réalisent une dispersion accrue des plantes en déplaçant les graines. Les fourmis limiteront ainsi la compétition avec le pied-mère ou d'autres jeunes plants. Beaucoup de graines survivent suffisamment longtemps pour germer dans les tas de déchets (les poubelles des fourmis) autour des nids de fourmis. De plus, dans différents milieux (forêts sclérophylles d'Australie ou d'Afrique du Sud), les graines emportées par les fourmis puis enfouies aux alentours du nid sont protégées des incendies naturels fréquents dans ces biotopes (Berg, 1975), de surcroît, la chaleur à laquelle elles sont soumises favorise la germination (Majer, 1982). (3) L'accroissement du taux de germination de graines grâce au nettoyage des graines et leur transport dans des milieux propices à la germination, du fait de l'enrichissement du sol par l'activité métaboliques des fourmis, est assuré. Ainsi les plantes et les fourmis granivores vivent dans une forme de mutualisme. Les plantes nourrissent les fourmis qui consomment une certaine partie des graines et les fourmis transportent l'autre partie dans un nouveau site (proche de son nid) relativement riche en nutriments et sans compétiteur.

Le rôle des fourmis dans la dispersion des graines a fait l'objet d'études surtout dans les régions néotropicales, subtropicales et tempérées mais très peu se sont intéressées aux autres régions africaines. Les traits fonctionnels des fourmis et leur contribution dans la régénération des paysages de forêt ou de prairie sont peu connus. Une étude récente a évalué le rôle des fourmis dans la dispersion des graines et la régénération d'un milieu montagnard dégradé d'Afrique de l'Ouest (Nigeria). Ce travail montre néanmoins une contribution limitée des fourmis à la dispersion et donc la nécessité impérieuse de préserver les grands vertébrés frugivores pour maintenir la dispersion sur de longues distances afin de régénérer la forêt tropicale (Agaldo, 2017).

Les fourmis ingénieurs de l'écosystème

Les vers de terre sont très connus pour améliorer la santé des sols en milieu naturel et agricole et sont considérés comme des ingénieurs de l'écosystème. Ils affectent la structure du sol en augmentant (1) la porosité et diminuent la densité de façon visible, les deux conduisant à une meilleure infiltration de l'eau dans le sol et (2) l'apport en azote et autres nutriments. De ce fait, l'activité des vers de terre conduit à une meilleur croissance des plantes. Leur distribution est limitée aux habitats humides et frais (Edwards et Bohlen, 1996). Les fourmis et les termites remplacent les vers de terre dans ce rôle d'ingénieur de l'écosystème dans les milieux secs et chauds (Lobry *and* Conachert, 1990). Les fourmis et les termites vont également modifier la structure du sol, influencer son aération, faciliter l'infiltration de l'eau

et le cycle des nutriments dans les écosystèmes naturels. Ces effets positifs sont également visibles en milieu agricole dans des régions chaudes et sèches de l'ouest australien (Evans *et al.*, 2011). Cette expérience de terrain a mis en évidence que les fourmis et les termites augmentent le rendement en blé de 36% grâce à l'infiltration dans l'eau en raison de leurs tunnels et de l'amélioration de l'azote dans le sol (Evans *et al.*, 2011). Ces transformations du sol laissent l'eau s'infiltrer en profondeur dans le sol diminuant ainsi l'évaporation et permettant à la plante un meilleur accès à l'eau sur une période plus longue. En plus, une meilleure infiltration diminue aussi probablement le ruissellement de l'eau et l'érosion du sol.

Conclusion

Les fourmis et les termites sont connus pour leurs forts impacts sur le sol et les communautés biotiques dans les habitats naturels et même dans certains systèmes agricoles. Leurs effets sont directs et indirects sur les plantes et sur les herbivores et même indirects sur les prédateurs. L'agriculture traditionnelle d'Afrique de Ouest tropicale n'a pas attendu pour utiliser le potentiel de ces espèces. Les gens placent du paillis végétal et du bois sur un sol dégradé pour augmenter l'activité des termites et ainsi améliorer la qualité du sol pour la culture (Chase & Boudouresque, 1987).

La protection et l'utilisation de la faune du sol, dont les fourmis et les termites, devient de plus en plus pertinente dans le contexte du changement climatique. Des prédictions annoncent que les précipitations annuelles devraient diminuer entre 30 et 180 mm sous les latitudes subtropicales et tempérées chaudes, entraînant une diminution allant jusqu'à 20 % de l'humidité du sol (Solomon, 2007), en particulier avec les climats méditerranéens et de savane. Les changements sont plus rapides que prévu (Rapport GIEC, 2021), et des projets comme celui de la Grande Muraille verte deviennent fondamentaux.

Le rôle des fourmis dans le maintien et le développement de la végétation autour de la Grande Muraille verte est peu connu et probablement sous-estimé. Les espèces prédatrices comme les *Cataglyphis*, extraordinairement bien adaptées aux environnements chauds, les *Crematogaster*, les *Anochetus*, les *Tetramorium*, les *Pachycondyla* permettent de réguler les prédateurs des plantes. Il est possible aussi de trouver des *Lepisiota*, des *Camponotus*, ces fourmis omnivores qui fourragent dans différentes strates ou encore des *Monomorium* dont les habitudes sont généralistes mais peuvent être granivores. On note aussi la présence de *Carebara* avec un régime alimentaire lestobiotique : elles construisent fréquemment leur nid dans les parois des termitières et s'alimenteraient de ces termites.

Les fourmis pourraient bien être les meilleures alliées de l'homme et de la nature dans cette lutte contre l'avancée du désert.

Bibliographie

- Agaldo J.A. 2017, *The role of ants in seed dispersal and regeneration in a degraded West African montane forest-grassland Landscape, Ngel Nyaki Forest Reserve, Nigeria. Thesis in Ecology, University of Canterbury, New Zealand.*
- Berg R.Y. 1975, "Myrmecochorous plants in Australia and their dispersal by ants", *Austr. J. Bot.*, 68: 477-508.
- Brown J.H., Reichman O.J., Davidson D.W. 1979, "Granivory in desert ecosystems", *Ann. Rev. Ecol. Systematics*, 10: 201-227.
- Cerdan P., Borel L., Palluel J., Délye G. 1996, « Les fourmis moissonneuses et la végétation de la Crau », *Ecol Med.*, 12 : 14-23.
- Chase R.G., Boudouresque E. 1987, "A study of methods for revegetation of barren, crusted Sahelian forest soils in the region of Niamey, Niger", *Agric. Ecosyst. Environ.*, 18: 211-221.
- Djieto-Lordon C., Richard F.-J., Owona C., Giberneau M., Orivel J., Djean A. 2001, "The predatory behavior of the dominant arboreal ant species *Tetramorium aculeatum* (Hymenoptera: Formicidae)", *Sociobiology*, 38: 765-775.
- Edwards C.A., Bohlen P.J. 1996, *Biology and Ecology of Earthworms* 3rd ed, Londres, Chapman & Hall.
- Evans T.A., Dawes T.Z., Ward P.R., Lo N. 2011, "Ants and termites increase crop yield in a dry climate", *Nature com.*, 2: 262.
- Hölldobler B., Wilson E.O. 1990, *The ants* Harvard, University Press.
- IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B. (Eds.)]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, *Cambridge University Press, In press.*
- Lobry de Bruyn L.A., Conacher A.J. 1990, "The role of termites and ants in soil modification: a review", *Aust. J. Soil Res.*, 28: 55-93.
- Majer J.D. 1982, "Ant-plant interactions in the Darling botanical district of Western Australia", dans: R.C. Buckley (Ed), *Ant-Plant Interactions in Australia Junk*, (*Geobotany*, vol 4), Dordrecht, Springer, pp. 45-61.
- Majer J.D., Queiroz M.V.B. 1993, "Distribution and abundance of ants in Brazilian subtropical coffee plantation", *Papua New Guinea J. of Agriculture*, 36: 29-35.
- Solomon S., et al. (Eds), 2007, *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Univ Press.

Impact du projet de la Grande Muraille verte sur la diversité faunistique du Ferlo (Nord Sénégal)

Papa Ibnou Ndiaye

Département de Biologie animale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)

IRL ESS 3189 « Environnement, Santé, Société » et Observatoire OHMi Téssékéré

Anna Niang, Ablaye Diop, Mamadou Thiaw

Département de Biologie animale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)

Stella Dunas

UF de Biologie, Université de Bordeaux

Introduction

Pendant plusieurs décennies, la zone sahélo-saharienne a été confrontée au phénomène de sécheresse, combiné à des facteurs anthropiques, affectant les grands équilibres écologiques et entraînant une dégradation des ressources naturelles et une baisse des productions agricoles. Face à cette situation récurrente de défis environnementaux multiples et à l'état de forte dégradation des écosystèmes liés en grande partie aux changements climatiques et à la désertification, les chefs d'état et de gouvernement ont proposé, lors de la 7^e Conférence des leaders, chefs d'état et de gouvernement de la Communauté sahélo-saharienne (CEN-SAD) tenue à Ouagadougou au Burkina Faso les 1^{er} et 2 juin 2005, la mise en place d'un mur de verdure appelé « Grande Muraille verte » (GMV) ou « *Great Green Wall* » pour lutter contre l'avancée du désert (Dia & Duponnois, 2010).

Le tracé de la Grande Muraille verte (GMV) traverse onze pays du Sahel (Sénégal, Mauritanie, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigeria, Tchad, Soudan, Éthiopie, Érythrée, Djibouti). Il s'étend sur environ 7600 km de long entre le Sénégal et Djibouti et 15 km de large. L'objectif majeur du projet est la restauration des écosystèmes dégradés et la lutte contre la paupérisation des populations humaines qui vivent dans la zone d'intervention du projet. C'est ainsi que l'Observatoire Hommes-Milieus Téssékéré créé en 2009 a contribué considérablement à la production de connaissances scientifiques sûres dans plusieurs spécialités (santé humaine, santé animale, écologie de la santé, anthropologie, écologie végétale, écologie animale, zoologie, hydrologie, géographie humaine, anthropologie, géographie physique, sociologie, ethnobotanique, entre autres) au niveau de la zone d'extension du projet, particulièrement au niveau du Sénégal. C'est dans ce cadre que nous nous sommes intéressés à l'étude de la biodiversité animale au Ferlo, en particulier les oiseaux et grands mammifères avec comme

objectifs de :

- déterminer la diversité spécifique ;
- caractériser les habitats des espèces ;
- estimer les effectifs des populations ;
- identifier les interactions intra et interspécifiques.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons utilisé les méthodes décrites ci-dessous.

Zone d'étude

Notre étude s'est déroulée dans le Ferlo, dans les localités de Widou Thiengoly, Téssékéré, Labgar et Koyli Alpha. Ces localités sont caractérisées par des conditions climatiques très dures pour la faune sauvage, notamment une moyenne annuelle de pluviométries qui se situe entre 200 et 400 mm et des températures moyennes annuelles qui avoisinent 30°C. Actuellement, nous nous focalisons vers Ranéro et Golmy pour la suite du travail.

Méthodologie

Enquête

Nous avons procédé au début de l'étude par des enquêtes préliminaires auprès des populations locales pour avoir une idée sur l'état de la faune sauvage dans ces localités. Le questionnaire que nous avons utilisé comme support d'enquêtes est constitué d'une vingtaine de questions qui portent sur la composition démographique, les activités économiques des populations, les croyances religieuses et coutumières, les infrastructures, la disponibilité de l'eau, la végétation et la faune sauvage.

Prospections

Nous avons effectué l'essentiel de nos prospections à pied, suivant la méthode des transects en utilisant des transects linéaires et des transects de reconnaissance (Kühl *et al.*, 2008 ; Ross & Reeve, 2011 ; Ndiaye *et al.*, 2018 ; Sylla *et al.*, 2022). Les transects sont parcourus à une vitesse de progression constante, généralement de l'ordre de 1,5 km/h. Les paramètres qui sont relevés à chaque observation sont : l'espèce animale rencontrée ou bien le type d'indice de présence, l'heure, les coordonnées géographiques du lieu, le nombre d'individus ou d'indice de présence ou toute autre information jugée utile pour l'étude.

Points fixes

Cette méthode consiste à identifier des endroits favorables pour l'observation des espèces animales et d'y rester pour attendre l'arrivée des animaux afin de les étudier. Elle nécessite donc d'avoir un minimum de connaissances sur l'écologie et le comportement des espèces à étudier dans le milieu en question.

Piégeage photographique

Le piégeage photographique consiste à placer des pièges photographiques à des endroits stratégiques identifiés lors des prospections. Ces pièges permettent de prendre des images

au moindre mouvement sur son champ de balayage de 20 à 25 m. Les appareils étaient programmés pour prendre des images toutes les 10 secondes au moindre mouvement. Cette méthode a permis de compléter les observations directes par l'identification d'espèces rares qui n'ont pas été répertoriées lors des prospections.

Résultats et discussion

La combinaison de ces méthodes nous a permis de répertorier les espèces de grands mammifères sauvages (GMS) disparues de la zone et les espèces actuelles de reptiles, oiseaux et mammifères dans cette partie du Ferlo. Ces espèces sont indiquées ci-dessous :

Reptiles

Nous avons identifié à ce jour 11 espèces de reptiles réparties dans deux ordres (*Squamata* et *Testudines*) et 9 familles (*Agamidae*, *Gekkonidae*, *Phyllodactylidae*, *Scincidae*, *Varanidae*, *Boidae*, *Elapidae*, *Viperidae* et *Testudinidae*). L'espèce *Agama agama* est la plus abondante dans la zone étudiée, suivie de *Tarentola senegalambiae*. Les serpents sont représentés par de rares espèces : *Eryx muelleri*, *Python sebae*, *Naja senegalensis* et *Bitis arietans*. Les tortues sont représentées par *Centrochelys sulcata*, une espèce réintroduite dans la Réserve Naturelle Communautaire de Koyli Alpha grâce au projet Action contre la désertification (ACD) de l'Organisation internationale des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture en partenariat avec le projet de la GMV (Thiaw, 2021).

Oiseaux

Nous avons recensé 198 espèces d'oiseaux dont 55 espèces d'eau réparties en 6 ordres et 15 familles ; 143 espèces d'oiseaux terrestres réparties entre 16 ordres et 44 familles. Nous avons indiqué en **annexe** quelques-unes de ces espèces. Le projet de la GMV a permis de mettre en exergue l'importante biodiversité aviaire qu'abrite cette partie du Ferlo (Diop, 2020 ; Diop *et al.*, 2020). Les perturbations notées dans la zone Parc National des oiseaux du Djoudj suite au changement climatique et au développement de la riziculture dans le Ferlo font que certaines espèces comme les pélicans et les spatules colonisent d'autres sites de refuge comme l'affluent du Lac de Guier au sud-est de Keur Momar Sarr.

Moyens et grands mammifères sauvages

Les enquêtes ont révélé la disparition de cette zone, de 6 espèces de moyens et grands mammifères sauvages dont 2 espèces de *Bovidae* : l'hippotrague (*Hippotragus equinus*) et la gazelle dorcas (*Gazella dorcas*) ; 1 de *Suidae* : le phacochère (*Phacochoerus africanus*) ; 2 de *Hyanidae* : l'hyène tachetée (*Crocuta crocuta*) et l'hyène rayée (*Hyaena hyaena*) et 1 de *Felidae* : le léopard (*Panthera pardus*). La combinaison des enquêtes avec les travaux de terrain a permis de recenser 9 espèces actuelles de GMS dont 1 espèce d'*Herpestidae* : la mangouste des marais (*Atilax paludinosus*) ; 1 espèce de *Viverridae* : la genette commune (*Genetta genetta*) ; 2 de *Canidae* : le chacal doré (*Canis aureus*) et le renard pale (*Vulpes pallida*) ; 1 de *Felidae* : le chat sauvage (*Felis silvestris*) ; 2 de *Mustelidae* : le ratel (*Mellivora capensis*) et la zorille commune (*Ictonyx striatus*) ; 1 de *Leporidae* : le lièvre du cap (*Lepus capensis*) et 1 de *Cercopithecidae* : le singe rouge (*Erythrocebus patas*).

Les espèces qui ont disparu de la zone d'étude sont présentes ailleurs dans le pays (Badji

et al., 2018 ; Lindshield *et al.*, 2019). D'où la nécessité de penser à deux choses : 1) un risque réel de perte de biodiversité animale au niveau local ; 2) donc nécessité d'avoir une liste rouge nationale des espèces menacées de disparition ; 3) la priorité doit porter sur ces espèces pour les programmes de réintroduction de faune sauvage. Les statuts de conservation des espèces comme la gazelle dorcas, l'hyène rayée et le léopard (Niang, 2017 ; Niang *et al.* 2020, 2021) confirment les propos de Brito *et al.* (2022) qui déclarent que la classe des mammifères est très diversifiée et présente des espèces à capacités d'adaptation aux environnements arides exceptionnelles mais aussi avec un nombre élevé d'espèces protégées et emblématiques. D'où l'intérêt particulier accordé à la conservation des mammifères. Au Ferlo, la combinaison de plusieurs méthodologies, nous a permis de mettre en exergue une importante biodiversité mammalienne malgré les disparitions notées au cours de l'étude.

Actuellement, seuls des spécimens de la tortue sillonnée d'Afrique (*Centrochelys sulcata*) et six individus d'oryx algazelle (*Oryx dammah*) sont réintroduits dans la Réserve Naturelle Communautaire de Koyli Alpha. Le constat général est une bonne adaptation des deux espèces dans le milieu avec une bonne occupation de l'espace. Cependant, les conditions climatiques extrêmes du Ferlo ont entraîné le fait que les oryx qui sont des espèces à mœurs diurne sont parfois actifs jusque tard dans la soirée (22h).

Le suivi de l'occupation du milieu à l'aide des pièges photographiques dans les aires protégées du Ferlo (enclos de Katané et Réserve Naturelle Communautaire de Koyli Alpha) a montré une bonne occupation de l'espace par toutes les espèces de manière générale mais, il s'avère utile d'approfondir l'étude pour confirmer cela et essayer de comprendre la raison et les interactions qu'il peut y avoir entre les espèces. Pour le moment, nous avons identifié des interactions d'ordre tropique entre oiseaux-insectes au Lac de Guier (œdicnème du Sénégal : insectivore), oiseaux-amphibiens avec le carnivore : cigogne épiscopale (*Ciconia episcopus*), oiseaux-reptiles avec le carnivore : autour sombre (*Melierax metabates*). Les observations au point-fixe ont par ailleurs permis de découvrir une forte consommation d'insectes par le singe rouge en fouillant en dessous des buses de vaches.

Conclusion

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent qu'il y a effectivement eu perte de biodiversité animale au Ferlo suite aux naturelles et anthropiques évoquées dans le manuscrit, mais il reste encore une importante biodiversité animale à conserver. La plupart des espèces de grands mammifères sauvages recensées au cours de notre étude se trouve pratiquement en limite nord-ouest de leur aire de répartition, ce qui implique alors une certaine vulnérabilité si des mesures adéquates de protection ne sont pas prises pour les préserver. Les tentatives de réintroduction d'espèces en cours sont pour le moment encourageantes. Mais, il est nécessaire de renforcer le suivi des espèces dans une approche écosystémique pour avoir des informations scientifiques sûres afin d'éviter d'éventuelles erreurs de gestion. Pour cette raison, nous recommandons :

- d'établir d'une liste rouge nationale pour renforcer le statut de protection des espèces menacées au niveau national ;
- la multiplication de l'expérience de la Réserve Naturelle Communautaire de Koyli Alpha afin de renforcer la conservation de la biodiversité dans le Ferlo et la création d'emplois verts

pour les populations locales ;

- la mise en place de stratégies de réintroduction des espèces disparues pour la reconstitution de la biodiversité originale du Ferlo ;
- la promotion de l'écotourisme dans le Ferlo.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État français gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du Label DRIIHM, programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-LABX-0010 ». Nous associons à ces remerciements l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs (ENSI) de l'Université de Poitiers, l'OHMi Téssékéré, l'Institut Balanites, l'Agence Sénégalaise de la Reforestation et de la Grande Muraille verte (ASERGMV) et les populations du Ferlo.

Annexe

Reptiles



Psammophis ouest-africain
(*Psammophis afroccidentalis*)



Varan du nil
(*Varanus niloticus*)



Varan de savane
(*Varanus exanthematicus*)

Oiseaux



Oulette d'Egypte
(*Alopochen aegyptiaca*)



Ibis sacré
(*Threskiornis aethiopicus*)



Marabout d'Afrique
(*Leptoptilos crumerifer*)



Aigle fascié
(*Aquila spilogaster*)



Bucorve d'Abyssinie
(*Bucorvus abyssinicus*)



Vautour oricou
(*Torgos tracheliotos*)

Mammifères



Chacal doré
(*Canis aureus*)



Chacal doré
(*Canis aureus*)



Singe rouge
(*Erythrocebus patas*)



Chat sauvage
(*Felis silvestris*)



Oryx algazelle
(*Oryx dammah*)



Oryx algazelle
(*Oryx dammah*)

Bibliographie

- Badji L., Ndiaye P.I., Lindshield S.M., Ba C.T., Pruetz J.D. 2018, « Savanna chimpanzee (*Pan troglodytes verus*) nesting ecology at Bagnomba (Kédougou, Sénégal) », *Primates*, 59: 235–241.
- Brito J.C., Sow A.S., Vale C.G., Pizzigalli C., Hamidou D., Gonçalves D.V. *et al.* 2022, “Diversity, distribution and conservation of land mammals in Mauritania, North-West Africa”, *PLoS ONE*, 17(8): e0269870.
- Dia A., Duponnois R. (Eds) 2010, *Le projet majeur africain de la Grande Muraille verte*, Marseille, IRD Éditions.
- Diop A. 2020, Étude de la biodiversité aviaire de Koyli Alpha (Ferlo, Sénégal). Mémoire, écologie animale, Sénégal : Université Cheikh Anta Diop, 51p.
- Diop A., Diop N., Diallo B., Diop M.S., Duboz P., Ndiaye P.I. 2020, *Répertoire des oiseaux de la Grande Muraille verte (Sahel sénégalais)*, Paris, CNRS-INEE.
- Kühl H., Maisels F., Ancrenaz M., Williamson E.A. 2008, Lignes directrices pour de meilleures pratiques en matière d’inventaire et de suivi des populations de grands singes. Gland, Suisse : Groupe de spécialistes de primates de la CSE de l’UICN.
- Lindshield S., Bogart S.L., Gueye M., Ndiaye P.I., Pruetz J.D. 2019, “Informing Protection Efforts for Critically Endangered Chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) and Sympatric Mammals amidst Rapid Growth of Extractive Industries in Senegal”, *Folia Primatologica*, 90: 124-136.
- Ndiaye P.I., Lindshield S.M., Badji L., Pacheco L., Wessling E.G., Boyer K.M., Pruetz J.D. 2018, “Survey of chimpanzee (*Pan troglodytes verus*) outside protected areas in southeastern Senegal”, *African Journal of Wildlife Research*, 48(1): 013007.
- Niang A. 2017, Inventaire des grands mammifères sauvages dans la zone de reboisement de la Grande Muraille verte au Ferlo (nord, Sénégal). M.Sc. Thesis, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 33pp.
- Niang A., Ndiaye P.I. 2020, *Répertoire des grands mammifères sauvages de la Grande Muraille verte (Sahel sénégalais)*, Paris, CNRS-INEE.
- Niang A., Ndiaye P.I. 2021, “A large mammal survey in Koyli Alpha Community Wildlife Reserve and its surroundings in the Great Green Wall extension area in Senegal”, *Journal of Threatened Taxa*, 13(9) : 19223-19231.
- Ross C., Reeve N. 2011, “Survey and census methods: population distribution and density, in: J.M. Setchell & D.J. Curtis (Eds), *Field and laboratory methods in primatology: a practical guide*, 2nd edn, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. pp.111-132.
- Sylla S.F., Ndiaye P.I., Lindshield S.M., Bogart S.L., Pruetz J.D. 2022, “The Western chimpanzee (*Pan troglodytes verus*) in the antenna zone (Niokolo Koba National Park, Senegal): nesting ecology and sympatrics with other mammals”, *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(3): 2663-2681.
- Thiaw M. (2021) Biologie et écologie du peuplement des reptiles à Koyli Alpha (Ferlo, Nord Sénégal). Mémoire de master de la Faculté des Sciences et Techniques de l’Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 73 pp.

Modélisation territoriale de la Grande Muraille verte : un enjeu d'évaluation et de prospective

Jean-Daniel Cesaro

UMR SELMET, dP PPZS, Montpellier (France)

Etienne Delay

UMR SENS, dP PPZS, Dakar (Sénégal)

Tamsir Mbaye

CNFR, ISRA, Dakar (Sénégal)

Simon Taugourdeau

UMR SELMET, dP PPZS, Dakar (Sénégal)

Introduction

L'initiative Grande Muraille verte (GMV) est bien plus qu'une activité de reforestation pour limiter la désertification des écosystèmes sahéliens. Elle vise à restaurer des terres dégradées pour permettre une meilleure résilience et durabilité des territoires sahéliens face aux changements globaux (O'Connor & Ford, 2014). Sur le terrain, les résultats obtenus sont une combinaison d'interactions entre des acteurs et des processus biophysiques et socio-économiques se déployant dans l'espace et le temps afin de restaurer les fonctions écologiques et économiques du milieu.

Les dimensions territoriales des activités de reforestation au sahel font l'objet d'un intérêt croissant notamment à travers la mise en œuvre de l'accélérateur de la GMV qui vise à amplifier la portée géographique de l'initiative. En vue de la mise à l'échelle des opérations de reforestation au Sahel, il convient de se demander comment cette action de restauration s'insère dans un territoire et le transforme (Turner *et al.*, 2021).

La modélisation, spatialement explicite, offre un cadre d'analyse permettant de réduire la complexité d'un objet géographique, comme les activités de reforestation de la GMV, pour s'intéresser à ces caractéristiques propres : topographie, hydrologie, distributions végétales et faunistiques, mode opératoire de restauration ; et aussi aux interactions que cette initiative entretient avec son environnement écologique et social. Cette modélisation nécessite une approche pluridisciplinaire permettant de créer un cadre d'échanges pour la recherche et les acteurs du développement. La modélisation territoriale devient alors un objet d'aide à la décision permettant d'évaluer l'impact des opérations de restauration mais aussi de penser l'avenir à travers des scénarios prospectifs de gestion afin d'accompagner les acteurs dans l'organisation des actions (Delay *et al.*, 2022).

La restauration des terres dégradées au Sahel : de l'action à ses rétroactions

La reforestation est aujourd'hui considérée au Sahel comme une activité de restauration des terres. Le Sahel a en effet connu une baisse de précipitation entre les années 1960-1990 impliquant une diminution du couvert forestier et de la diversité floristique et faunique (Dendoncker *et al.*, 2020). La pression anthropique contribue à accroître cette dégradation du milieu par un accroissement des prélèvements des ressources. La reforestation vise à retrouver les fonctions écologiques de l'écosystème : remplissage des mares, préservation de la strate herbacée en augmentant l'ombrage au sol, préservation de niches écologiques pour la faune sauvage. Cette restauration a aussi un intérêt économique pour les populations en augmentant le capital de ressources naturelles ce qui offre de nombreux produits et services écosystémiques (Mirzabaev *et al.*, 2022).

Conduire une restauration de terres dégradées en zone semi-aride sahélienne nécessite une bonne connaissance de milieux naturels, des usages associées mais aussi des interactions multiples entre éléments qui composent le socio-écosystème. Reforester ne revient donc pas seulement à planter des arbres mais contribue à modifier des équilibres préexistants avec pour objectif d'améliorer le fonctionnement de l'écosystème et d'augmenter la fourniture de services écosystémiques pour les populations locales et la biodiversité.

Modéliser la restauration des terres dégagées par les approches territoriales : le besoin de travail en pluridisciplinarité pour systématiser la connaissance

La recherche scientifique, à travers l'OHMI Tèssékéré, suit depuis 2010 les opérations de la Grande Muraille verte au Sénégal et l'impact de ce projet sur l'écologie et la santé des sociétés pastorales environnantes (Guissé *et al.*, 2013). Le PPZS intervient dans la zone sylvo-pastorale depuis 2000 sur le volet production animale s'intéressant à la multifonctionnalité des pâturages et à l'utilisation de l'espace par l'élevage et l'agriculture. Les chercheurs ont observé des transformations importantes des modes de conduites des troupeaux liées aux opérations de reforestation (Delay *et al.*, 2022). Pour travailler ensemble, les deux dispositifs ont souhaité systématiser leurs connaissances acquises à travers un exercice de modélisation territoriale. Un atelier de modélisation territoriale des opérations de restauration des terres dégradées en zone sylvo-pastorale sahélienne s'est tenu du 7 et 8 juin 2022 à Dakar (Sénégal). Différentes disciplines étaient représentées : écologie, géographie, économie, sociologie et informatique.

La modélisation territoriale s'intéresse à l'utilisation du sol au sens large à travers les dimensions écologiques et sociales (Bousquet *et al.*, 2013). Cette approche consiste à étudier les interactions entre des ressources et des acteurs situées au sein d'une portion d'espace gérée par des sociétés et des institutions. Cette approche permet d'aborder un très grand nombre d'interactions possibles. La méthode est itérative. Elle consiste à réaliser des chemins de relations entre ressources, usages et usagers permettant de « boucler » le système. Il faut

ensuite répéter l'opération à partir d'autres ressources et usagers. L'usage est finalement l'interaction entre deux éléments d'un système.

Ce travail vise à systématiser des processus naturels et anthropiques sachant que la connaissance de ces processus est souvent partielle. La modélisation permet de faire un état des lieux des connaissances scientifiques. C'est enfin à terme un travail pouvant permettre d'évaluer les activités de restauration et de travailler à une planification territoriale avec les institutions et les populations pour conduire le changement.

Un modèle territorial de la GMV centré sur l'arbre, ses usages économiques et sa gestion collective

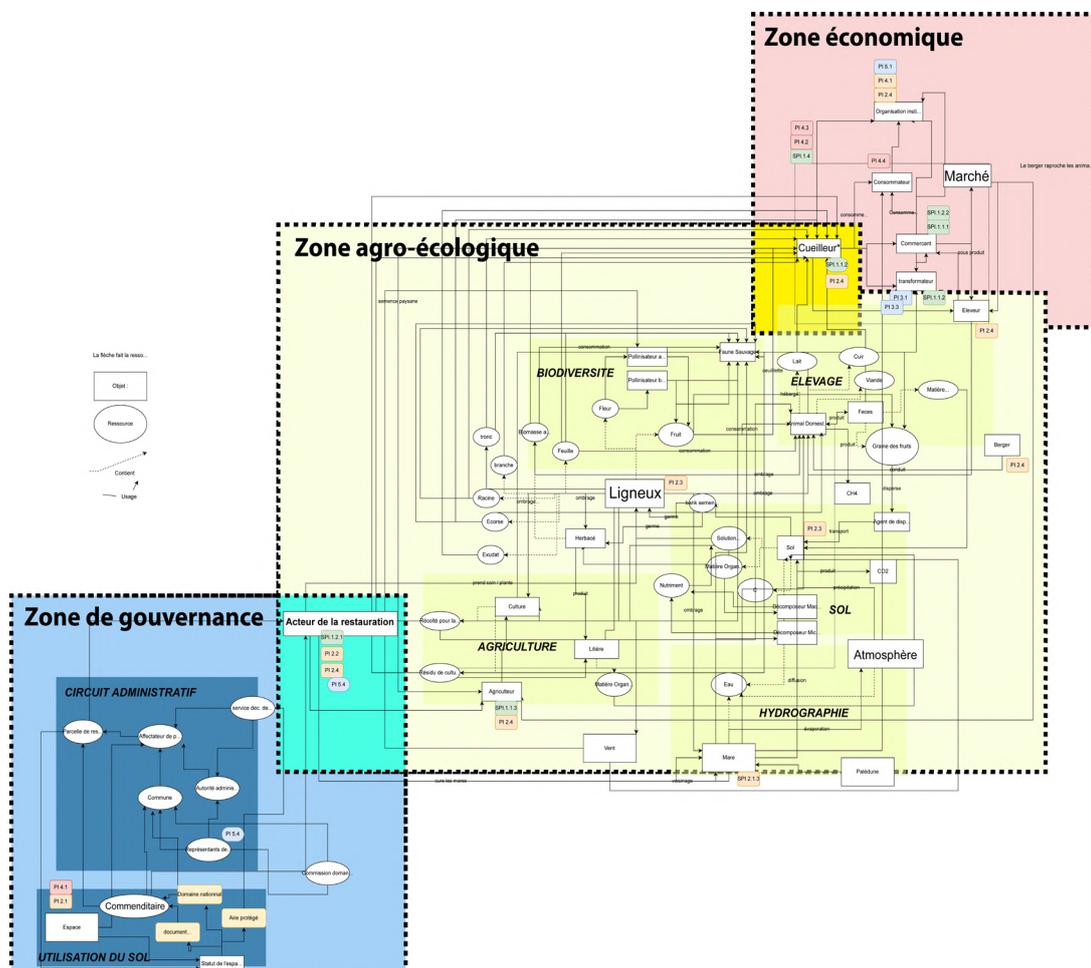


Figure n°1 : modèle conceptuel des interactions entre système socio-écologique, accès aux marchés et restauration des terres dégradées

Ont participé à la construction du modèle : Baba Ba (UGB), Marièmef. Ba (ISRA), Anais Boury-Esnault (CIRAD), Jean-Daniel Cesaro (CIRAD), Birane Cissé (UCAD), Morgane Dendoncker (UC Louvain), Etienne Delay (CIRAD), Djibril Diop (ISRA), Priscilla Duboz (CNRS), Cofélas Fassinou (ISRA), Serena Ferrari (CIRAD), Moctar Gaye (ISRA), Sylvie Lewicki (CIRAD), Tamsir Mbaye (ISRA), Natalia Medina-Serrano (CNRS), Jean-Pierre Müller (CIRAD), Moustapha Bassimbe Sagna (UCAD), Diara Sylla (CSE), Simon Taugourdeau (CIRAD), Daouda Thiam (Univ. Wageningen).

Le modèle territorial, développé lors de l'atelier, est centré sur l'arbre pour décrire d'abord les opérations de reforestation de la GMV. D'autres formes de restauration des terres peuvent être étudiées grâce au modèle. L'arbre est donc au centre du système. Un premier cycle de discussion est parti des fruits de l'arbre, allant de la consommation de ces fruits en alimentation humaine, la transformation de ces fruits générant des sous-produits pour l'alimentation des animaux domestiques, la production de lait, de viande et de fumier, la fertilisation du sol via la fumure et enfin la création d'une solution du sol captée par les racines d'un arbre grâce au cycle de l'eau. À partir de l'arbre, un système agro-écologique a été décrit mettant en avant les aspects du sol, d'hydrographie, de climat, de biodiversité et d'utilisation du sol dans un grand système d'interactions (**figure n°1**).

Les usages de l'arbre se sont progressivement étendus à de nombreux agents humains et non-humains mettant en évidence le concept de multifonctionnalité des services écosystémiques associées aux arbres dans un contexte sahélien (**figure n°2**).

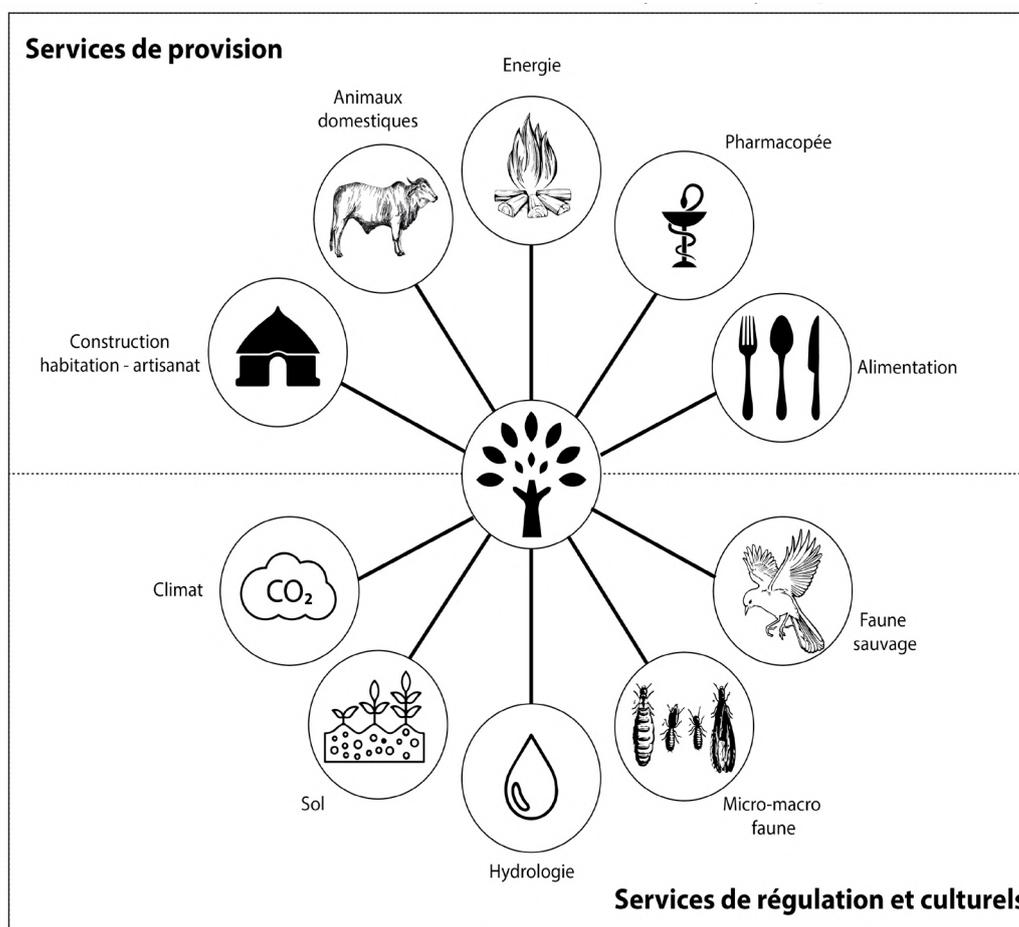


Figure n°2 : représentation de la multifonctionnalité des arbres dans le système sylvo- pastoral sahélien

Deux grands groupes de services ont été décrits avec d'un côté les services de provision avec une approche évidemment anthropocentrée et de l'autre les services de régulation et culturel portant sur la biodiversité et l'écosystème en général (Harrison *et al.*, 2014).

À partir du système agro-écologique, les discussions ont porté sur les aspects de prélèvements des ressources naturelles et agricoles impliquant la prise en compte de la

dimension économique du modèle à travers l'autoconsommation et la commercialisation des produits. Les échanges se sont aussi concentrés sur la question foncière. Les débats montraient la grande diversité de situation foncière et la non-linéarité des processus avec une différence marquée entre les zones selon leurs statuts du foncier. Il résulte de ces discussions l'apparition de trois fonctions d'acteurs spécifiques au modèle :

- La fonction de « cueilleur », a été développée pour décrire les acteurs s'impliquant dans le transfert de matières du système biophysique au système économique. Cette fonction s'applique aussi bien pour les ressources naturelles que pour les productions agricoles. C'est à travers cette fonction de cueillette qu'il y a prélèvement de ressources et donc qu'il est possible d'en estimer une valeur économique. D'autres fonctions économiques découlent de la cueillette comme la consommation, la transformation et la commercialisation. Les enjeux d'organisation économique avec les groupements de producteurs apparaissent à ce niveau.

- La fonction du « commanditaire de la restauration » pouvant être endogène ou exogène au territoire. Cette commande pourrait être déclenchée par une évaluation de certains indicateurs environnementaux (évolution du nombre d'arbres, de feux de brousse, de coupe illégale d'arbres etc.). Le commanditaire suit alors une procédure administrative pour aboutir à une décision d'autorisation de la restauration par l'instance en charge du foncier.

- La fonction d'« acteur de la restauration » est instanciée par l'administration suite à l'acceptation de la demande du « commanditaire ». Cette fonction peut être dédiée aux pilotages des opérations comme le font les agents des eaux et forêts ou à l'implication des populations locales et d'acteurs des organisations civiles. L'acteur de la restauration est une fonction centrale dans l'exécution de cette transformation de l'écosystème. Elle va nécessiter des capitaux financiers, intellectuels et technologiques pour réussir cette opération.

À la fin du cycle de restauration, il est possible d'instancier une nouvelle évaluation de la réussite des opérations pouvant atteindre un seuil de satisfaction pour les acteurs locaux ou le commanditaire entraînant la fin des opérations et la disparition de la fonction d'acteur de la restauration.

Le temps, les conflits et la participation : perspective de développement du modèle

L'objectif de ce travail de modélisation est de transformer ce proto-modèle conceptuel en un simulateur informatique multi-agents (SMA). Il reste de nombreux développements à tester. Trois grands enjeux semblent se dessiner pour les futurs travaux : la prise en compte des différentes temporalités dans les opérations de restauration, la compréhension des conflits autour des espaces de restauration et l'adaptabilité du modèle aux différents contextes locaux pour favoriser la participation des acteurs.

- Le temps, dimension essentielle des opérations de restauration et de la définition des « objectifs visés » (Bakker *et al.*, 2000), doit être étudié précisément afin de gérer des temporalités très différentes pour considérer à la fois des besoins humains quasiment quotidiens avec des cycles de vie de plantes s'étalant sur plusieurs décennies. Si le modèle se dote d'un horizon temporel d'un demi-siècle, il faudra prendre en compte différents scénarios climatiques et

démographiques pouvant affecter la reproduction naturelle et la disponibilité des ressources pour les activités humaines et la biodiversité.

- Les conflits sont au cœur des enjeux de la restauration (Baker *et al.*, 2014) car celle-ci implique très souvent une fermeture d'espaces et de ressources temporaire ou permanente aux populations locales. Le débat entre division ou partage des terres (*land sparing versus land sharing*) dans la promotion de la biodiversité et le maintien d'activités économiques viables doit être abordé par le modèle.

- L'adaptabilité du modèle aux contextes locaux doit répondre paradoxalement à la mise à l'échelle de l'initiative. La GMV est passée avec l'accélérateur d'une bande d'action d'un million d'hectares, principalement située dans la zone saharo-sahélienne, à une zone de plus de 10 millions d'hectares intégrant des espaces sahélo-soudaniens. Les systèmes agricoles sont moins homogènes et font face à une plus grande diversité de situations de dégradation des terres. Il est donc encore plus nécessaire d'adapter les solutions de restauration aux besoins locaux (Reyes-García *et al.* 2019).

Conclusion

La modélisation territoriale de la restauration des terres dégradées au Sahel est un exercice particulièrement ambitieux considérant le nombre de dimensions écologiques, sociales et économiques à prendre en compte. Ce travail permet justement d'aborder l'impact territorial de la restauration écologique des terres à travers une approche pluridisciplinaire et de coconstruire des solutions adaptées localement. Cette approche de modélisation offre un outil performant pour discuter avec la société civile et les acteurs du développement des futurs souhaitables pour les territoires le long de la Grande Muraille verte.

Bibliographie

- Baker S., Eckerberg K., Zachrisson A. 2014, « Political science and ecological restoration », *Environmental Politics*, 23 (3): 509-24.
- Bakker J.P., Grootjans A.P., Hermy M., Poschlod P. 2000, « How to Define Targets for Ecological Restoration?: Introduction ». *Applied Vegetation Science*, 3 (1): 3-6.
- Bousquet F., Barreteau O., Mullon C., Weber J. 2013. « Modélisation d'accompagnement : systèmes multi-agents et gestion des ressources renouvelables ». dans : Bouamrane M., Antona M., Barbault R., Cormier-Salem M-C. (EDS). (*Rendre possible : Jacques Weber, itinéraire d'un économiste passe-frontières*. Versailles, Marseille ; Quae, IRD, p. 147-155.
- Delay E., Ka A., Niang K., Touré I., Goffner D. 2022, « Coming Back to a Commons Approach to Construct the Great Green Wall in Senegal ». *Land Use Policy*, 115: 106000.
- Dendoncker M., Brandt M., Rasmussen K., Taugourdeau S., Fensholt R., Tucker C.J., Vincke C. 2020, « 50 Years of Woody Vegetation Changes in the Ferlo (Senegal) Assessed by High-Resolution Imagery and Field Surveys ». *Regional Environmental Change*, 20 (4): 137.
- Guissé A., Boëtsch G., Ducourneau A., Goffner D., Gueye L. 2013, « L'Observatoire hommes-milieus international Tèssékéré (OHMi) : un outil de recherche pour étudier la complexité des écosystèmes arides du Sahel ». *Comptes Rendus Biologies*, 336 (5): 273-77.
- Harrison, P. A., Berry P.M., Simpson G., Haslett J.R., Blicharska M., Bucur M., Dunford R., *et al.* 2014, « Linkages between Biodiversity Attributes and Ecosystem Services: A Systematic Review ». *Ecosystem Services*, 9: 191-203.
- Mirzabaev A., Sacande M., Motlagh F., Shyrokaya A., Martucci A. 2022, « Economic Efficiency and Targeting of the African Great Green Wall ». *Nature Sustainability*, 5 (1): 17-25.
- O'Connor D., Ford J. 2014. « Increasing the Effectiveness of the “Great Green Wall” as an Adaptation to the Effects of Climate Change and Desertification in the Sahel ». *Sustainability* 6 (10): 7142-54.
- Reyes-García V., Fernández-Llamazares A., McElwee P., Molnár Z., Öllerer K., Wilson S.J., Brondizio E.S. 2019. « The Contributions of Indigenous Peoples and Local Communities to Ecological Restoration ». *Restoration Ecology* 27 (1): 3-8. <https://doi.org/10.1111/rec.12894>.
- Turner M.D., Carney T., Lawler L., Reynolds J., Kelly L., Teague M.S., Brottem L. 2021. « Environmental Rehabilitation and the Vulnerability of the Poor: The Case of the Great Green Wall ». *Land Use Policy* 111: 105750.

Implantation des jardins communautaires pour contribuer à la sécurité alimentaire et sanitaire durable dans la commune de Zitenga au Burkina Faso

Alphonsine Ramdé-Tiendrebeogo

Maitre de Recherche, Plantes médicinales-Phytothérapie, Biochimie-Substances Naturelles /Département de Médecine et Pharmacopée Traditionnelles Pharmacie/ Institut de Recherche en Sciences de la Santé (MEPHATRA-PH/IRSS), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

Membre de International Research Laboratory, Environnement, Santé, Sociétés CNRS/UCAD/UGB/USTTB/CNRST

Roger Zerbo

Anthropologue, Maitre de Recherche, Délégué Général Adjoint- Recherche et Coopération du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso. Membre du LARISS et CEFORGRIS/Université Joseph KI-ZERBO.

Membre de International Research Laboratory, Environnement, Santé, Sociétés CNRS/UCAD/UGB/USTTB/CNRST

Adama Doulkom

Coordonnateur National de l'Initiative de la Grande Muraille verte pour le Sahara et le Sahel (IGMVSS)/Ministère de l'Environnement, Energie, Eau et Assainissement, 03 BP 7044 Ouagadougou 03, Burkina Faso

Felix Kini

Chimiste, Directeur de Recherche, Chef du Département de Médecine et Pharmacopée Traditionnelles-Pharmacie/ Institut de Recherche en Sciences de la Santé (MEPHATRA-PH/IRSS), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

Sylvin Ouedraogo

Pharmacologue, Directeur de Recherche, Directeur de l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS)/ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

Introduction

Les pays du Sahel sont sujets à la dégradation des terres. Des facteurs naturels (érosions éolienne et hydrique, hausse des températures, etc.) et anthropiques (système de production végétale et animale, etc.) constituent la cause majeure de cette dégradation des ressources naturelles. Le Burkina Faso est un pays sahélien avec une superficie de 274 500 km² et une

population d'environ 20,32 millions d'habitants. Dans ce pays enclavé de l'Afrique de l'Ouest, 11 % des terres sont considérées comme très dégradées et 34 % comme moyennement dégradées. Cette dégradation progresserait de 105 000 à 250 000 ha/an tandis que le couvert végétal aurait subi une diminution moyenne de 110 500 ha/an entre 1992 et 2006 (Dembele & Somé, 1991; Koudougou *et al.* 2017).

Les changements climatiques compromettent la production de cultures importantes telles que le blé, le riz et le maïs dans des régions tropicales et tempérées. Ainsi, dans plus de 40 pays en développement, la baisse de la production agricole causée directement ou indirectement par les changements climatiques pourrait augmenter drastiquement le nombre de personnes souffrant de la faim au cours des prochaines années. La malnutrition est désormais présente dans tous les pays du monde et selon l'Organisation des Nations Unies, elle touchera deux milliards de personnes supplémentaires d'ici à 2050. Déjà, plus de 61 millions, soit 30,7 % d'enfants de moins de cinq ans souffrent d'un retard de croissance en Afrique et plus de 40 % des femmes en âge de procréer souffrent d'anémie. La malnutrition affaiblit le système immunitaire, rendant vulnérable à d'autres maladies. Elle est même devenue la première cause de mauvaise santé et de décès (Action contre la faim, 2020). C'est dire que la couverture sanitaire universelle demeure un grand défi à relever dans la plupart des pays africains. Le Burkina Faso en particulier est dans un contexte marqué par une baisse de la production nationale, la hausse des prix des produits importés, une réduction du flux extérieur entrant de céréales et une détérioration de la situation sécuritaire. D'où les ruptures constatées dans l'approvisionnement des marchés locaux.

Différentes stratégies sont développées par les habitants du Sahel pour faire face au phénomène de désertification, et plus globalement à la dégradation de l'environnement. En effet, les techniques antiérosives tels que les cordons pierreux, les demi-lunes, les diguettes ou de restauration et de bio-récupération des terres dégradées tels que le zai, la conversion des sols dégradés en champs fertiles par la combinaison des moyens biophysiques sont en réalité des stratégies de résilience face aux effets adverses du changement climatique, basées sur la valorisation des savoirs locaux, afin de promouvoir une agriculture durable. Le Burkina Faso est partie prenante aux dynamiques internationales et régionales de lutte contre la dégradation de l'environnement et l'appauvrissement de la population par son engagement dans le projet panafricain de l'Initiative de la Grande Muraille verte pour le Sahara et le Sahel (IGMVSS). Cependant, des défis majeurs se posent à l'IGMVSS. En effet, comment l'implantation d'une telle bande d'espèces végétales adaptative face à la sécheresse, peut garantir ou assurer une sécurité alimentaire et sanitaire durable des populations ?

L'implantation de jardin nutritif comme technique de gestion durable des terres et une contribution pour une sécurité alimentaire et sanitaire dans les ménages au Burkina Faso

Le jardin nutritif se présente comme une petite superficie délimitée pour la culture de produits forestiers non ligneux en vue d'améliorer la diversification alimentaire et la nutrition des ménages. Les grandes étapes de la mise en place d'un jardin nutritif comprennent

essentiellement i) la délimitation de la parcelle et la mise en place d'une clôture par du grillage, ii) le tracé des planches et le creusage de chaque planche de 20 à 50 cm de profondeur selon la texture et la structure du sol, iii) le remplissage des planches par un mélange de terre-fumier organique et iv) l'ensemencement. Les photos 1 à 6 montrent les différentes étapes de la mise en place d'un jardin nutritif à *Adansonia digitata* L. (Malvaceae) et à *Moringa oeilfera* L. (Moringaceae) au profit d'une coopérative féminine dans le village de Boala (commune rurale de Zitenga). Il s'agit d'une production essentiellement biologique et saine, qui n'utilise pas de produits chimiques sur les parcelles. Les planches du jardin nutritif ont besoin d'être arrosées au début pour permettre une bonne germination des semences. Cependant, la plupart des points d'eau qui sont des pompes manuelles sont éloignés du site du jardin nutritif. Les femmes effectuent le plus souvent 30 minutes de marche pour se procurer seulement 20 litres d'eau. Il est donc judicieux de réaliser un forage à proximité de chaque jardin nutritif afin de disponibiliser l'eau en permanence et pour un bon rendement des cultures. Une fois mises en terre, les semences produisent au bout de 45 jours des espèces végétales qui peuvent être utilisées en priorité pour l'alimentation dans les ménages. En effet, dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest, les femmes ont en charge la sécurité alimentaire dans les ménages ruraux. Elles assurent les tâches de traitement et de conservation des semences. En plus de la consommation familiale, les produits du jardin nutritif constituent des activités génératrices de revenus au profit des groupements féminins. Le revenu tiré de la vente des produits forestiers non ligneux est investi dans l'achat de condiments pour les repas. Des actions de sensibilisation sur la nutrition des femmes enceintes, allaitantes et des jeunes enfants pour une consommation des feuilles de *Moringa oeilfera* et de *Adansonia digitata* sont aussi menées auprès des populations. En effet, plusieurs travaux de recherche ont confirmé que les feuilles de *Moringa oeilfera* et de *Adansonia digitata* ont des vertus et des valeurs nutritives. *Moringa oeilfera* contient plusieurs vitamines notamment les vitamines A, B, C, D, E et des éléments minéraux dont le Calcium (Ca), le Fer (Fe), le Phosphore (P). Il possède également des propriétés antioxydante et anti-inflammatoire (Moyo B *et al.* 2011 ; Rani *et al.* 2017). Les feuilles de *Adansonia digitata* également contiennent des lipides, protéines, carbohydrates, vitamines A, B, C et P, ainsi que du Fe, Ca, P, Na (Osman *et al.* 2004 ; Malako *et al.* 2015).

Discussion

Quels rôles des différents acteurs de développement pour améliorer la sécurité alimentaire et sanitaire en Afrique ?

Les signes alarmants de la hausse de l'insécurité alimentaire et les différentes formes de malnutrition signifient que des efforts conséquents doivent être déployés afin de réaliser les objectifs de développement durable (ODD 2 et 3) liés à la sécurité alimentaire et sanitaire. Les responsabilités se situent à plusieurs niveaux :

Au niveau des politiques

Bien que l'année 2022 soit déclarée comme année de la nutrition en Afrique par les dirigeants de l'Union Africaine et les chefs d'État et de gouvernement africains, des efforts conséquents restent à déployer pour accroître les engagements politiques et investissements dans la lutte contre les problèmes constants de nutrition. Ainsi, afin de réaliser les ODD 2 et 3,

liés à la sécurité alimentaire et sanitaire, il faudra :

- accélérer et intensifier impérativement les actions visant à renforcer la résilience et la capacité d'adaptation des systèmes alimentaires, ainsi que les moyens d'existence des populations face à la variabilité climatique et aux événements climatiques extrêmes ;
- susciter l'intérêt des décideurs sur la nécessité d'intégrer les plantes locales ou traditionnelles dans les régimes alimentaires pour une meilleure contribution à la sécurité alimentaire et sanitaire, en tant que stratégie d'utilisation durable de la biodiversité ;
- mettre en place des subventions ciblant les populations vulnérables afin de leur permettre de restaurer leurs terres, ce qui contribuerait à améliorer la sécurité alimentaire des ménages à court terme et leur permettrait sur le plus long terme de s'adapter aux problèmes de désertification et de changement climatique ;
- encourager et multiplier la création des jardins nutritifs afin de renforcer la sécurité alimentaire et réduire les maladies liées à l'alimentation (accidents vasculaires cérébraux, diabète type 2, maladies coronariennes, cancer (d'après Springmann *et al.* 2016) ;
- prendre en compte les résultats de la recherche dans la formulation des politiques de développement.

Au niveau des instituts d'enseignement supérieur et de recherche

La transition nutritionnelle et les défis liés à la sécurité alimentaire auxquels font face l'ensemble des pays sahéliens imposent de :

- réfléchir sur de nouvelles alternatives viables pour assurer aux populations un accès à une alimentation en quantité suffisante et de qualité ;
- développer et renforcer les programmes et projets de recherche afin de mener des études sur les plantes locales aux vertus alimentaires et thérapeutiques selon les groupes socio-culturels ;
- intégrer et octroyer des bourses de recherche (master et thèse) pour ces études ;
- élaborer des monographies ou mettre à jour des documents des connaissances scientifiques sur les plantes aux vertus alimentaires et médicinales et les traduire dans plusieurs langues locales ;
- mettre les résultats de la recherche à la disposition des décideurs politiques et acteurs de développement pour être appropriés par les populations.

Quelques résultats de travaux de recherche effectués à l'IRSS/CNRST/ Burkina Faso :

- La population burkinabè fait face à l'expansion de pathologies diverses d'origine bactérienne et/ou virale. Aussi, l'augmentation de la prévalence des maladies chroniques telles que l'hypertension artérielle, l'obésité, le diabète, les cancers et les maladies cardiovasculaires, est en partie liée à une alimentation pauvre et déséquilibrée. En plus, sous les effets des aléas climatiques, le cheptel est parfois décimé par la famine et les zoonoses, ce qui fait perdre une contribution importante du secteur de l'élevage au PIB. Il est donc urgent de trouver des solutions durables pour le renforcement et le maintien d'une sécurité alimentaire et sanitaire des populations et du bétail.

- C'est dans ce contexte, que l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS) avec la collaboration de ses partenaires dont l'Initiative de la Grande Muraille verte pour le Sahara et le Sahel (IGMVSS) et l'Institut des Sciences des Sociétés (IN.SS), ont menées dans des régions du nord et du plateau central du Burkina Faso des études ethnobotaniques et de recherches afin d'identifier sur la base des savoirs et savoir-faire endogènes, les espèces de plantes locales comestibles qui ont des vertus thérapeutiques. Les résultats des travaux ont montré que des espèces pérennes telles que *Adansonia digitata* L. (*Malvaceae*), *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile (*Zygophyllaceae*), *Ficus sycomorus* L. (*Moraceae*), ou de certains légumes tels que *Spinacia oleracea* L. (*Chenopodiaceae*), *Hibiscus sabdariffa* L. (*Malvaceae*), *Corchorus olitorius* L. (*Malvaceae*), *Cleome gynandra* L. (*Brassicaceae*), dont les fruits et/ou feuilles sont beaucoup utilisés pour l'alimentation dans les ménages, contiennent des vitamines, des fibres, des protéines, des lipides, des glucides, des éléments minéraux et d'autres phytonutriments. Leurs propriétés antibactérienne, antioxydante, anti-inflammatoire, analgésique, antipyrétique, antifalcémiant, antianémique, antihypertensive, ont été mises en évidence par des travaux de recherche (Ramdé-Tiendrebéogo *et al.* 2019). Les études phytochimiques ont montré la présence d'importants groupes chimiques dont les tanins, les flavonoïdes, les stérols et terpènes qui sont responsables de ces propriétés pharmacologiques, bénéfiques pour l'humain dans le traitement ou la prévention de diverses pathologies (Ramdé-Tiendrebéogo *et al.* 2019). Certaines plantes utilisées pour l'alimentation et les soins du bétail ont des propriétés antiparasitaires très remarquables. Les plantes identifiées ont été répertoriées dans un herbier en collaboration avec une équipe de botanistes de l'université Joseph Ki-Zerbo.

- En termes de perspectives, la création des jardins d'aliments thérapeutiques dans les différentes régions du pays sur la base des savoirs et savoir-faire endogènes peut contribuer à une sécurité alimentaire et sanitaire durable, impulser un développement socio-économique et une promotion du patrimoine culturel du Burkina Faso. Ces résultats doivent être pris en compte dans la formulation des politiques de développement pour être appropriés par les populations bénéficiaires. Par ailleurs, les plantes comportant des marqueurs d'identités socioculturelles, leur valorisation et la vulgarisation de leurs vertus, permettront de lutter contre la pauvreté et restaurer des écosystèmes. Cette activité de promotion peut être source de création d'emploi pour les jeunes et les femmes et contribuer à la résolution des problèmes d'alimentation et de santé.

Au niveau des autres acteurs de développement

D'autres acteurs tels que les Organisations Non Gouvernementales (ONG), les Organisations de la Société Civile (OSC) et les populations elles-mêmes, doivent intervenir pour améliorer la sécurité alimentaire et sanitaire en Afrique à plusieurs niveaux. D'abord au stade de la production, il faudra améliorer la production durable de plantes traditionnelles tout au long de l'année et protéger les sols locaux en appliquant des méthodes de production agro-écologique. Un dialogue ouvert avec le programme de l'Initiative de la Grande Muraille verte est nécessaire afin d'établir le potentiel des plantes traditionnelles à devenir des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) économiquement viables.

À l'étape de la transformation, il faudra créer et promouvoir de nouveaux produits sains contenant des plantes traditionnelles et former les entrepreneurs pour le co-développement de nouveaux produits et de stratégies marketing.

À l'étape de la consommation, il faudra sensibiliser la population locale et urbaine aux avantages sur la santé de la consommation de plantes traditionnelles et promouvoir les connaissances sur la façon de les préparer. Une éducation environnementale est donc nécessaire afin d'enthousiasmer la jeune génération pour une nutrition saine. Il faudra donc renforcer les programmes de formation, d'information et d'éducation environnementale dans les écoles. Ce qui nécessite une organisation des campagnes de médias sociaux, des concours de recettes et des émissions de cuisine télévisées avec des experts culinaires de renommée. Les médias devraient renforcer la sensibilisation et la communication en faveur de la nutrition et de régimes alimentaires sains pour tous.

Conclusion

Grâce à leur courte période de croissance et leur tolérance aux stress abiotiques et biotiques, de nombreuses plantes locales apportent un grand avantage agronomique. Au-delà de leurs propriétés nutritionnelles et thérapeutiques, ces plantes locales offrent des avantages pour l'adaptation au changement climatique. Relever le défi d'une sécurité alimentaire et sanitaire, passe par une approche systémique avec la transformation de l'ensemble des systèmes d'alimentation, de santé, d'éducation, de protection sociale, d'assainissement, d'approvisionnement en eau potable et d'hygiène. C'est en adoptant une approche concertée, multisectorielle et multipartite qu'il sera possible de parvenir à un changement durable.

Remerciements

À l'association Aktionsgemeinschaft Solidarische Welt (ASW) pour le financement du jardin nutritif au profit de la coopérative féminine de Boala dans le cadre du projet : « Contribution à la sécurité alimentaire et sanitaire des pays du Sahel par la culture et la promotion des vertus nutritionnelles et médicinales des plantes adaptées à la sécheresse : cas du Burkina Faso et du Sénégal ».

À la Coordination nationale de l'Initiative de la Grande Muraille verte pour le Sahara et le Sahel du Burkina Faso pour son partenariat dans la mise en œuvre des différents projets.

À la Fondation Total pour le financement du projet : « Stratégies de gestion des ressources naturelles, représentations de l'environnement et attentes des populations vis-à-vis de la Grande Muraille verte au Burkina Faso » dans le cadre du partenariat UMI /CNRS-3189.

À l'institut Balanitès et l'OHMi Tèssékéré pour l'organisation de l'université d'été, un cadre d'échanges entre des chercheurs du nord et du sud.

Les différentes étapes de la mise en place d'un jardin nutritif dans le village de Boala



Début de la mise en place d'un jardin nutritif



Mélange de terre-fumier organique des espèces végétales par les femmes pour le remplissage des planches



Début de croissance



Evolution des espèces végétales 45 jours après la mise en terre des semences



Récolte des feuilles de *Moringa oleifera* et de *Adansonia digitata* par les femmes dans le jardin nutritif

Bibliographie

- Dembele Y., Somé L. 1991, « Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso, Soil Water Balance in Vie Sudano-Sahdian Zone », *Proceedings of the Niamey Workshop*, February 1991, IAHS Publ. no. 199, 12 p.
- Koudougou S., Stiem L., Kleene P., Taminy DD., Guiguemdé O., Zango O., Kaboré G. 2017, La Gestion Durable des Terres au Burkina Faso : une analyse d'expériences de projets dans le Houet, le Tuy et le Ioba. *Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam, Germany*. Pallo, F.J.P. and Action contre la Faim, 19 juin 2020. Qu'est-ce que la malnutrition ? <https://www.actioncontrelafaim.org>
- Moyo B, Masika PJ, Hugo A, Muchenje V. 2011. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*; 10:12925-12933. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/96497>
- Rani EA, Arumugam T. 2017. Moringa oleifera (Lam)–A nutritional powerhouse. *Journal of Crop and Weed*; 13:238-246. <http://www.cropandweed.com/archives/2017/vol13issue2/13-2-43.pdf>
- Makalao MM, Savadogo A, Zongo C, Traore AS. 2015. Composition nutritionnelle de 10 fruits sauvages consommés dans trois départements du Tchad. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*; 9:2385-2400. <https://www.ajol.info/inde x.php/ijbcs/article/view/130043>
- Osman MA. 2004. Chemical and nutrient analysis of baobab (*Adansonia digitata*) fruit and seed protein solubility. *Plant foods for human nutrition*; 59:29-33. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-004-0034-1>
- Springmann, M., Godfray, H. C. J., Rayner, M., & Scarborough, P. 2016. Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 4146-4151.
- Ramde-Tiendrebeogo A., Zerbo R., Doulkom A., Guissou IP, 2019, « Plantes sahéliennes adaptées dans la récupération des terres dégradées et leurs usages pour la santé : cas de la province du Soum au Nord du Burkina Faso », *Journal of Animal & Plant Sciences*, 41(1): 6767-6783.
- Ramde-Tiendrebeogo A., Yanogo SE., Zerbo.R., Ouedraogo S., Diakite B., Guissou IP, 2019, "Local plants for food and health security in Sahel countries : Case of an area in the layout of the great green wall of Burkina Faso", *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5) : 2173-2181.

Jardin botanique universitaire de Saint-Louis (JARBUS) : une plateforme de recherche pour la résilience et l'adaptation aux changements climatiques

Sidy Mohamed Seck

UFR des sciences de la santé, Université Gaston Berger - Saint-Louis du Sénégal

Anicet Georges Bruno Manga, Cesar Bassène

Département de Biologie végétale, UFR Sciences Agronomiques Aquaculture et Technologies Alimentaires, Université Gaston Berger de Saint-Louis du Sénégal

Introduction

La région de Saint-Louis est située au nord du pays et s'étend le long du fleuve Sénégal dont plusieurs affluents arrosent les terres agricoles. Le climat est de type sahélien avec une saison pluvieuse et chaude qui dure quatre mois et une saison sèche froide qui dure huit mois (Sambou, 2020). La partie ouest correspond à la ville de Saint-Louis et possède un climat particulier de type côtier avec des températures qui dépassent rarement 35°C même en saison chaude. Comme dans beaucoup de zones sahéliennes, on assiste à Saint-Louis depuis plusieurs années à une raréfaction des espèces végétales liée essentiellement à des facteurs à la fois anthropiques et naturels (aménagement urbains et agricoles, déforestation, sécheresse, ensablement des cours d'eau) (ANSD, 2012).

Cependant, à l'instar de beaucoup de pays sahéliens, les changements climatiques combinés à la surexploitation non contrôlée des terres menacent la survie de nombre d'espèces végétales qui ont un intérêt médical, alimentaire, environnemental ou économique. Cette situation a des impacts négatifs sur l'équilibre de cet écosystème et constitue une menace de plus en plus visible pour les activités socio-économiques des populations vivant en milieu rural.

Les jardins sont des infrastructures qui jouent un rôle déterminant dans la conservation, la restauration et la valorisation de cette diversité floristique (BGCI, 2011). En effet, la conservation des espèces menacées à travers des espaces protégés est devenue une priorité nationale en étant une police d'assurance contre la perte de la riche biodiversité au Sénégal et dans la sous-région ouest-africaine.

Actuellement, il existe un nombre limité de jardins botaniques au Sénégal et tous sont concentrés dans la région de Dakar et ses environs (4). Ainsi, ce projet vient renforcer la capacité globale du pays en matière de conservation et de restauration des ressources

végétales. Il représente également un poumon vert pour Saint-Louis.

La création d'un espace protégé servant à l'expérimentation agro-écologique, à la multiplication et à la valorisation des espèces végétales d'intérêt s'avère nécessaire pour la préservation et la restauration de la biodiversité floristique dans la région nord du Sénégal.

L'université Gaston Berger est la deuxième institution publique d'enseignement supérieur et de recherche au Sénégal est bien placée pour accueillir une telle infrastructure. Elle dispose déjà d'une ferme agricole et de nombreux chercheurs dans les domaines de la biologie végétale, de la botanique, de l'entomologie, de l'écologie et des sciences médicales et pharmaceutiques.

Objectifs

L'objectif global de la création du jardin botanique est de contribuer à la restauration et à la protection de la biodiversité dans la région nord du Sénégal.

De manière plus spécifique, il s'agira de :

- conserver les espèces végétales qui sont menacées de disparition au Sénégal ;
- expérimenter la culture d'espèces végétales utilisées dans la Grande Muraille verte au sein du jardin botanique de Saint-Louis ;
- réintroduire les espèces végétales d'utilité médicinale, alimentaire, cosmétique dans leur milieu naturel ;
- former les communautés locales à la gestion durable et équitable de la diversité floristique ;
- valoriser les produits provenant de l'exploitation adéquate des ressources du jardin botanique.

Bénéficiaires du projet

Une fois mis en place, le jardin botanique universitaire bénéficiera directement ou indirectement aux entités ci-après :

- étudiants en agro-écologie, en botanique, en pharmacie et en médecine ;
- enseignants et chercheurs de l'UGB ;
- communautés riveraines de l'université Gaston Berger (groupements de femmes et de jeunes qui seront formés sur les bonnes pratiques en agro-écologie).

Mise en œuvre du projet

Le projet de jardin botanique ne se limite pas seulement à un créer un espace de conservation des plantes mais intègre plusieurs volets qui seront développés au fur et à mesure de l'exécution des activités.

Un volet recherche et expérimentation

Le jardin est une entité rattachée à l'université et naturellement un terrain de recherche et d'expérimentation sur les plantes autochtones comme exotiques. Il faut noter que la forme agricole de l'université déjà fonctionnelle depuis une quinzaine d'année servira de rampe de lancement pour le jardin qui dispose d'un espace de trois hectares attribué par les autorités académiques. Le jardin sera subdivisé en dix secteurs en plus des allées de passage et des aménagements ludiques (voir le plan du jardin botanique en **annexe**).

C'est ainsi qu'une plateforme expérimentale comprenant une serre et un laboratoire de biologie végétale sera mise en place afin d'accueillir des chercheurs et étudiants qui pourront y effectuer des travaux pratiques.

Sur le plan organisationnel, le jardin botanique sera géré par l'UGB en partenariat avec les partenaires locaux et internationaux. Des collaborations avec des plateformes internationales sont à l'étude. Un organigramme fonctionnel sera discuté avec ces derniers puis adopté. Le responsable de l'herbier et le conservateur du jardin botanique seront chargés d'assurer la gestion, de conduire les activités scientifiques, d'entretenir et d'optimiser les collections botaniques pour avoir une valeur scientifique et de conservation.

Un volet formation et éducation au développement durable

Il s'agira d'offrir des modules de formation initiale ou continue aux acteurs communautaires publics ou privés évoluant dans le secteur agricole ou de l'écologie en général. Également, des séminaires/ateliers de formation pratique seront organisés au profit des élèves et étudiants, des associations de femme. En outre, des stratégies de communication et de sensibilisation du grand public sur la préservation de la biodiversité seront développées à travers des expositions *in situ* et des journées portes ouvertes.

Un volet valorisation des ressources végétales et autonomisation

La mise en valeur des plantes ayant des propriétés médicinales, cosmétiques, nutritionnelles ou ornementales sera parmi les priorités du jardin botanique.

Par ailleurs, le jardin sera également un lieu de découverte et de détente pour les touristes visitant la zone nord du Sénégal.

Les organisations de jeunes et de femmes de la région de Saint-Louis seront mises à contribution pour la transformation et la commercialisation des produits de la recherche et de l'expérimentation sur les plantes. Les recettes tirées de ces activités contribueront à l'autonomisation financière de ces populations et aideront à supporter une partie des charges de fonctionnement du jardin.

Niveau d'exécution actuel du projet :

Le projet a démarré depuis le mois de juin 2022 grâce à un financement initial de l'OHMi Tèssékéré qui a permis de réaliser un certain nombre d'activités :

- Pour ce qui concerne la première phase : l'acquisition et la délimitation du site sont déjà effectués et les démarches sont en cours pour trouver un partenaire pour les travaux d'aménagement qui restent le plus difficile à faire (voir plan d'aménagement en **annexe**). Les différents départements de la faculté d'agronomie sont au cœur du projet et interviendront

dans les études de sols et topographiques, l'élaboration du plan d'adduction d'eau et la disposition des différentes aires du jardin.

- La deuxième phase du projet consistant à la mise en place du jardin des plantes a également démarré avec la pépinière qui compte déjà plantes réparties en cinquante espèces d'intérêt médicinal et alimentaire. Actuellement la majorité des plantes ont atteint la maturité pour être transplantées au niveau du site du jardin.

Il faut noter que lors de la sélection, des espèces retrouvées dans le périmètre de la Grande Muraille verte (GMV) comme *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocaria birrea*, et *Accacia senegal* ont également été choisies pour tester leur capacité d'adaptation au climat de Saint-Louis. Leur germination et leur croissance sont jugées satisfaisantes malgré quelques mortalités précoces observées surtout avec *Sclerocaria birrea*.

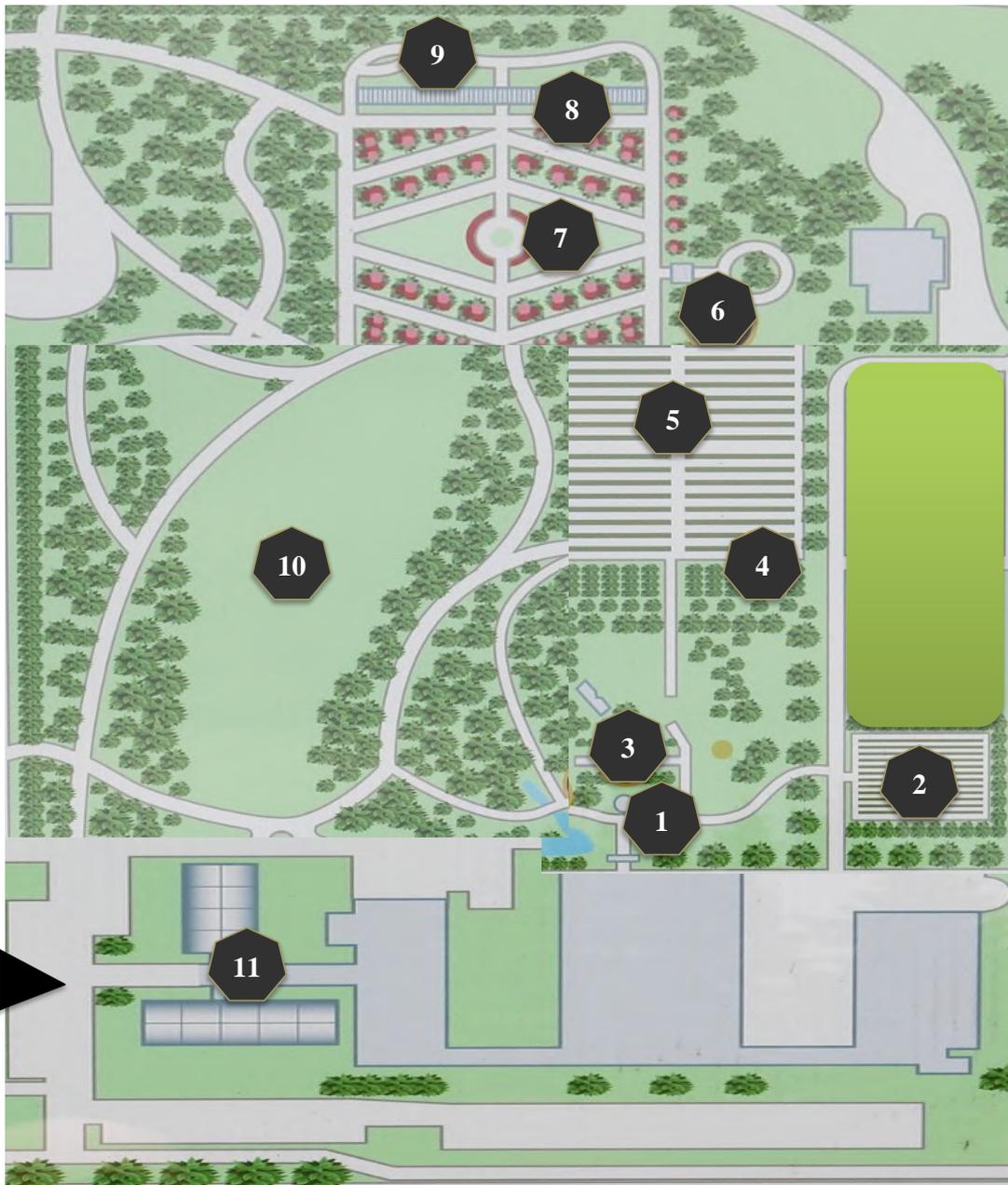
- La troisième phase d'exploitation et de valorisation des ressources provenant du jardin n'est pas encore entamée mais est prévue à partir de la troisième année du jardin.

Conclusion et perspectives

Le projet du jardin botanique universitaire de Saint-Louis n'est qu'à ses débuts mais se propose dans un avenir proche de jouer pleinement son rôle en termes de conservatoire de la biodiversité et de plateforme de recherche expérimentale dans la zone nord du Sénégal. L'urgence à court terme est de finaliser l'aménagement du site et de transplanter les différentes espèces déjà disponibles au niveau de la pépinière.

Également un élargissement de l'éventail des espèces végétales conservées dans le jardin est prévu avec la collaboration des collègues de l'université Assane Seck de Ziguinchor (région sud du Sénégal).

Afin d'assurer la viabilité du projet, des activités sont prévues pour maintenir le fonctionnement durable du jardin. Ainsi, les activités du projet vont en partie contribuer à son autofinancement. Pour ce faire, un certain nombre de services seront offerts au sein du jardin comme les activités génératrices de revenus en collaboration avec les communautés (groupements de femmes, jeunes entrepreneurs en agro-écologie, étudiants). Parmi ces services on peut citer : l'aide à l'identification des espèces, la fourniture de rapport d'expertise à des projets de mise en valeur des ressources naturelles biologiques, la commercialisation des semences et pépinières et de plantes, l'extraction et la vente d'huiles végétales.



- 1 secteur des plantes médicinales
- 2 secteur des plantes aquatiques
- 3 secteur des plantes alimentaires
- 4 secteur des plantes exotiques
- 5 secteur des plantes rares ou menacées
- 6 secteur des plantes aromatiques
- 7 secteur des plantes ornementales
- 8 pergola
- 9 zone d'exposition
- 10 arboretum
- 11 serres et laboratoires

Annexe : plan du jardin botanique

Bibliographie

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie. Service Régional de Saint-Louis. 2012, Situation économique et sociale régionale 2012. <http://www.ansd.sn/ressources/ses/chapitres/0-presentation.pdf>

BGCI. 2011. Botanic Gardens Conservation International. <http://www.bgci.org/ressources/event/0222/>)

Diouf J., Camara A.A., Mbaye M.S., Diouf N., *et al.* 2020, "Le Jardin Botanique du département de Biologie Végétale (FST/UCAD/SENEGAL) : structure de la flore d'un site de haute diversité floristique", *International Journal of Development Research*, 10(7) : 37997-38004.

Sambou D., 2020, « Changement climatique à Saint-Louis du Sénégal : risques, vulnérabilité et résilience des populations face à la montée des eaux », *The Conversation* du 03 septembre 2020. <https://theconversation.com/changement-climatique-a-saint-louis-du-senegal-risques-vulnerabilite-et-resilience-des-populations-face-a-la-montee-des-eaux-137337>

Contamination naturelle de l'eau de boisson dans la zone de la Grande Muraille verte : impacts sanitaires

Massamba Diouf, Amadou Dieng

IRL 3189 Environnement, Santé, Société.
CNRS, UCAD, UGB, USTTB, CNRST

Service de santé publique, Institut d'odontologie et de stomatologie, UCAD

Priscilla Duboz

IRL 3189 Environnement, Santé, Société.
CNRS, UCAD, UGB, USTTB, CNRST

Introduction

La présence de contaminants dans un environnement donné n'est pas nécessairement liée à une activité anthropique, puisque parfois présent à l'état naturel. Par ailleurs, tant qu'un élément n'a pas été identifié comme altéragène, il n'est ni considéré comme un polluant (agissant sur l'environnement) ni comme un contaminant (agissant sur les organismes vivants) (Veyret, 2007). Comme le soulignent Babajko *et al.* (2020), les contaminations environnementales affectent particulièrement la cavité buccale, et peuvent entraîner de nombreuses pathologies chroniques (cancers, troubles de la fertilité, fluorose dentaire et osseuse) par l'alimentation, les médicaments ou la respiration. La sphère orale, et notamment les dents, peuvent donc être considérées comme des témoins de l'exposition environnementale aux contaminants.

Une illustration de ce cas de figure est directement observable sur le terrain de l'Observatoire Hommes-Milieus international (OHMi) Téssékéré : seule source d'eau de boisson durant les huit mois de saison sèche, la nappe maëstrichtienne du Ferlo, à laquelle les populations ont accès grâce à un forage, est fortement chargée en fluor. Cependant, jusqu'aux travaux menés par l'OHMi Téssékéré, ce dernier n'était pas considéré comme un contaminant, puisque sa concentration, et son effet nocif sur la santé des individus habitant la zone du Ferlo n'avaient pas été identifiés. Dans le Ferlo sénégalais, les opérations scientifiques annuelles menées par l'OHMi Téssékéré incluent régulièrement des consultations odontologiques des populations habitant la zone de la Grande Muraille verte. Au cours de ces consultations et des années d'enquêtes, la question de la fluorose dentaire a émergé, notamment en 2017 à la faveur d'une mission durant laquelle de nombreux enfants ont été identifiés comme étant atteints par cette pathologie. Étant donné les connaissances portant sur la fluorose, il a donc été décidé de mener une étude permettant de mesurer l'influence de la teneur en fluor dans l'eau de boisson, l'origine de l'eau consommée et la prévalence de la fluorose dans la population.

Dans cet article nous montrerons comment, d'une étude initialement orientée vers l'épidémiologie, le système OHM-DRIIHM a permis la mise en place d'une « disciplinarité éclairée » (Chénorkian, 2020), expliquant ainsi le processus de contamination au fluor et ses impacts sanitaires observés dans le Ferlo sénégalais.

L'eau dans le Ferlo : un accès restreint à une ressource essentielle

Les différentes études réalisées au Sénégal ont mené à l'identification de quatre grands systèmes aquifères : le système aquifère superficiel, le système aquifère intermédiaire, le système aquifère du socle et le système aquifère profond. Ce dernier s'étend sur la quasi-totalité du bassin sénégalais et constitue un immense réservoir (Sane, 2015). Dans le Ferlo sénégalais, et plus précisément dans la zone sylvo-pastorale, depuis la fin de la seconde guerre mondiale, la découverte de la nappe maëstrichtienne située dans les formations géologiques profondes (100 à 350 m) a mené à un vaste programme de forage visant à alimenter en eau les populations du Ferlo et leur bétail. Dès la fin des années 1950, 35 forages équidistants d'une trentaine de kilomètres étaient fonctionnels, ce nombre étant augmenté à 43 au début des années 1970 (Barral *et al.*, 1982). Dans la commune de Téssékéré, il existe 3 grands forages, créés entre 1954 et 1956, qui approvisionnent en eau les populations humaines et animales (globalement, de novembre à juillet). À Téssékéré, la population est essentiellement peule (hors commerçants dans les bourgs situés à proximité des forages), et l'activité économique principale consiste en un élevage de bovins et ovins/caprins permettant de dégager un minimum de ressources économiques. Cette population, isolée et économiquement défavorisée, n'a pas les moyens d'acheter d'eau minérale conditionnée et est donc totalement tributaire des ressources en eau locales. Trois fois par semaine – en moyenne – les populations doivent donc effectuer entre 10 et 30 km en charrette tirée par des ânes pour s'approvisionner en eau des trois forages de la commune, seule et unique source d'eau durant la saison sèche (Boëtsch *et al.*, 2019).

La dépendance forte des populations à cette ressource est cruciale, car la qualité de l'eau de boisson détermine la survenue de maladies hydriques classiques (maladies infectieuses...) mais également de maladies induites par la composition de l'eau. Au Sénégal, à la suite des travaux effectués par Raoul *et al.* (1965), le premier foyer de fluor au Sénégal fut découvert en 1957, à Mont Rolland dans la région de Thiès. Cette découverte fût le point de départ d'une étude systématique de la présence des ions fluorures dans les eaux de tous les ouvrages de captage. Cet auteur parlait alors d'une zone de fluorose endémique (ZFE) recouvrant les régions de Fatick, Diourbel, Kaolack, une partie de la région de Thiès et le long du fleuve Sénégal (Matam). Suite à la grande sécheresse des années 1970, qui s'est traduite par un assèchement de plusieurs puits, rivières et lacs, l'approvisionnement quasi-exclusif en eau des forages s'est traduit par une recrudescence de la fluorose dentaire, surtout dans le centre du pays (Ndiaye, 2004).

L'étude odontologique de la fluorose dans le Ferlo sénégalais

Le fluor est le premier élément de la famille des halogènes dans la classification de Mendeleïev. Il est également le plus électronégatif de tous les éléments. Ses propriétés le rendent très réactif et lui confèrent la capacité de créer des liaisons covalentes bipolaires par attraction électronique. Élément chimique abondant de la croûte terrestre, il existe essentiellement sous des formes ioniques appelées fluorures, ou des formes conjuguées formant ainsi des complexes fluorés (Ameur *et al.*, 2019).

Du point de vue médical, la particularité des fluorures tient au fait qu'il existe deux seuils : 1,5 mg/l, qui pose la limite des risques associés aux fluorures (fluorose dentaire et osseuse), et 0,7 mg/l, qui correspond à la concentration permettant de profiter des effets bénéfiques du fluor (prévention de la carie dentaire). Cependant Brouwer *et al.* (1989), après avoir étudié la fluorose dans certaines régions du Sénégal, ont conclu à la présence de lésions de fluorose dentaire pour une teneur en fluorures de l'eau à 1,1 mg/litre chez 68,5 % des enquêtés.

Conséquences liées à l'intoxication

L'action du fluor, pré et post-éruptive, est déterminante sur la santé dentaire. Cependant son accumulation excessive dans l'organisme provoque la fluorose (Mendoza-Schulz *et al.*, 2009 ; Lynch *et al.*, 2004) atteinte essentiellement dentaire et ostéoarticulaire. La fluorose dentaire résulte de la surconsommation de fluor pendant la période de l'enfance (Horowitz, 1986). Toute surexposition durant la phase de minéralisation (entre 0 et 6 ans) à des doses élevées (supérieures ou égales à 0,1 mg par kg de poids / par jour) dans l'organisme, peut causer la fluorose dentaire (Allart, 2014 ; Amiard, 2011 ; Arbab & Foray, 2005). Plus de 70 millions de personnes pourraient être affectées de fluorose dans le monde (Theozor-Ejiofor *et al.*, 2015).

L'apparence clinique de la fluorose est très variable en fonction du degré de l'atteinte :

- normal : l'émail est de structure semi-transparente et vitriforme, sa surface est lisse, brillante et généralement de couleur blanc- crème pâle ;
- douteuse : présence d'une légère altération de la translucidité normale de l'émail pouvant aller de quelques mouchetures à de véritables taches ;
- très légère : présence de petites opacités blanches touchant moins de 25% de la surface dentaire ;
- légère : opacification blanche de l'émail étendue à 50% de la surface dentaire ;
- modérée : usure importante de l'émail, souvent séparée par des taches brunes ;
- sévère : présence de plusieurs taches brunes, usure accentuée de la surface dentaire et une atteinte probable des os.

En général, une fluorose dentaire grave s'accompagne d'une atteinte des os. Outre la fluorose dentaire, celle osseuse résulte de l'accumulation progressive de fluor dans le tissu osseux. Elle est habituellement asymptomatique au début et ne se voit qu'à l'âge adulte car elle nécessite de longues années d'exposition à des doses de fluor très élevées (Lattar *et al.*, 2003). L'intoxication survient exclusivement par ingestion excessive et prolongée de fluor. La forme

la plus sévère de fluorose osseuse, appelée “fluorose osseuse invalidante”, peut se traduire par une calcification des ligaments, l’immobilité, une perte musculaire et des problèmes neurologiques résultant d’une compression de la moelle épinière (Mrabet *et al.*, 1995 ; Fisher *et al.*, 1989). Au Sénégal, dans le centre sud du pays (régions de Fatick et Mbour), des enquêtes réalisées le long de la bande hydrologique salée et fluorée ont indiqué que la prévalence de la fluorose dentaire s’élève à 83,6 %, et celle de la fluorose osseuse à 52,7 % (Rabier *et al.*, 2008).

Dosage du fluor dans l’eau de Widou Thiengoly

Lors de cette étude, une caractérisation de l’eau du forage de Widou Thiengoly a été réalisée (**tableau 1**), mettant en évidence des taux élevés de fluor, supérieurs à 1 mg par litre dans l’ensemble des compartiments testés (eau du forage et eau issue du forage, stockée dans les citernes). Ainsi, la teneur en fluor de l’eau privilégiée pour la boisson dépasse, dans trois citernes sur quatre, la concentration limite de l’OMS (1,5 mg/l) ; elle dépasse également (mis à part le premier prélèvement effectué dans le forage) la concentration pour laquelle Brouwer *et al.* avaient observé des impacts sanitaires chez la majorité de la population.

Lieu	Date	F⁻ (mg/l)
Widou Forage	01/05/2014	1,05
Widou Forage	20/08/2014	1,27
Widou Forage	04/12/2014	1,12
Widou Citerne 1	17/08/2014	1,56
Widou Citerne 2	17/08/2014	1,68
Widou Citerne 3	17/08/2014	1,83
Widou Citerne 4	17/08/2014	1,24

Tableau 1 : fluor présent dans l’eau du forage et de quatre citernes familiales situées à Widou-Thiengoly

Source : adapté de Duboz *et al.*, 2019

Fluorose dentaire, consommation de l’eau du forage et contamination

Lors de cette étude, un échantillonnage à deux degrés (concessions et individus) a été utilisé. Un tirage au sort des unités nous a permis de choisir les concessions, selon la méthode de sondage de l’OMS par un déplacement de proche en proche, après choix (par tirage) de la première concession. Cette étude descriptive menée en 2019 a porté sur 502 individus. Tous les individus recrutés ont été interrogés et un examen bucco-dentaire leur a été dispensé. La collecte des données est basée sur la fiche de l’OMS de 1997, modifiée pour l’évaluation de l’état de la fluorose. Les plateaux d’examen étaient individuels. Afin de déterminer la

provenance de l'eau consommée, des questions spécifiques portant sur la consommation de l'eau du forage, l'eau minérale (cas rare) et l'eau des mares ont été posées. L'analyse des données a été réalisée avec le logiciel Epi 2007 (version 5.3.1.).

Les résultats obtenus nous ont permis de montrer que la prévalence de la fluorose dentaire était de 85,3%. La sévérité de la fluorose allant du code 3 (fluorose légère) au code 5 (sévère) permettait de noter une proportion de 26,9% de personnes atteintes. Par ailleurs, 93,60 % des individus rencontrés utilisaient l'eau du forage comme eau de boisson.

Selon la classification de DEAN, 42% de l'échantillon présentaient une fluorose de code 1 c'est-à-dire une fluorose très limitée, avec une présence de tache blanche opaque inférieure à 25% de la surface. Plus de 15% (15,7%) et 10,8% présentaient respectivement le code 3 et le code 4 (figure 1).

Concernant le nombre de dents touchées, il était en moyenne de $6,73 \pm 6,63$ variant de 0 à 32 dents.

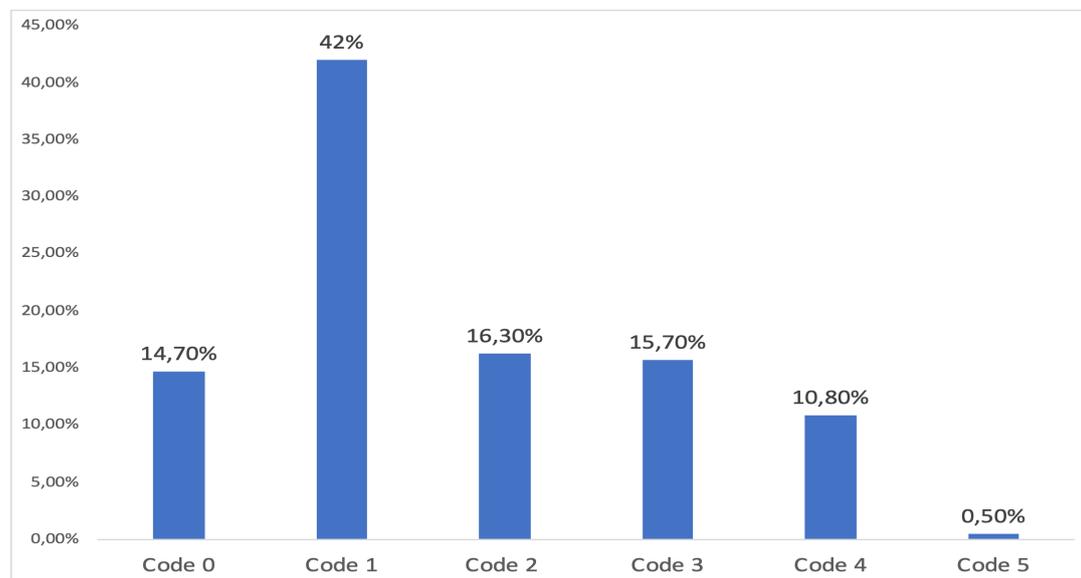


Figure 1 : répartition de la population d'étude selon la classification de DEAN de leur état de fluorose

La fluorose dentaire était statistiquement associée au type d'eau consommée par la population d'étude. Elle était significativement plus importante chez ceux qui consommaient l'eau de forage (81,87%) par rapport à ceux qui utilisaient l'eau de marigot (0,8%) comme eau de boisson ($p: 0,036$) (tableau 1).

Par ailleurs, la fluorose dentaire était statistiquement associée au groupe d'âge de l'échantillon (tableau 1). Elle était significativement plus importante dans les groupes 7-25 ans et 26-55 ans par rapport au groupe des plus de 65 ans ($p=0,001$). Or, les plus de 65 ans sont nés au moins quelques années avant la construction des forages. Peu exposés aux eaux de boisson issues de ces derniers dans leur enfance, et au début de leur vie adulte. Il se pourrait donc que ces différences d'atteintes pathologiques en fonction de l'âge soient le reflet de l'évolution des pratiques liées à l'eau de boisson depuis les années 50 et l'avènement des forages dans la zone.

Conclusion

Lors de cette étude, il est apparu que la contamination des populations du Ferlo sénégalais au fluor était due à un accès facilité à une nappe riche en fluor. La mise en place des forages dans la commune de Tébékéré, dans les années 50, en permettant un accès constant à l'eau, ressource essentielle, a aussi induit l'augmentation de l'ingestion de fluor, et *in fine*, le développement de la fluorose dentaire. Ce déroulement chronologique de l'impact de l'accès à une eau contenant un polluant naturel se retrouve également dans l'atteinte différentielle selon l'âge : les plus âgés (nés juste avant ou au moment de la création des forages) sont épargnés par la fluorose dentaire. Le fluor, polluant naturel de la nappe maëstrichtienne, est donc bien un contaminant vu les conséquences sur la santé des populations consommatrices qui ont été constatées. Par ailleurs, la concentration de fluor relevée dans l'eau de boisson du forage et des citernes de Widou Thiengoly, bien qu'élevée, ne dépasse pas toujours le seuil officiel fixé par l'OMS. Mais comme le soulignent Zhou *et al.* (2016), la susceptibilité des individus à l'exposition au fluor dépend du fond génétique, et des études antérieures ont d'ores et déjà démontré des atteintes pathologiques à partir de concentrations inférieures à 1,5 mg/l dans les populations sénégalaises, ce que vient donc confirmer cette étude.

Du point de vue de la santé publique, et au regard des données, il convient de considérer plus que jamais la fluorose comme une priorité. Il s'agit entre autres de profiter des programmes d'extension et d'adduction d'eau pour défluorer au mieux l'eau de forage, limiter la consommation d'aliments riches en fluor et prendre des mesures environnementales favorables protégeant les populations : cette protection pourrait être améliorée par l'analyse des conditions de stockage de l'eau. Dans la commune de Tébékéré, l'eau, une fois tirée du forage, est stockée dans différents contenants : chambre à air, seau, réservoir allant jusqu'à 1000 litres sont en effet susceptibles d'influencer la teneur en fluor de l'eau de boisson. Par ailleurs, il conviendrait également d'analyser le fluor contenu dans les poussières, potentiellement important dans la région sahélienne soumise à de forts vents durant la saison sèche. Des équipes impliquant des anthropologues, sociologues et écotoxicologues spécialisés dans les usages de l'eau, ainsi que sur la pollution de l'air associée aux poussières dans le Ferlo sont donc amenées à collaborer afin de replacer l'enjeu de santé publique « Fluorose » au sein du socio-écosystème étudié par l'OHMi Tébékéré. Enfin, signalons que les connaissances scientifiques et technologiques pour rendre l'eau moins fluorée sont disponibles. Les procédés membranaires, à l'instar des systèmes d'osmose inverse, bien éprouvés ont permis dans certaines localités d'avoir une eau de meilleure qualité. D'autres systèmes plus traditionnels d'adsorption avec des os calcinés peuvent être une alternative crédible en contexte de sous-développement. Il est aussi pertinent, en sus de ces techniques, de comprendre les perceptions des populations par rapport à la qualité de l'eau consommée, de s'interroger sur les conditions de stockage et de conservation en passant en revue les méthodes et moyens mais aussi les procédés pour rendre l'eau plus apte à la consommation depuis le forage jusqu'au domicile en passant par le transport.

Bibliographie

- Allart N., 2014 La fluorose dentaire : étiologies, diagnostics et prise en charge au cabinet, Thèse Chir. Dent. Paris, 2014 N°77.
- Ameur M., Hamzaoui-Azaza F., Cheikha L.B., Gueddari M., 2019 “Geochemistry of high concentrations of fluoride in groundwater at Oued Rmel aquifer (North-eastern Tunisia), and risks to human health from exposure through drinking water”, *Environmental earth sciences*. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8189-0>
- Amiard J.C., 2011 *Les risques chimiques environnementaux : méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes*, Paris, Lavoisier.
- Arbab C.R., Foray H., 2005 “Dental fluorosis: etiologiical diagnosis”, *Archives de pédiatrie*,12(3): 284-7.
- Babajko S., Gayrard V., Houari S., Bui A. T., Barouki R., Niederreither K., Coumoul X., 2020 « La sphère orale, cible et marqueur de l'exposition environnementale-I. Défauts du développement dentaire », *médecine/sciences*, 36(3): 225-230.
- Barral H., 1982 *Le Ferlo des forages : gestion ancienne et actuelle de l'espace pastoral ; étude de géographie humaine*, Dakar, ORSTOM.
- Boëtsch G., Duboz P., Guissé A., Sarr P. (Eds.), 2019 *La Grande Muraille verte, une réponse africaine au changement climatique*, Paris, CNRS Éditions.
- Brouwer I.D., De Bruin A., Dirks O.B., Hautvast J.G.A.J., 1988 “Unsuitability of World Health Organisation guidelines for fluoride concentrations in drinking water in Senegal”, *The Lancet*, 331(8579): 223-225.
- Chenorkian R., 2020 « Conception et mise en œuvre de l'interdisciplinarité dans les Observatoires hommes-milieus (OHM, CNRS) », *Natures Sciences Sociétés*, 28(3-4): 278-291.
- Fisher R.L., Medcalf T.W., Enderson M.C., 1989 “Endemic fluorosis with spinal cord compression: a case report and review”, *Arch Intern Med*, 149: 697-700.
- Horowitz H.S., 1986 “Indexes for measuring dental fluorosis”, *J Public health Dent*, 46: 179-183.
- Iheozor-Ejiofor Z., Worthington H.V., Walsh T., O'Malley L., Clarkson J.E., Macey R., Alam R., Tugwell P., Welch V., Glenny A.M., 2015 “Water fluoridation for the prevention of dental caries”, *Cochrane database of systematic reviews*,12(6): 1-277.
- Lataar A., Mrabet D., Zakraoui L., 2003 “La fluorose en Afrique subsaharienne”, *Rev.Rhumatisme*, 70 : 178-182.
- Lynch R.M., Navada R., Walia R., 2004 “Low-levels of fluoride in plaque and saliva and their effects on the demineralisation and remineralisation of enamel; role of fluoride toothpastes”, *International dental journal*, 54: 304-9.
- Mendoza-Schulz A., Solano-Agama C., Arreola-Mendoza L., Reyes-Márquez B., Barbier O., Del Razo L.M., Mendoza-Garrido M.E., 2009 “The effects of fluoride on cell migration, cell proliferation, and cell metabolism in GH4C1 pituitary tumour cells”, *Toxicol Lett.*, 190(2): 179-18.
- Mrabet A., Fredj M., Ben Ammou S., Tounsi H., Haddad A., 1995 « Compressions médullaires au cours de la fluorose osseuse. A propos de quatre cas », *Rev Med Interne*, 16: 533-535.
- Ndiaye H.R., 2004 Etude de la fluorose endémique et de son impact sur la Santé Bucco-dentaire de l'enfant Enquête Réalisée en milieu Scolaire dans la commune de Gandiaye. Thèse Chir. Dent. Dakar, 2004 N°06.
- Rabier C., Somé N.A., Faye A., Sy M.H., Yam A.A., Biagui E.P., Thiam B., 2008 « Enquête épidémiologique : impact du fluor ingéré via les eaux de boisson sur la santé des populations de cinq communautés rurales du Sénégal », *Journal des sciences et technologies*, 7: 7-12.
- Raoul A., Toury J., Perrelou J., 1965 « Premières études sur le foyer de fluorose humaine au Sénégal », *Afr. Méd.*, 30: 303 – 330.
- Sane M., 2015 Note sur les ressources en eaux du Sénégal : zones potentielles pour le transfert d'eau. Dakar, Ministère de l'hydraulique et de l'assainissement, 8 p.
- Santé Canada, Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada (résumé préparé par le comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du comité fédéral-provincial-territorial de l'hygiène du milieu et du travail), Décembre 2002.
- Veyret Y., 2007 *Dictionnaire de l'environnement*, Paris, Armand Colin.
- Zhou G.Y., 2016 « Les conséquences pathologiques de l'absorption excessive du fluor dépendent non seulement de la dose mais également du fonds génétique et du mode de vie », *Environ Toxicol Pharmacol*, 50 : 20-31.



**ÉCOLOGIE
DE LA SANTÉ**

Un observatoire socio-écologique de la biodiversité et de la santé : dix ans d'études collaboratives à Saen Thong (Nan, Thaïlande)

Kittipong Chaisiri, Purin Makaew, Chuanphot Thinphovong

Faculty of Tropical Medicine, University of Mahidol, Bangkok 10400, Thailand

Rawadee Kumlert

The Office of Disease Prevention and Control, Department of Disease Control, Ministry of Public Health

Anamika Kittiyakan, Yossapong Paladsing

Faculty of Veterinary Technology, University of Kasetsart, Bangkok 10900, Thailand

Serge Morand

MIVEGEC, CNRS - IRD - Montpellier Université, 911 Avenue Agropolis, 34394 Montpellier, France

Malee Tanita

Saen Thong Health Promoting Hospital, Tha Wang Pha, Nan, Thailand

Introduction

Depuis 2012, plusieurs études collaboratives ont engagé des chercheurs d'institutions françaises (CNRS, Cirad, Ird, Inserm, Montpellier Université) et thaïlandaises (Université Mahidol, Université Kasetsart) avec les communautés locales, la collectivité territoriale (Sub-district Administration Office, SAO) du sous-district de Saen Thong (Province de Nan, Thaïlande), les administrations provinciales et du district de Tha Wang Pha (Direction de la santé publique, Direction du développement de l'élevage, Direction de l'agriculture), ainsi que le Parc National de Nanthaburi.

En termes de caractéristiques géographiques, le sous-district de Saen Thong est divisé en deux types de paysage : une zone agricole de basse altitude (quatre villages) proche d'un habitat urbanisé, une zone agricole de moyenne montagne (quatre villages) en bordure de la zone forestière du Parc National de Nanthaburi (Chaisiri *et al.* 2022).

Les projets menés depuis une décennie portent sur la diversité de la faune, les connaissances écologiques traditionnelles, les maladies zoonotiques dont les agents sont transmis par les rongeurs ou par d'autres espèces de la faune sauvage ou domestiques, les maladies parasitaires d'origine alimentaire, les maladies infectieuses à transmission vectorielle, la résistance aux antimicrobiens et l'exposition aux pesticides. Ces projets ont été soutenus par l'Agence nationale de la recherche (ANR) avec les projets CERoPath, BiodivHealthSEA,

FutureHealthSEA, FarmResist, par la NRCT (*National Research Council of Thailand*) ainsi que par l'Université de Mahidol et l'Université de Kasetsart.

Une grande importance est accordée à la santé communautaire, à l'engagement communautaire et à l'éthique. Les projets sont coconstruits avec les unités locales de soins de santé primaires (*Primary Care Unit*), les chefs de village et les volontaires villageois de santé et d'élevage.

Processus transdisciplinaire

Acquérir les connaissances écologiques locales

La nécessité de prendre en compte les savoirs et représentations concernant la transmission des maladies infectieuses s'illustre avec la leptospirose, due à une bactérie environnementale portée par des hôtes animaux comme les rongeurs. En 2006, suite à de fortes inondations, une épidémie de leptospirose humaine s'est déclarée dans la province de Nan. En réponse, les autorités provinciales ont amélioré la prévention sanitaire en menant des campagnes de sensibilisation régulières comme l'encouragement des agriculteurs à porter des bottes, le contrôle des populations de rongeurs et la mise en œuvre d'une prophylaxie en permettant une large distribution d'antibiotiques lors d'épisodes d'inondations.

En 2012, en collaboration avec des spécialistes des sciences sociales, nous avons mené des entretiens approfondis avec des agriculteurs locaux, le personnel des unités locales de soins de santé primaires et l'épidémiologiste de l'hôpital du district de Tha Wang Pha. Il est intéressant de noter que tous les répondants ont montré une bonne sensibilisation à la leptospirose, en particulier les agriculteurs qui ont tous déclaré porter désormais des bottes lors des activités en rizière. Ils ont également montré une compréhension claire de la transmission de la leptospirose impliquant les réservoirs de rongeurs, l'eau et les inondations. Cependant, toutes les personnes interrogées doutaient du rôle des rongeurs. L'épidémiologiste de l'hôpital de district a souligné l'importance de l'habitat local qui favorise le ruissellement des eaux et les crues soudaines. Les agriculteurs locaux ont exprimé des doutes sur les rongeurs en se basant sur leurs connaissances acquises lors de leurs activités de chasse sur l'écologie de ces animaux (période d'activités, comportement, préférence d'habitat). Les agriculteurs locaux ont également souligné l'importance du ruissellement des eaux. Suite à ces entretiens, nous avons recherché les facteurs environnementaux pouvant expliquer l'infection des rongeurs et des humains. Nous avons émis l'hypothèse que si les rongeurs sont une source potentielle d'infection par des leptospires pour les humains, les co-occurrences d'infection des rongeurs et des humains devraient s'observer dans les mêmes environnements ou habitats. Pour cela, nous avons utilisé une enquête de dépistage des leptospires chez les rongeurs, menée en 2008-2009 et les données d'incidence humaine recueillies auprès des hôpitaux de district. Nous avons utilisé une couverture d'utilisation des terres spécifiquement développée pour le projet CERoPath. Les résultats de notre analyse spatiale ont montré que les humains et les rongeurs n'étaient pas infectés dans les mêmes habitats. Une forte incidence humaine est observée dans les villages situés dans des habitats ouverts, à proximité de rivières ou dans des rizières sujettes aux inondations, tandis que les rongeurs infectés sont observés dans des habitats à couvert forestier, principalement situés sur des terres en pente (Della Rossa *et al.*

2014). Ces résultats questionnent une vision médicale traditionnelle du rôle des rongeurs dans la transmission de la leptospirose, du moins en milieu rural.

Nous avons appris de cette étude l'importance non seulement d'entendre les riverains et les professionnels de santé sur ce qu'ils comprennent d'un problème de santé, mais aussi d'acquérir leurs points de vue et connaissances empiriques afin de mieux orienter les questions de recherche.

Description du réseau des parties prenantes

Un point important est de comprendre et de décrire la gouvernance locale. À l'aide de documents officiels, de textes juridiques et d'enquêtes, nous avons pu décrire le réseau d'acteurs impliqués dans la santé publique et la santé animale. À la fin des années 1970, la Thaïlande a adopté la Déclaration d'Alma-Ata et a procédé au développement d'une politique de santé à l'échelon local avec le développement d'unités de soins de santé primaires (Rifkin 2018). Chaque unité de soins de santé primaires couvre un certain nombre de villages, en fonction de leur démographie, avec un personnel de santé en lien à des volontaires de santé villageois. Ceux-ci sont chargés d'informer les autorités locales, de mener des enquêtes et de participer à la mise en place de mesures préventives telles que la démoustication. Ils sont formés pour soutenir la gestion des événements sanitaires dans les communautés et pour utiliser les technologies numériques telles que les applications pour téléphones intelligents¹. Les volontaires villageois de santé ont obtenu leur reconnaissance internationale par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour leur rôle clé dans la gestion de la situation de Covid-19 en Thaïlande².

L'unité de soins de santé primaires est centrale pour travailler en étroite collaboration avec les volontaires de santé villageois, les chefs des villages, le département de la santé publique, les autres départements du district ou de sous-district. Parallèlement, les autres administrations comme le département de l'élevage, le département de l'agriculture ou le département de l'aménagement du territoire ont enrôlé des volontaires villageois avec respectivement des volontaires villageois pour l'élevage, des volontaires villageois pour l'agriculture ou les volontaires villageois pour les sols (dénommés « *soil doctors* »).

Nous avons appris de la description de la gouvernance locale de la santé publique et de la santé animale l'importance de connaître le réseau d'acteurs et de parties prenantes afin de mettre en œuvre des activités de recherche dans une approche « Une Seule Santé » ou « *One Health* » (**Figure 1**).

1 <https://sdgs.un.org/partnerships/village-health-volunteers-unsung-heroes-thailands-health-crisis>

2 <https://www.who.int/thailand/news/feature-stories/detail/thailands-1-million-village-health-volunteers-unsung-heroes-are-helping-guard-communities-nationwide-from-covid-19>

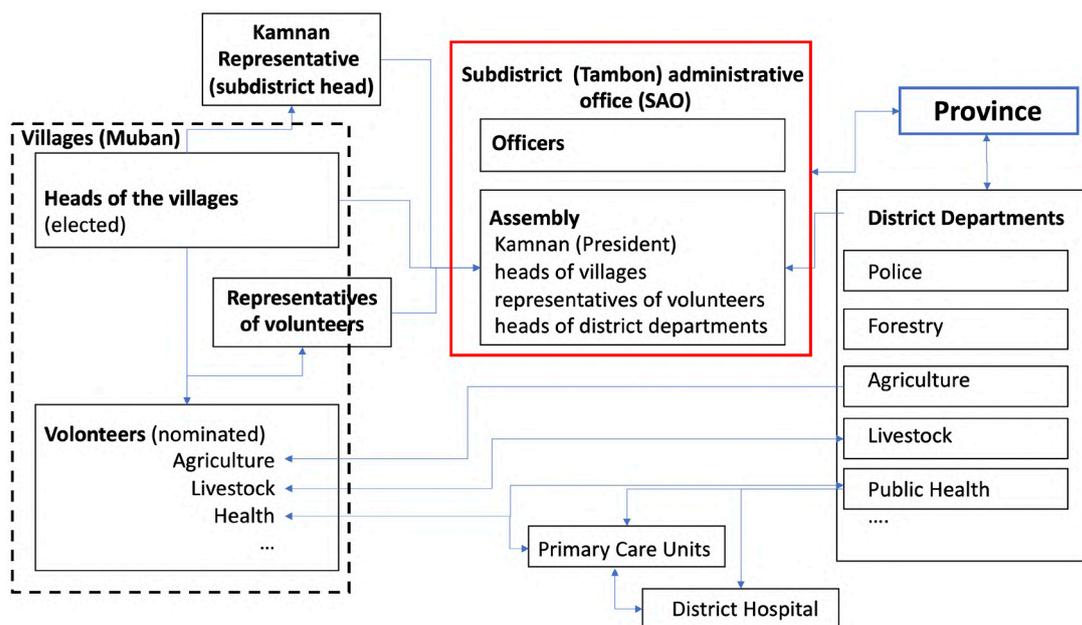


Figure n°1 : le réseau des parties prenantes du sous-district de Saen Thong (province de Nan, Thaïlande) comprenant le bureau administratif du sous-district (SAO), les représentants du village (chefs, bénévoles du village), les administrations du district, les unités de soins de santé primaires (PCU) et l'hôpital du district.

De la formulation d'un problème à la réalisation d'un projet

De 2012 à 2022, nous avons mené plusieurs projets qui ont mobilisé différents domaines scientifiques, secteurs et acteurs (Tableau 1). La mise en œuvre d'un projet de recherche axé sur la santé humaine ou la santé animale dans une perspective « *One Health* » mobilise une grande partie de la gouvernance locale, plusieurs acteurs locaux et une expertise scientifique externe. L'enjeu est de constituer une équipe de recherche multidisciplinaire à même de travailler avec tous les secteurs impliqués.

La première phase est la formulation d'une problématique « *One Health* » comme l'impact des biocides (pesticides, antibiotiques) sur la santé humaine, la santé animale (domestique et sauvage) et la santé des écosystèmes (sol, eau) (Figure 2). Le réseau d'acteurs impliqués doit pouvoir exposer et partager ses connaissances, qu'elles soient scientifiques, médicales, techniques, pratiques ou traditionnelles. Ce partage permet de formuler la problématique, de cadrer les questions du projet.

La deuxième phase est l'élaboration des protocoles à mettre en place. Ces protocoles seront validés par un engagement communautaire des communautés, des administrations locales, de l'unité de soins de santé primaires et des scientifiques. Ces protocoles doivent ensuite être examinés et approuvés par les comités d'éthique concernés (éthique humaine, éthique animale) ainsi que par les autorités concernées (département de la santé provinciale, département des parcs nationaux). Ces protocoles peuvent concerner des entretiens, des questionnaires, des cartographies participatives, des groupes de discussion. Ils peuvent nécessiter des échantillons biologiques humains (prises de sang ou de fèces), d'animaux ou de l'environnement, complétés par l'acquisition de données sur l'environnement et la biodiversité. Ces protocoles génèrent un ensemble substantiel de données qualitatives et quantitatives utilisables par différents domaines scientifiques (anthropologie, sociologie, médecine,

Etude	Projet	Date	Objectifs et méthodes
Agents zoonotiques: helminthes, protistes, bactéries	ANR CERoPath, ANR BiodivHealthSEA ANR FutureHealthSEA	2008-2022	Criblage des réservoirs, découverte, écologie de la transmission
Maladies à tiques	Métaprogramme INRA	2014-2015	Criblage des vecteurs et écologie
Arboviroses	ANR FutureHealthSEA, MUSE Ingenious	2011-2022	Criblage des vecteurs et écologie
Maladies parasitaires d'origine alimentaire	BiodivHealthSEA FutureHealthSEA	2012-2021	Criblage individuel consentement, interviews, méthodes participatives
Résistance aux antibiotiques	Infectiopôle Marseille ANR FarmResist	2018-2021	Criblage animaux domestiques et sauvages, humains, questionnaires, épidémiologie, prévention
Typhus des broussailles	Wellcome Trust MU TropMed	2018 – 2021	Criblage des réservoirs, épidémiologie
Virome (rongeurs)	Belt & Road Virome project	2020	Génomique
Exposome pesticides	ANR FutureHealthSEA	2018-2022	Interviews, questionnaires méthodes participatives
Microbiote	MU TropMed	2018-2020	Criblage, génomique, questionnaire
Chiens et santé communautaire	ANR SEAdogSEA	2019-2023	Criblage, colliers GPS, questionnaires
Coronavirus et spillover	ANR DisCoVER NRCT	2020-2023 2022-2023	Criblage faune sauvage, pièges photographiques, écologie de la transmission
Savoirs écologiques traditionnels	ANR FutureHealthSEA	2021-2022	Interviews, questionnaires méthodes participatives, herbiers,
Biodiversité et santé des sols	SoilBon	2022-2023	Échantillonnage environnementale

Tableau 1 : exemples de projets collaboratifs menés à Saenthong. Chaque projet concernait plusieurs domaines (écologie, virologie, microbiologie, entomologie, santé animale, santé publique)

Projets CERoPath (<https://anr.fr/Projet-ANR-07-BDIV-0012>), BiodivHealthSEA (<https://anr.fr/Project-ANR-11-CEPL-0002>), FutureHealthSEA (<https://anr.fr/Project-ANR-17-CE35-0003>), FarmResist (<https://anr.fr/Project-ANR-17-ASIE-0002>).

écologie, génétique moléculaire, etc.) et par les acteurs (administration locale, unité de soins de santé primaires). La sauvegarde, le partage et l'accès à ces données doivent être clairement spécifiés dans les protocoles et approuvés par les autorisations déontologiques et de recherche (protection individuelle et communautaire, protection des savoirs traditionnels, sécurité).

Lorsque ces phases sont finalisées avec l'engagement communautaire, la conception du protocole, la conception de la mise en œuvre, les autorisations de recherche et les approbations éthiques, la troisième phase peut commencer avec la mise en œuvre du projet. Les activités spécifiées par les protocoles impliquent toujours plusieurs acteurs tels que les volontaires villageois, le personnel de l'unité de soins de santé primaires, le personnel des administrations locales et les scientifiques (écologistes, épidémiologistes, chercheurs en sciences sociales).

La quatrième phase de la vie du projet est la restitution des résultats. C'est la partie la plus complexe car elle doit nécessiter un effort des chercheurs pour s'ouvrir à des champs scientifiques hors de leurs compétences ainsi qu'à d'autres formes de savoirs non scientifiques.

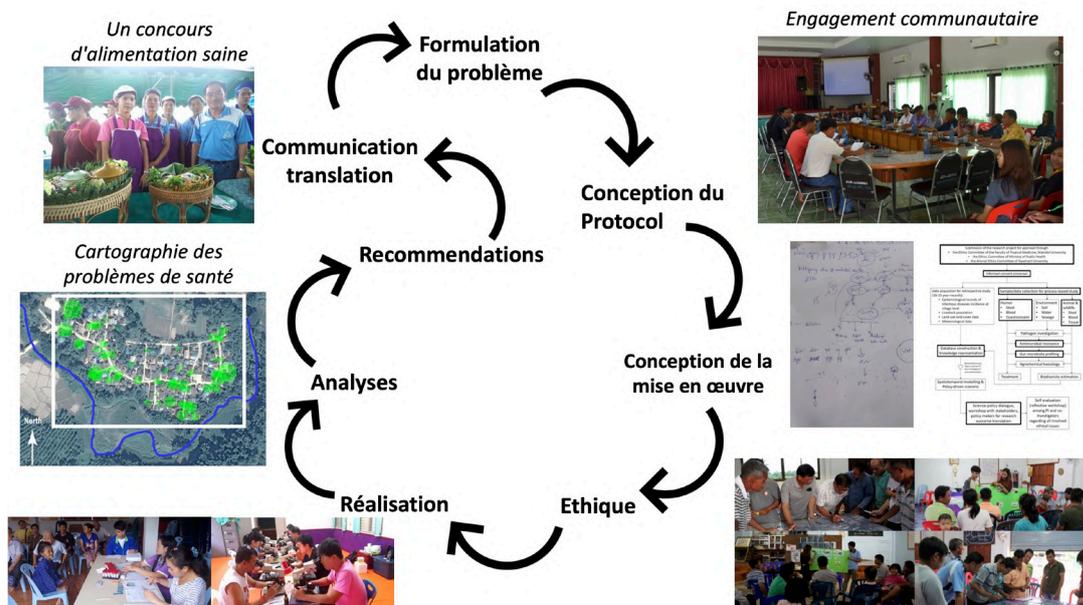


Figure n°2 : de la formulation d'un problème à la réalisation d'un projet.

Il s'agit de dépasser la vision traditionnelle « d'éducation » des citoyens, des collectivités, des praticiens et des décideurs pour aller vers une compréhension partagée des savoirs, des représentations et des valeurs portées par les différents acteurs. L'expertise scientifique traditionnelle doit être dépassée pour aller vers une expertise plurielle intégrative des savoirs scientifiques et des savoirs fondés sur l'expérience des populations, des praticiens et des agents de l'administration.

Nous avons appris la nécessité d'avoir un champion qui prend en charge le problème et mobilise le réseau d'acteurs. Ce rôle mobilisateur est principalement assuré par l'unité de soins de santé primaires assurant l'implication communautaire par les volontaires villageois ainsi que des autres secteurs de la santé animale et de l'agriculture.

Éthique et permis de recherche

Les principes d'éthique et de responsabilité imposent d'interroger les champs scientifiques concernés mais aussi leur épistémologie et leurs représentations, et de considérer le pluralisme scientifique (Morand et Lajaunie 2019).

Les procédures concernant le prélèvement d'échantillons humains, l'investigation en laboratoire, les entretiens et les questionnaires sont examinées et approuvées par un comité d'éthique compétent (comité d'éthique de la Faculté de Médecine tropicale de l'Université Mahidol). Tout d'abord, l'équipe d'investigation organise une réunion avec les responsables locaux de la santé publique, le chef du village et les volontaires villageois de la santé afin de rappeler les buts et les détails de l'étude de recherche. Ensuite, la diffusion publique par haut-parleur est utilisée pour informer dans la langue locale tous les foyers familiaux des objectifs de la recherche. Tous les participants ayant accepté de se joindre à l'étude sont invités à lire la fiche d'information du participant expliquant les objectifs, les procédures, les risques et les avantages possibles du projet de recherche. Les formulaires de consentement sont signés par les participants eux-mêmes, ou par les parents des enfants participants, avant toute soumission d'échantillon (selles ou sang) ou acquisition d'informations personnelles par le biais d'entretiens et de questionnaires (Chaisiri *et al.* 2018).

De même, les procédures concernant la collecte d'échantillons d'animaux domestiques, les enquêtes de laboratoire, les entretiens et les questionnaires des propriétaires des animaux sont examinées et approuvées par le comité d'éthique compétent (comité d'éthique de l'Université de Kasetsart).

Les participants qui se révèlent infectés par les résultats de l'étude sont informés individuellement des résultats du diagnostic et se voient proposer un traitement par des cliniciens qualifiés de l'hôpital du district de Tha Wang Pha (province de Nan) ou de la Faculté de Médecine tropicale de l'Université de Mahidol. De la même manière, des traitements sont prodigués aux animaux domestiques par le département de l'élevage ou par les vétérinaires de la faculté de médecine vétérinaire de l'université de Kasetsart.

Nous avons appris que les démarches éthiques favorisent une meilleure intégration des activités de recherche dans les préoccupations de santé humaine ou de santé animale des personnes, des communautés et des administrations locales.

Traduction des recommandations

En mars 2013, après une enquête parasitaire et suite à un traitement médical de villageois concernés par des parasitoses, l'unité de soins de santé primaires en collaboration avec le SAO de Saen Thong a mené une campagne d'éducation sanitaire visant à réduire les infections parasitaires intestinales dans la région. Le programme s'est concentré sur les maladies parasitaires transmises par les poissons, l'une des infections parasitaires la plus courante dans certains villages de Saen Thong. Les villageois ont participé à un événement d'éducation sanitaire de deux jours qui visait à réduire la consommation d'aliments crus et à éduquer sur les effets négatifs sur la santé des infections parasitaires d'origine alimentaire et d'autres maladies parasitaires intestinales. L'unité de soins de santé primaires et le SAO ont également organisé un concours de cuisine entre les participants pour créer des plats traditionnels bien cuisinés avec du poisson d'eau douce local sous la devise « Poisson cuit, propre et sûr ».

En juillet 2022, nous avons organisé avec l'administration du district de Tha Wang Pha une exposition pour les dix ans de projets collaboratifs illustrant le concept « *One Health* ». L'exposition aide les populations locales et les écoliers à comprendre pourquoi leur santé, la santé animale et l'environnement sont liés. L'exposition s'est tenue pendant deux jours avec un premier jour pour les habitants et les autorités locales et le deuxième jour pour les écoliers. L'exposition a présenté les résultats et connaissances des équipes de recherche en collaboration avec les communautés et autorités locales en soutien à la santé publique, (unités de soins de santé primaires, hôpital Tha Wang Pha), à l'élevage et la santé animale, à l'agriculture, et à la conservation avec Parc National de Nanthaburi. Le secteur de la santé humaine a présenté des connaissances sur les maladies d'origine alimentaire et les maladies à transmission vectorielle en collaboration avec les agents du ministère de la santé publique et du personnel des unités de soins de santé primaires. Pour le secteur de la santé animale, les liens entre la santé humaine et la santé animale ont été illustrés avec les maladies zoonotiques ainsi que les conséquences des expositions aux pesticides chez les animaux et les humains. Pour le secteur de l'environnement, les usages des pesticides ont été illustrés avec une cartographie participative réalisée par les villageois, ainsi que des résultats en cours issus de l'écologie et la conservation de la faune sauvage en collaboration avec le Parc National de Nanthaburi. Une discussion de groupe sur les attentes en santé humaine, santé animale et santé de l'environnement a engagé les parties prenantes (agents gouvernementaux, enseignants, bénévoles de la santé et chefs de village) à dialoguer et à partager leurs idées pour mettre en œuvre un futur projet, leurs priorités et comment renforcer la collaboration entre communautés, administrations et scientifiques.

L'expérience acquise à Sean Thong nous fait reconnaître l'importance du partage des connaissances, des valeurs et des pratiques pour mettre en œuvre des projets socio-écologiques et une seule santé.

Suivi des données

Enfin, un aspect important concerne la nécessité de sauvegarder toutes les données qui sont recueillies au cours de chaque projet. Ces données peuvent être qualitatives, comme des questionnaires, des entretiens, des images et quantitatives, comme des données écologiques, épidémiologiques et moléculaires. Les propositions de projets, les permis, l'éthique, les consentements individuels doivent également être préservés.

Conclusion

L'expérience acquise à Sean Thong nous fait reconnaître les nombreuses difficultés pratiques et culturelles (scientifiques, administratives) de la mise en œuvre de projets d'écologie de la santé basés sur une approche écosystémique. Les unités de soins de santé primaires sont centrales pour établir cette collaboration entre les scientifiques, les communautés et les autres administrations, en particulier le secteur de la santé animale. Les procédures éthiques sont essentielles pour promouvoir l'intégration des activités de recherche dans les préoccupations des populations en matière de santé humaine et animale. L'engagement du secteur de l'environnement et de la conservation de la biodiversité a été une autre leçon

apprise. Saen Thong en tant qu'observatoire social-écologique de la biodiversité et de la santé est une plateforme de solutions socio-écosystémiques à l'interface entre la santé humaine, la santé animale et la santé des écosystèmes dans une approche « *One Health* ».

Bibliographie

- Chaisiri K., Jollivet C., Della Rossa P., Sanguankiat S., Wattanakulpanich D., Lajaunie C., Binot A., Tanita M., Rattanapikul S., Sutdan D., Morand S., Ribas A. 2018. « Parasitic infections in relation to practices and knowledge in a rural village in Northern Thailand with emphasis on fish-borne trematode infection », *Epidemiology and Infection*, 147: e45.
- Chaisiri K., Tanganuchitcharnchai A., Kritiyakan A., Thinphovong C., Tanita M., Morand S., Blacksell S.D. 2022. « Risk factors analysis for neglected human rickettsioses in rural communities in Nan province, Thailand: A community-based observational study along a landscape gradient », *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 16, e0010256.
- Della Rossa P., Tantrakarnapa K., Sutdan D., Kasetsinsombat K., Cosson J.-F., Supputamongkol Y., Chaisiri K., Tran A., Supputamongkol S., Binot A., Lajaunie C., Morand S. 2016. « Environmental factors and public health policy associated with human and rodent infection by leptospirosis: a land-cover based study in Nan province (Thailand) », *Infection and Epidemiology*, 144, 1550–1562.
- Morand S., Lajaunie C. 2019. « Linking biodiversity with health and wellbeing: consequences of scientific pluralism for ethics, values and responsibilities », *Asian Bioethics Review*, 11 : 153–168.
- Rifkin S.B. 2018. « Alma Ata after 40 years: Primary Health Care and health for all—from consensus to complexity », *BMJ Global Health*, 3, e001188.

Pollution de l'air et altération de la fonction respiratoire en zones urbaines et périurbaines au Sénégal

Fatou Bintou Sar Sarr

Laboratoire de Physiologie et d'explorations fonctionnelles, UFR Santé, Université Iba Der Thiam de Thiès

International Research Laboratory (IRL 3189)
'Environnement, Santé, Sociétés' CNRS-UCAD-CNRST-USTTB

Yann Philippe Tastevin

International Research Laboratory (IRL 3189)
'Environnement, Santé, Sociétés' CNRS-UCAD-CNRST-USTTB

Mor Diaw, Abdoulaye Ba, Abdoulaye Samb

Laboratoire de Physiologie et d'explorations fonctionnelles, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, Dakar

International Research Laboratory (IRL 3189)
'Environnement, Santé, Sociétés' CNRS-UCAD-CNRST-USTTB

Arame Mbengue Gaye, Mame Saloum Coly

Laboratoire de Physiologie et d'explorations fonctionnelles, UFR Santé, Université Iba Der Thiam de Thiès

Aissatou Seck Diopa, Salimata Diagne Houndjo

Laboratoire de Physiologie et d'explorations fonctionnelles, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, Dakar

Introduction

L'Afrique est confrontée aux changements de mode de vie avec l'industrialisation, l'utilisation des produits chimiques en milieu professionnel ou à domicile, mais aussi l'urbanisation galopante et son corollaire lié à la pollution anthropique et automobile. Cependant, ces mutations coexistent avec la persistance de certaines pratiques personnelles ou professionnelles artisanales ou informelles comme l'utilisation de l'encens, du charbon ou de la biomasse pour la cuisine, le chauffage ou des activités professionnelles artisanales (Ndong BA Awa *et al.* 2019).

Ces activités sont souvent source de pollution atmosphérique qu'il est nécessaire de mesurer, d'en identifier les composés et les effets afin de mettre en place des mesures efficaces de prévention et de prise en charge des exposés.

Pollution de l'air atmosphérique au Sénégal

Au Sénégal, les données concernant la qualité de l'air font l'objet d'une surveillance régulière par le ministère en charge de l'environnement, notamment un des services de la direction de l'environnement et des établissements classés : le Centre de Gestion de la Qualité de l'air (CGQA). En effet, le CGQA publie quotidiennement les données de pollution recueillies par des capteurs placés à différents endroits de la capitale du Sénégal, Dakar. Des capteurs sont placés dans les quartiers du centre-ville au boulevard de la République, le quartier industriel de Bel Air, et les quartiers populeux de la Médina, des HLM et de Yoff. Ces capteurs mesurent les concentrations atmosphériques de monoxyde de carbone (CO), de dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO, NO_2), l'ozone (O_3) et les matières particulaires (PM 10) (Touré *et al.* 2019 ; CGQA 2022). Les mesures effectuées par ces capteurs permettent de définir un indice de la qualité de l'air (IQA) qui permet d'informer la population sur la qualité de l'air qu'elle respire et de lancer des alertes destinées aux sujets fragiles lorsque la pollution est forte.

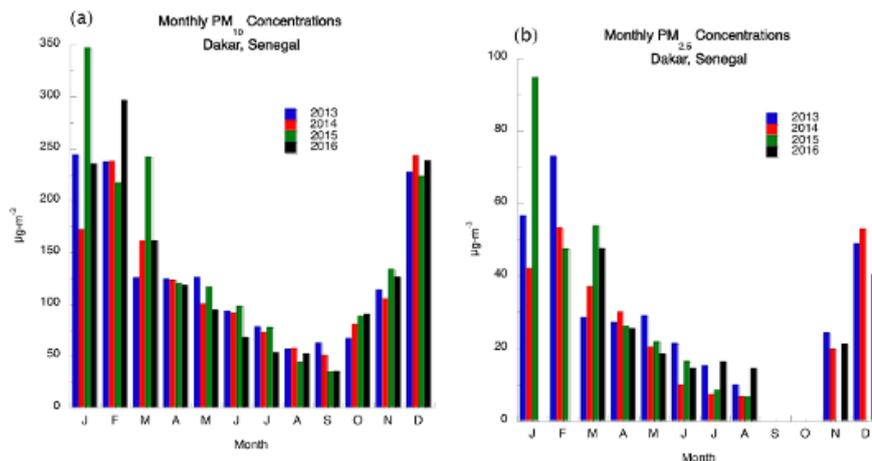


Figure 1 : concentrations atmosphériques de Monoxyde de carbone (CO), de dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO, NO_2), l'ozone (O_3) et les matières particulaires (PM 10)

Source : Touré *et al.*, *geohealth* 2019

D'autres données mesurées dans des études scientifiques relèvent un taux de matières particulaires (PM_{2,5} et PM_{>2,5}) largement supérieures aux valeurs cibles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2016 ; Orru *et al.* 2017 ; Ndong Ba A *et al.* 2019).

Cependant, la pollution n'est pas limitée aux zones urbaines. En effet des matières particulaires et d'autres polluants comme certains métaux, les composés organiques volatils (COV) les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été retrouvés aussi en zone rurale au Sénégal, à des concentrations parfois supérieures aux normes admises (Ndong Ba A. *et al.* 2019).

De plus, certaines activités industrielles comme celles retrouvées en zone périurbaine de Dakar peuvent aussi renforcer la pollution naturelle et automobile. C'est le cas à Sébikotane, une petite agglomération de la région de Dakar frontalière de la région de Thiès, qui se caractérise par de profondes mutations. En effet, dans cette petite ville, les nombreux vergers ont laissé place à des usines, des routes et des habitations modernes. On y observe une activité industrielle de recyclage de ferraille et de batteries au plomb. L'air y ressenti par les

populations comme très polluée par les usines de recyclage des métaux, les feux de déchets sauvages et par le flux routier devenu incessant sur l'autoroute et la nationale qui traversent la ville. Une étude y est en cours pour mesurer la pollution de l'air grâce à des biocapteurs passifs en écorces d'arbre et des stations de mesure des particules en suspension. Ces mesures sont couplées à des enquêtes socio-anthropologiques et de santé et seront poursuivies par des études sur la santé des populations exposées (airgeo.org, 2022).

L'appareil respiratoire étant en contact direct avec l'environnement extérieur, est très souvent atteint et peut ainsi développer des troubles du haut (rhinites, rhinopharyngites, sinusites, ...) mais aussi du bas appareil respiratoire (asthme, broncho-pneumopathies chroniques obstructives, cancers, ...) caractérisés très souvent par une inflammation et un stress oxydatif. Ainsi, une étude de l'OMS a montré que 4,2 millions de personnes sont décédées prématurément dans le monde et que ces décès n'étaient attribuables qu'aux effets de la pollution de l'air extérieur et domestique et survenaient en majorité (près de 90%) dans les pays en développement (OMS 2016).

La pollution atmosphérique constitue donc un enjeu majeur de santé publique pour ses effets néfastes sur la santé humaine, animale et sur l'environnement en général. En effet, la pollution participe à l'augmentation de la mortalité respiratoire et cardiovasculaire et peut même être à l'origine d'autres pathologies, notamment cancéreuses (OMS 2018).

Les données récentes de surveillance liées à la pollution à Dakar et dans certaines régions du Sénégal, montrent des niveaux inquiétants dont il faudrait faire le lien avec les affections respiratoires ou d'autres appareils, et proposer des mesures de prévention appropriées pour les sujets exposés.

Troubles ventilatoires et vasculaires liés à la pollution de l'air au Sénégal

La région de Dakar concentre près d'un quart de la population sénégalaise (plus de 4 000 000 d'habitants) qui vit ainsi sur 0,28% de la superficie totale du pays. Elle est l'une des villes africaines ayant le plus fort taux d'urbanisation et une croissance démographique en constante augmentation (ansd.sn, 2022). Du fait de l'encombrement humain et automobile et de nombreuses activités polluantes, la qualité de l'air y est souvent mauvaise avec des particules fines en suspension et d'autres polluants en grande concentration.

Certains polluants ont pour propriétés de pouvoir pénétrer profondément dans les voies aériennes et de créer une augmentation de la production de cytokines pro inflammatoires, de déclencher un stress oxydatif avec production d'espèces réactives dérivées de l'oxygène ou de l'azote et une altération du surfactant (Rao *et al.* 2018, Garcia *et al.*, Jay *et al.*). Ces altérations peuvent être à l'origine de troubles respiratoires entraînant une augmentation des consultations pour signes respiratoires lors des pics de pollution. Face à cela, une bonne connaissance des déterminants de ces pathologies est essentielle pour une prise en charge efficace sur le plan préventif et curatif.

Les chercheurs des laboratoires de physiologie et d'explorations fonctionnelles physiologiques de Dakar et de Thiès, où sont référés un grand nombre de patients pour explorations fonctionnelles respiratoires se sont très tôt intéressés aux effets de la pollution

de l'air sur l'organisme.

C'est ainsi que de nombreuses études réalisées au laboratoire de physiologie en collaboration avec des structures de santé de la capitale ou des centres de mesure de la qualité de l'air ont permis d'établir la prévalence de certaines affections respiratoires en corrélation avec la pollution atmosphérique chez des sujets présumés exposés et reçus en consultation ou référés pour spirométrie.

Dans une étude prospective menée sur une période de 12 mois et portant sur 3 543 sujets, sans distinction d'âge ni de sexe, venus en consultation pour des manifestations respiratoires à l'Hôpital Général de Grand Yoff (HOGGY), à l'Hôpital Principal de Dakar (HPD) et au Centre Hospitalier National Universitaire de Fann (CHNU FANN), la prévalence de certaines affections respiratoires a été évaluée en fonction des données de pollution atmosphérique mesurées par le CGQA au niveau de plusieurs sites de la région de Dakar. Les manifestations les plus décrites chez une population majoritairement féminine (57,33%) étaient les rhinites allergiques avec 37,39% des cas à HOGGY, 59,7% au CHNU FANN et 67,72% à HPD. Nous avons également retrouvé des rhinosinusites ou rhinopharyngites, en fonction des hôpitaux. Sur l'ensemble des consultations sur la période de 12 mois, les affections respiratoires ont représenté 11,91% à HOGGY, 20,34% à HPD et 16,88% au CHNU FANN. La prévalence retrouvée pour l'asthme était de 41,46% en janvier, 46,27% en février et 42,51% en avril pour une prévalence annuelle de 36,19%.

Concernant la pollution atmosphérique, des pics de très forte pollution ont été observés en février, mars et décembre et une assez bonne qualité de l'air pendant la saison des pluies c'est à dire de juillet à septembre. La saison des pluies correspond en général à une période de lessivage des particules en suspension d'où une baisse de la pollution. Le niveau de PM10 était positivement corrélé avec la prévalence des pathologies respiratoires ($p=0,04$, $RR=0,65$) chez une population relativement jeune (moyenne d'âge $26 \pm 8,98$ ans).

Le niveau de pollution atmosphérique influe donc sur la prévalence des pathologies respiratoires à Dakar et entraîne une augmentation du nombre de consultations dans les services en charge des pathologies ORL ou respiratoires.

D'autres études ont été menées pour évaluer l'impact de la pollution aux PM10 sur la fréquence de prescription de la spirométrie et les troubles ventilatoires objectivés.

Une étude rétrospective basée sur l'analyse des données spirométriques enregistrées de mars 2017 à mars 2018 et les données de pollution atmosphérique fournies par le centre de gestion de la qualité de l'air a inclus 453 sujets dont 75,27% reçus pour une symptomatologie pulmonaire. Les femmes étaient majoritaires 57% et le signe le plus fréquent était la dyspnée 34% suivi de la toux 13,7%. La fréquence de prescription des spirométries a augmenté pendant la saison sèche ce qui correspondait aux pics de pollution aux PM10. 43,98% des sujets avaient une spirométrie normale. Les troubles ventilatoires prédominants étaient les troubles obstructifs qui étaient légers 32,5%, modérés 14,07%, sévères 8,5% et très sévères dans 0,87% des cas. La pollution atmosphérique entraîne une augmentation de la fréquence de prescription de la spirométrie et peut entraîner des troubles ventilatoires obstructifs pouvant être sévères (Sar *et al.* 2019)

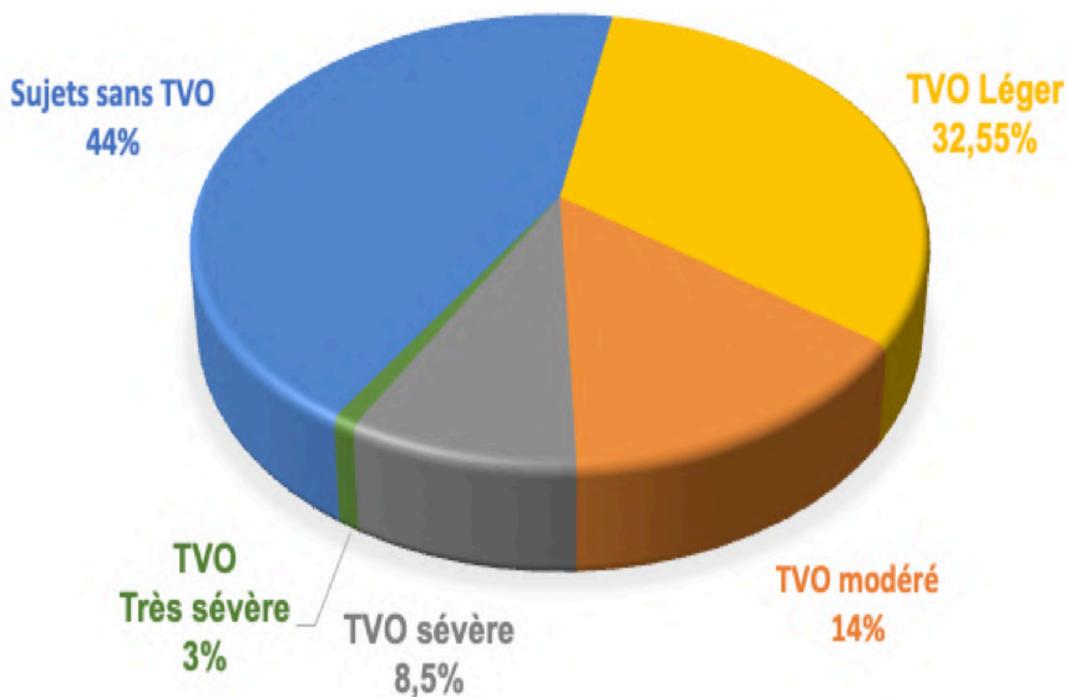


Figure 2 : répartition des troubles respiratoires à Dakar

Source : Sar *et al.*, *acta physiologica* 2019

Les troubles respiratoires occasionnés par la pollution de l'air peuvent survenir en milieu professionnel. Ainsi, des travailleurs de la société nationale de distribution d'eau potable au Sénégal exposés au chlore gazeux sont régulièrement explorés au laboratoire de physiologie pour le suivi de leur fonction respiratoire.

En effet, chez ces travailleurs, il a été retrouvé un trouble ventilatoire obstructif qui était d'autant plus étendu et plus sévère que le niveau et la durée d'exposition étaient importants. D'autre part, les troubles ventilatoires caractérisés majoritairement par une baisse du VEMS et des débits bronchiques, observés après exposition au chlore gazeux ou à l'acide sulfurique étaient plus sévères chez les fumeurs (Sar *et al.* 2007 ; Seck *et al.* 2016 ; Houndjo *et al.* 2019).

L'appareil cardiovasculaire peut également être affecté par la pollution de l'air (Wang *et al.* 2022). Ainsi, dans une étude menée par Mbengue *et al.*, 32 femmes exposées à la fumée issue de la biomasse utilisée pour la cuisine, ont été comparées à 32 femmes non exposées. Différents paramètres ont été mesurés et la fonction vasculaire a été explorée par la mesure de la dilatation médiée par le flux (FMD). Il s'agit de mesurer la vasodilatation endothélium-dépendante, induite par une occlusion vasculaire de 5 minutes au moins à l'aide d'un brassard pneumatique. Chez les femmes utilisant les déjections bovines séchées ou le bois pour cuisiner, la mesure de la cinétique de FMD a montré une différence statistiquement significative par rapport aux non exposées à 60 secondes, 90 secondes et 10 minutes après dégonflage du brassard pneumatique. De plus, il a été mis en évidence une corrélation négative entre la FMD et la durée de l'exposition (Mbengue *et al.* 2018).

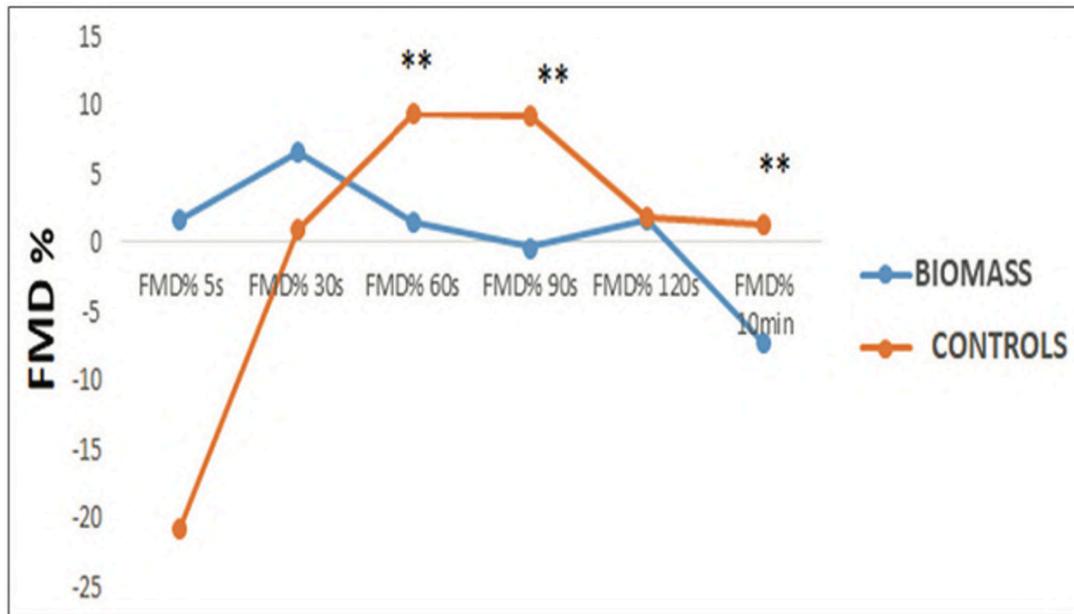


Figure 3 : comparison of the kinetics of the flow-mediated dilatation of the two groups.

Source : Mbengue et al. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 2018

La pollution de l'air qu'elle soit d'origine anthropique ou non peut donc entrainer des altérations plus ou moins sévères de l'appareil respiratoire et de l'appareil circulatoire à prévenir et à prendre en charge.

Cette thématique constitue donc un des sujets de recherche prioritaires pour les laboratoires de physiologie et d'explorations fonctionnelles au Sénégal.

D'autres actions comme le Centre d'excellence Africain (CEA) AGIR « Environnement-Santé-Société » qui finance la formation, la recherche et la valorisation de la recherche pour promouvoir la préservation de l'environnement pour la santé et le bien-être des populations sont mises en place (www.cea-agir.ucad.sn).

Conclusion

Le niveau de pollution atmosphérique influe sur la prévalence des pathologies chroniques respiratoires, cardiocirculatoires ou cancéreuses. Les données sur la qualité de l'air doivent donc être mesurées en zone urbaine et rurale, et le plus largement diffusées afin que les sujets vulnérables exposés puissent prendre des mesures pour limiter l'intensité de leur exposition. De plus les polluants présents doivent être identifiés et leurs effets sur la santé connus et mesurés afin de prévenir l'apparition ou l'exacerbation de maladies aiguës ou chroniques.

Bibliographie

- Ba A.N., Cazier F., Verdin A., Garcon G., Gualtieri M., Fall M. 2019, "Physico-chemical characterization and in vitro inflammatory and oxidant potency of atmospheric particles collected in Dakar city's (Senegal)", *Environmental Pollution*, 245: 568-581.
- CGQA. 2014, Air quality monitoring in Dakar. Retrieved 2017. www.air-dakar.org - <https://airgeo.hypotheses.org>
- Garcia E., Rice M.B., Gold D.R. 2021, "Air pollution and lung function in children", *J Allergy Clin Immunol.*, 148(1): 1-14.
- Houndjo S.D., Ouattara R., Mbengue A., Ouedraogo V., Seck A., Sow A.K., Diaw M., Toure M., Coly M.S., Ba A., Sar F.B., Ba A., Samb A. 2019, "Spirometric Abnormalities Met among Senegalese Workers Exposed to Chlorine Gas", *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 7: 584-592.
- Mbengue A., Coly M.S., Sow A.K., Houndjo S.D., Diaw M., Bèye F., Seck A., Ba F., Toure M., Sarr F.B., Ba A., Samb A. 2018, "Impact of exposure to biomass on the vascular function of senegalese women", *Nat. J. of Physiol, Pharm. Pharmacol.*, 8(12): 1680-1684.
- Orru H, Ebi K.L., Forsberg B. 2017, « The Interplay of Climate Change and Air Pollution on Health », *Curr Envir Health Rpt.*, 4: 504-513.
- Rao X., Zhong J., Brook R.D., Rajagopalan S. 2018, "Effect of Particulate Matter Air Pollution on Cardiovascular Oxidative Stress Pathways", *Antioxydants and redox signaling*, 28(9): 797-818.
- Sar Sarr F.B., Diaw M, Sow A.K., Mbengue Gaye A, Seck Diop A, Houndjo S.D, Toure M., Ba A, Sarr M., Samb A. 2019, "Particulate matter air pollution and ventilatory disorders in the region of Dakar, Senegal", *Acta physiologica*, 227 (720): 9.
- Sarr F.B., Ba A., Gueye L., Sarr M., Samb A., Sarr M. M., Fall M., Cisse F. 2007, « Evaluation du risque de survenue de pathologies respiratoires chez des travailleurs exposés au Chlore », *Journal des Sciences et Technologies*, 5(1): 41-48.
- Seck A., Sar F.B., N'diaye M., Gaye M.C., Houndjo S.D., Diaw M., Ouedraogo V., Tiendrebeogo A., Sow A.K., Toure M., Mbengue A., Sow L., Samb A., Ba A. 2016, "Impact of Associating Tobacco to Chemicals Exposure on the Lung Function: Supply of Spirometry", *J. Phys. Pharm. Adv.*, 6(4): 868-874.
- Toure N.O., Gueye N.R.D., Mbow-Diokhane A., Jenkins G.S., Li M., Drame M.S., et al. 2019, "Observed and modeled seasonal air quality and respiratory health in Senegal during 2015 and 2016", *GeoHealth*, 3: 423-390.
- Wang F, Liu J, Zeng H. 2020, "Interactions of particulate matter and pulmonary surfactant: Implications for human health", *Advances in Colloid and Interface Science*, 284: 102244.
- WHO. (2016). *Ambient (outdoor) air quality and health*. [http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/!](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/)

Rôle des milieux aquatiques dans l'émergence et la dissémination de l'antibiorésistance

Olha Matviichuck, Maha al Badany, Leslie Mondamert, Jérôme Labanowski

UMR CNRS 7285 / Université de Poitiers,
Institut de Chimie des Milieux et des
Matériaux de Poitiers (IC2MP), ENSIP
bâtiment B16, 7 rue Marcel Doré, TSA 41105,
86073 Poitiers cedex 9

L'usage de préparations moisiées destinées à soigner des plaies infectées était déjà bien connu des civilisations anciennes vivant en Égypte, en Chine et en Grèce (Lalanne et Métra, 2017). Cependant, la découverte d'un composé « antibiotique » a seulement été décrite en 1928 par A. Fleming. La pénicilline G et d'autres antibiotiques (comme les sulfonamides) ont ainsi sauvé des millions de vies au cours et dans l'après Seconde Guerre mondiale. Le potentiel « miraculeux » de ces composés les a rendus très populaires et a contribué à leur large utilisation. Cependant, de mauvais usages et leur sur-utilisation ont confirmé les craintes de Fleming quant à un risque de développement d'une résistance : « Cela aboutirait à ce que, au lieu d'éliminer l'infection, on apprenne aux microbes à résister à la pénicilline » (Bréchet, 2014). Aujourd'hui, de nombreuses bactéries sont dites « antibiorésistantes » et par conséquent insensibles à un ou plusieurs antibiotiques. Selon l'OMS, la résistance aux antimicrobiens (RAM) est l'une des menaces sanitaires les plus préoccupantes. Le rapport de J. O'Neill (2016) estime que jusqu'à 10 millions de morts seront imputables à la RAM en 2050 (nb. contre 0,7 million en 2014) si aucune mesure n'est prise. L'économie mondiale pourrait être aussi affectée avec une perte de la production estimée à 100 000 milliards de dollars et une baisse du PIB mondiale variant entre 1,1 et 3,8% selon un scénario optimiste ou pessimiste.

De nombreuses études s'accordent sur un lien direct entre le mauvais usage des antibiotiques en médecine ou en agriculture et l'augmentation de la RAM, mais depuis quelques années, un rôle de l'environnement comme réservoir, réacteur et/ou voie de diffusion de la RAM est de plus en plus évoqué. En effet, la présence d'antibiotiques dans l'environnement et leurs possibles effets sur les bactéries environnementales ne sont pas encore très bien connus. Une étude récente qui a porté sur 91 rivières dans le monde a trouvé des antibiotiques dans les eaux de près de deux tiers de tous les sites étudiés, de la Tamise au Mékong (Wilkinson *et al.*, 2022). Ainsi, de nombreuses bactéries de l'environnement sont exposées à des antibiotiques, ce qui affecte probablement l'écologie du microbiome et favorise la sélection de bactéries résistantes ou de gènes résistants aux antibiotiques. En conséquence, une attention croissante

est accordée à la présence de traces d'antibiotiques dans les rivières et à comment ils pourraient contribuer au développement de la RAM (Chow *et al.*, 2021).

Comme la plupart des bactéries vivent dans des communautés appelées biofilms, il est important de tenir compte de ce mode de vie bactérien pour évaluer la «véritable» exposition des bactéries aux antibiotiques circulant dans les rivières. Les biofilms sont des communautés denses de cellules microbiennes qui se développent sur des surfaces et sécrètent des substances polymériques extracellulaires (EPS). Les bactéries à l'intérieur des biofilms peuvent présenter des propriétés sensiblement différentes de celles des cellules bactériennes vivant librement. Le succès écologique des biofilms réside dans cet habitat, qui offre aux bactéries une protection physique contre les organismes brouteurs et une protection chimique contre les composés toxiques. Ainsi, plusieurs études montrent que les composants du biofilm (EPS, cellules) fixent presque tous les antibiotiques (et autres polluants) présents dans l'eau. Cependant, il existe des lacunes dans les connaissances sur l'effet des antibiotiques présents dans le biofilm sur la viabilité bactérienne et leur implication dans l'émergence et la dissémination de la RAM dans l'environnement (Larsson *et al.*, 2018). De même il existe peu de donnée sur la «véritable» exposition aux antibiotiques des bactéries vivant dans les biofilms environnementaux. L'objectif de notre étude était d'évaluer les teneurs en antibiotiques dans les biofilms de différentes rivières françaises, puis de comparer ces teneurs à des descriptifs écotoxicologiques représentant des seuils de risques de toxicité bactérienne et/ou d'antibiorésistance.

Collecte et analyse d'échantillons

Des échantillonnages ont été menés sur une rivière française : la rivière Clain (CR) en amont (UPS) et en aval (DWS) de la station d'épuration des eaux usées (STEU) de Poitiers. L'agencement du bassin versant du Clain est similaire à celui de nombreux bassins français modérément urbanisés. Les biofilms en aval ont été collectés non loin de l'émissaire de la STEU dans une zone exposée aux rejets libérés dans la rivière. Les biofilms en amont ont vraisemblablement subi une moindre exposition en lien avec la dilution des rejets déversés beaucoup plus en amont dans le bassin versant.

Les biofilms épilithiques ont été obtenus à partir de roches initialement stériles (environ 1000 fragments de roche par site) placées dans la rivière (5 mois avant le début de l'expérience) puis progressivement collectées. La campagne d'échantillonnage a été menée sur un an de janvier à décembre 2018 (un échantillon par mois). Le biofilm a été gratté de la surface des roches à l'aide d'une brosse à dents stérile et d'eau de qualité MilliQ. Les biofilms « frais » obtenus ont été conservés dans des bouteilles à -80 °C avant leur analyse.

Vingt antibiotiques couramment utilisés (6 classes) ont été mesurés selon la procédure décrite par Aubertreau *et al.* (2017). L'extraction liquide sous pression (ASE™ 350, Thermo Scientific, Waltham - USA) a été utilisée pour extraire les antibiotiques des échantillons de biofilm. Puis les extraits ont été purifiés et préconcentrés, et enfin analysés par chromatographie liquide ultra-performante couplée à la spectrométrie de masse triple quadripôle (Shimadzu 8060, Marne-la-Vallée – France).

(Ciprofloxacin CPR, Enoxacin ENX, Enrofloxacin ENR, Flumequine FMQ, Levofloxacin LVX, Norfloxacin NFX, Azithromycin AZM, Clarithromycin CLR, Erythromycin ERY,

Josamycin JOS, Midecamycin MED, Roxithromycin RXM, Spiramycin SPR, Tylosine tartrate T-T, Sulfamethazine SMZ, Sulfamethoxazole SMX, Sulfaquinoxaline SMQ, Metronidazole MTZ, Oxytetracycline OTC, Trimethoprim TMP)

Quels niveaux de contamination en antibiotiques dans les biofilms de rivière en France ?

Les résultats indiquent que les gammes de concentration d'antibiotiques (min, max, et moyenne) diffèrent selon la rivière ou la proximité des sources de pollution. Les concentrations les plus élevées (en µg/L) sont observées pour LVX (20,85), AZM (16,64), et TMP (16,68). Les concentrations les plus faibles sont observées pour MTZ (0,09) et SMZ (0,28). Les résultats montrent également que les concentrations maximales retrouvées en aval de la STEU sont plus élevées qu'en amont pour certains composés : LVX (141,05), AZM (274,25), SPR (85,82), et plus faibles pour SMZ (1,61) et TMP (10,60). Il faut cependant noter que ces concentrations restent éloignées de valeurs observées dans des rivières polluées par des usines productrices de médicaments (Larsson *et al.*, 2007).

Tous ces résultats montrent que les biofilms de rivières peuvent constituer un « lieu » d'exposition des bactéries aux antibiotiques. Pour étudier ce concept, la teneur en antibiotiques trouvée dans les biofilms a été comparée à des descripteurs écotoxicologiques afin d'évaluer les effets potentiels attendus en fonction de la gamme d'exposition. Pour examiner le risque de résistance, les concentrations d'antibiotiques dans les biofilms ont été comparées à la PNECMIC, qui représente les concentrations d'antibiotiques à partir desquelles plusieurs effets peuvent conduire à la sélection de résistances. Cette comparaison a montré que les concentrations médianes de presque tous les antibiotiques (sauf ERY et RXM en amont) dépassaient la PNECMIC, ce qui signifie que les niveaux d'antibiotiques dans les biofilms des rivières pourraient influencer le développement de la résistance aux antibiotiques dans les communautés bactériennes des biofilms.

De même, 6 à 9 des antibiotiques étudiés sont régulièrement (ou continuellement) présents dans les biofilms à des concentrations suffisantes pour obtenir une résistance (**Figure 1**), selon l'hypothèse de la fenêtre de sélection des mutants, qui stipule que la sélection de mutants résistants se produit dans la plage de concentration entre la concentration sélective minimale (MSC) et la concentration minimale inhibitrice (MIC) (Gullberg *et al.*, 2011). Ainsi ENR, NFX et SPR sont systématiquement présents dans la fenêtre MSC-MIC. D'autres, comme l'AZM, sont présents dans la fenêtre MSC-MIC uniquement au point amont (UPS). Tous ces antibiotiques sont à des concentrations qui, en théorie, limitent la croissance des souches sensibles, enrichissent les mutants résistants existants et peuvent même sélectionner des mutants résistants à partir de populations non résistantes. Des études récentes montrent que la concentration inférieure à la MSC augmente les mécanismes de persistance chez les espèces qui n'ont pas encore développé/acquis de résistance, mais ne favorise pas l'acquisition de résistance par d'autres mécanismes (c'est-à-dire la mutagenèse) et ne perturbe pas les fonctions vitales des cellules bactériennes (Stanton *et al.*, 2020). Les données montrent également que plusieurs antibiotiques sont retrouvés dans les biofilms à des concentrations supérieures à la MIC (eg. LVX en amont et CPR, LVX, AZM et CLR en aval). Au-delà de la

MIC, les souches non résistantes sont inhibées ou tuées en faveur des bactéries déjà résistantes. Ainsi, il est possible de conclure que les positions amont (UPS) sont caractérisées par un moindre risque de sélection directe des bactéries résistantes que la position aval (DWS) mais que des possibilités d'apparition de résistances existent aussi bien en amont qu'en aval sur ce genre de rivière.

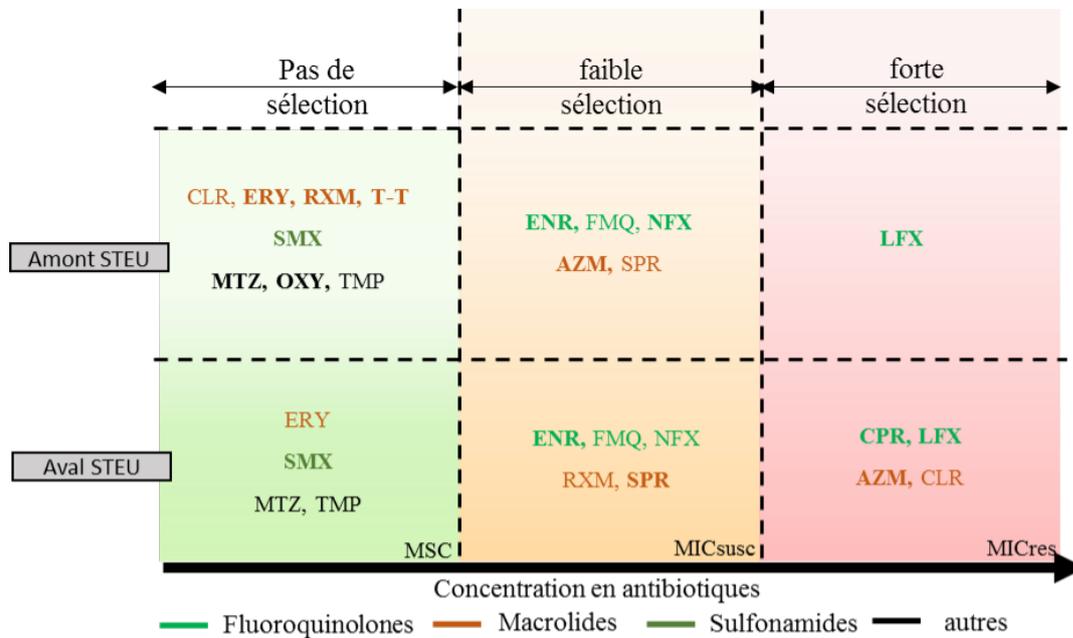


Figure 1 : représentation schématique des concentrations d'antibiotiques mesurées dans les biofilms

Quelles craintes en France et en Afrique ?

En France, le gouvernement a commandé un rapport d'évaluation afin de fournir aux responsables politiques et aux décideurs une base factuelle pour formuler des recommandations ou des mesures futures visant à atténuer la RAM dans l'environnement (Haenni *et al.*, 2021). Ce rapport a ainsi dressé un inventaire de la contamination des milieux aquatiques et terrestres par la RAM et les antibiotiques. Les données (nb. desquelles fait partie le travail présenté ci-dessus) montrent que les concentrations en antibiotiques dans les milieux aquatiques (eaux, sédiments) ou terrestres (sols) restent faibles comparativement à la situation des pays dont les systèmes d'assainissement sont moins performants, ou aux régions industrielles des pays producteurs d'antibiotiques (ex : Inde, Chine). Les antibiotiques retrouvés en France dans l'environnement sont principalement introduits via des apports continus par des sources urbaines qui confèrent à ces composés des caractères de pseudo-persistance et d'ubiquité. Toutefois les milieux aquatiques (eaux et sédiments) français semblent jusqu'ici en mesure de dissiper, ou pour le moins de diluer, les apports actuels en antibiotiques, bactéries résistantes et gènes de résistance - en prenant en considération que :

- la prescription d'antibiotiques est réglementée ;
- la production nationale de substances actives d'antibiotiques est pratiquement inexistante ;

- les systèmes de collecte et d'assainissement collectif des eaux usées sont largement répandus sur le territoire ;
- les procédés d'hygiénisation des produits résiduels organiques avant leur valorisation agricole se développent.

L'antibiorésistance provoque néanmoins 5 543 décès par an en France, et 124 806 patients par an développent une infection liée à une bactérie résistante, selon une étude du centre européen de prévention et contrôle des maladies.

A l'échelle de l'Afrique, la résistance aux médicaments notamment aux antimicrobiens est aussi une préoccupation croissante mais les données manquent dans de nombreux états en raison de l'absence de programmes/observatoires pérennes de surveillance. Des rapports d'évaluation externe de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) essaient néanmoins d'aider les états à évaluer leurs capacités et leur préparation à prévenir, détecter et enrayer une propagation de la RAM. Selon les données disponibles, les décès dus à la RAM sont les plus élevés dans l'Afrique subsaharienne avec respectivement 24 décès pour 100 000 personnes (Murray *et al.*, 2022). Les enfants sont parmi les personnes les plus susceptibles de mourir de souches de pneumonie résistantes aux antibiotiques. A l'échelle mondiale, il apparaît globalement que les pays à revenu faible ou intermédiaire sont les plus durement touchés par l'augmentation des infections résistantes aux antibiotiques (nb. dans les pays à revenu élevé, le nombre de décès est d'environ 13 décès pour 100 000 personnes). En effet, les antibiotiques peuvent y être accessibles sans ordonnance. Or, le mauvais usage et la surconsommation de ces médicaments alimentent les mutations des bactéries et facilitent une résistance accrue. Ces pays enregistrent aussi généralement des taux d'infection plus élevés dans les hôpitaux que les pays à revenu élevé, et ces infections sont plus susceptibles d'être résistantes aux médicaments. Le nombre d'infrastructures/laboratoires permettant d'identifier et traiter les infections potentiellement résistantes aux médicaments est plus faible dans les pays à revenu faible. Par ailleurs, alors que de nouveaux antibiotiques émergent dans les pays à fort revenu, les pays à faible revenu dépendent toujours de médicaments plus anciens, moins chers et moins efficaces et pour lesquels les bactéries ont déjà développé des gènes de résistance.

L'Afrique représente près de 15% de la population mondiale mais plus de 25% des malades toutes pathologies confondues pour seulement 3% du marché mondial de médicaments. Néanmoins le marché africain du médicament fait l'objet de nombreuses spéculations et convoitises. Ainsi plusieurs grands groupes européens, et asiatiques sont présents et cherchent à étendre leur présence sur ce marché. La Chine, l'Inde et le Pakistan restent cependant les trois principaux états fournisseurs de médicaments génériques. Ainsi l'entreprise chinoise Fosun pharma a travaillé avec l'OMS pour la construction d'une usine géante de génériques en Côte d'Ivoire. Des groupes indiens (eg. Strides pharma sciences limited) se sont rapprochés d'entrepreneurs locaux pour ouvrir des usines en Côte d'Ivoire et au Cameroun avec aussi des tentatives en Namibie et au Botswana (Charon et Soustras, 2020). Des industries africaines développées en partenariat avec des entreprises indiennes se sont aussi développées en Éthiopie (Cadila), en Ouganda (Cipla Quality Chemicas) et au Nigeria (Sun pharma ranbaxy). Il existe aussi des entreprises pharmaceutiques entièrement africaines comme Genemark au Cameroun ou Pharmivoire en Nouvelle en Côte d'Ivoire. Deux états africains sont proches de l'autosuffisance avec une capacité d'autoproduction de 70 à 80% de la demande locale en médicaments. Le Nigeria a repris l'exemple de l'Afrique du

Sud en mettant en place un régime fiscal avantageux pour favoriser une production locale de médicaments. Toutefois de nombreux médicaments vendus en Afrique sont des contrefaçons ou issus de la contrebande. Les dirigeants de sept pays ont décidé de coordonner leur lutte contre le trafic de médicaments à Lomé en 2020.

Dans un tel contexte de développements économiques, la prise en compte des pollutions (rejets, déchets) doit être considérée avec attention notamment en relation avec la vulnérabilité des états face à une crise sanitaire comme l'antibiorésistance. Les retours d'expériences acquis de par le monde apprennent que l'installation d'usines de production de médicament doit inclure ou s'accompagner d'infrastructures de traitement des rejets et des déchets produits afin de minimiser une fuite de ces composés dans les milieux naturels. De même, une plus large couverture de la population par les antibiotiques doit s'accompagner d'infrastructures de collectes et d'assainissement des eaux usées afin d'éviter la contamination de l'environnement et du cadre de vie par les résidus antibiotiques ou les bactéries excrétées. L'ensemble de ces précautions permet de réduire « à la source » des facteurs aggravant la dissémination de l'antibiorésistance mais les déterminants de la résistance aux antibiotiques restent multiples et nécessitent une approche globale en matière de santé humaine, mais aussi de santé animale et environnementale (concept « *One Health* ») pour pouvoir être contraints.

La peur du « superbug »

Les bactéries résistantes ne s'arrêtant pas aux frontières géographiques, elles peuvent rapidement être disséminées d'un pays à l'autre via des voyageurs ou des échanges commerciaux. Ainsi les bactéries résistantes à plusieurs antibiotiques - également appelées «superbactéries» - sont en augmentation dans le monde entier, et elles tuent désormais plus de personnes chaque année que le VIH/sida ou le paludisme. Ces souches de bactéries provoquent, entre autres, des infections sanguines impossibles à traiter, des pneumonies fatales, des infections urinaires incessantes, des plaies gangrenées et des cas de septicémie terminale. De ce fait l'antibiorésistance doit être aussi perçue comme une problématique mondiale en interconnexion entre les pays.

Remerciements

Ces travaux ont été financés par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB) et l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

Bibliographie

- Brechot C. 2014, *Lettre de l'Institut Pasteur* - n° 85 - mai 2014.
- Aubertheau E. *et al.* 2017, "Impact of wastewater treatment plant discharge on the contamination of river biofilms by pharmaceuticals and antibiotic resistance", *Science of the Total Environment*, 579: 1387–1398.
- Charon S., Soustras L. 2020, "Vers une industrie pharmaceutique africaine", *Le Monde diplomatique*, décembre 2020.
- Chow L.K.M. *et al.* 2021, "A survey of sub-inhibitory concentrations of antibiotics in the environment", *J Environ Sci. (China)*, 99: 21-27.
- Gullberg E. *et al.* 2011, "Selection of resistant bacteria at very low antibiotic concentrations", *PLoS Pathogens*, 7(7): 1–10.
- Haenni M. *et al.* 2022, "Environmental contamination in a high-income country (France) by antibiotics, antibiotic-resistant bacteria, and antibiotic resistance genes: Status and possible causes", *Environ Int.*, 159:107047.
- Lalanne B., Métra G. 2017, *Le texte médical du Papyrus Ebers. Transcription hiéroglyphique, translittération, traduction, glossaire et index*, Bruxelles, Safran Éditions, coll. « Langues et cultures anciennes (LCA).
- Larsson D.G.J. *et al.* 2007, "Effluent from drug manufactures contains extremely high levels of pharmaceuticals", *Journal of Hazardous Materials*, 148(3): 751–755.
- Larsson D.G.J. *et al.* 2018, "Critical knowledge gaps and research needs related to the environmental dimensions of antibiotic resistance", *Environment International*, 117: 132–138.
- Murray *et al.* 2022, "Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis", *Lancet*, 399(10325): 629-655.
- O'Neill J. 2016, *The Review of Antimicrobial Resistance - Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations*, London UK Government/Wellcome trust.
- Stanton I. *et al.* 2020, "Evolution of antibiotic resistance at low antibiotic concentrations including selection below the minimal selective concentration", *Communications Biology. Nature Research*, 3(1).
- Wilkinson J.L. *et al.* 2022, "Pharmaceutical pollution of the world's rivers", *Proc Natl Acad Sci.*, 119(8), e2113947119.

Impact de l'aménagement des points d'eau, une alternative efficace de lutte contre la schistosomose : cas de la ville de Bamako

Abdoulaye Dabo, Bakary Sidibe, Assitan Diakite, Mouctar Diallo, Safriatou Niare, Laurent Dembele, Abdoulaye Djimde

Faculté de Pharmacie/Université des Sciences, des techniques et des technologies de Bamako (USTTB), IRLSS 3189, Mali

Privat Koba Agniwo

Faculté des Sciences et Techniques/
Université d'Abomey Calavi (UAC), Cotonou, Bénin

Résumé

Au Mali, les schistosomoses sont endémiques sur toute l'étendue du territoire y compris en milieux urbains. Face à la persistance de la maladie, des mesures d'accompagnement sont nécessaires pour soutenir la chimiothérapie afin de rompre le cycle de transmission de la maladie. L'objectif de notre étude était d'évaluer l'impact de l'aménagement du cours d'eau « Farako » sur la transmission de la schistosomose à Bamako. Une enquête parasitologique et une enquête malacologique ont été menées en décembre 2005 et 2020 respectivement avant et après aménagement du cours d'eau. À l'école de Niomi, les prévalences de *Schistosoma mansoni* étaient nulles après aménagement ; celles de *S. haematobium* et de la double infestation (*S. haematobium* + *S. mansoni*) ont respectivement chuté de 98,8% et 96,9%. À l'école d'Hamdallaye, aucun cas positif à *S. haematobium* n'a été enregistré après aménagement. Ce dernier s'est en outre traduit par la disparition totale de toutes les espèces de mollusques hôtes intermédiaires (*Bulinus truncatus*, *B. globosus* ou *Biomphalaria pfeifferi*) dans le Farako. En revanche à Woyowayanko, un autre cours d'eau non encore aménagé, les taux d'infestation naturelle (TIN) des mollusques variaient de 1% à 12%, entretenant ainsi l'endémie bilharzienne à Bamako. Nos résultats montrent qu'au-delà de l'amélioration du cadre de vie, l'aménagement du Farako a aussi permis d'interrompre le cycle de transmission de la schistosomose dans les écoles situées le long du Farako.

Mots clés : schistosomose, aménagement, prévalence, mollusques, TIN, Farako, Bamako (Mali)

Introduction

Les schistosomoses sont des maladies parasitaires eau-dépendantes, dues à des vers plats appartenant au genre *Schistosoma*. La contamination de l'homme est due à la pénétration transcutanée active de la cercaire au cours des activités de homme/eau (baignades, agriculture, pêche, activités ludiques). Le parasite, pour atteindre sa forme infestante doit obligatoirement passer par un mollusque hôte intermédiaire, indispensable à la transformation, au développement et à la multiplication asexuée du miracidium en cercaires. Les schistosomoses sont endémiques dans 78 pays où environ 700 millions de personnes sont exposées à l'infection. En Afrique, sur 207 personnes à risque, 85% en sont infectées (WHO, 2018). Au cours des dernières décennies, l'apparition et même l'expansion des foyers de schistosomose sont de plus en plus fréquentes en milieux urbains et périurbains. Face à l'urbanisation rapide et incontrôlée dans les zones d'endémie, il est important d'approfondir notre compréhension sur l'apparition, la prévalence, la transmission et les facteurs associés au maintien et à l'expansion de la schistosomose en milieux urbains. À l'image de certaines agglomérations urbaines comme Tiko au Cameroun (Adeline Enjema Green *et al.*, 2021) où Kariba au Zimbabwe (Chimbari Chirundu, 2003), des foyers de schistosomose ont été décrits aussi à Bamako où selon les récentes études, les prévalences varient entre 14,7% pour *Schistosoma haematobium* et 1,5% pour *S. mansoni* (Dabo *et al.*, 2015). Plus d'une décennie après l'adoption du traitement de masse au praziquantel comme stratégie de contrôle de la schistosomose au Mali, la maladie reste encore endémique dans certaines zones montrant ainsi, les limites de la seule chimiothérapie préventive. L'objectif de notre étude était d'évaluer l'impact de l'aménagement des points d'eau sur la transmission de la schistosomose dans la ville de Bamako au Mali.

Matériels et méthodes

Site d'étude

Le district de Bamako occupe un site naturel en forme de cuvette encadrée par des collines correspondant au grand bassin versant du Niger. Il couvre une superficie de 247 km² et compte une population de 2 529 300 habitants en 2020 [7]. Il est composé de six communes et de plus d'une soixantaine de quartiers répartis de part et d'autre du fleuve Niger (**Figure 1**). Outre le fleuve Niger, le district est aussi arrosé par une multitude de rivières temporaires qui traversent la ville jouant ainsi le rôle de collecteurs pour le drainage des eaux de pluie pendant l'hivernage. Les **figures 2** et **3** illustrent le profil du « Farako » avant et après aménagement respectivement en 2005 et 2010.

Type d'étude

Il s'agissait d'études transversales à un seul passage aussi bien pour l'étude parasitologique que pour l'étude malacologique.

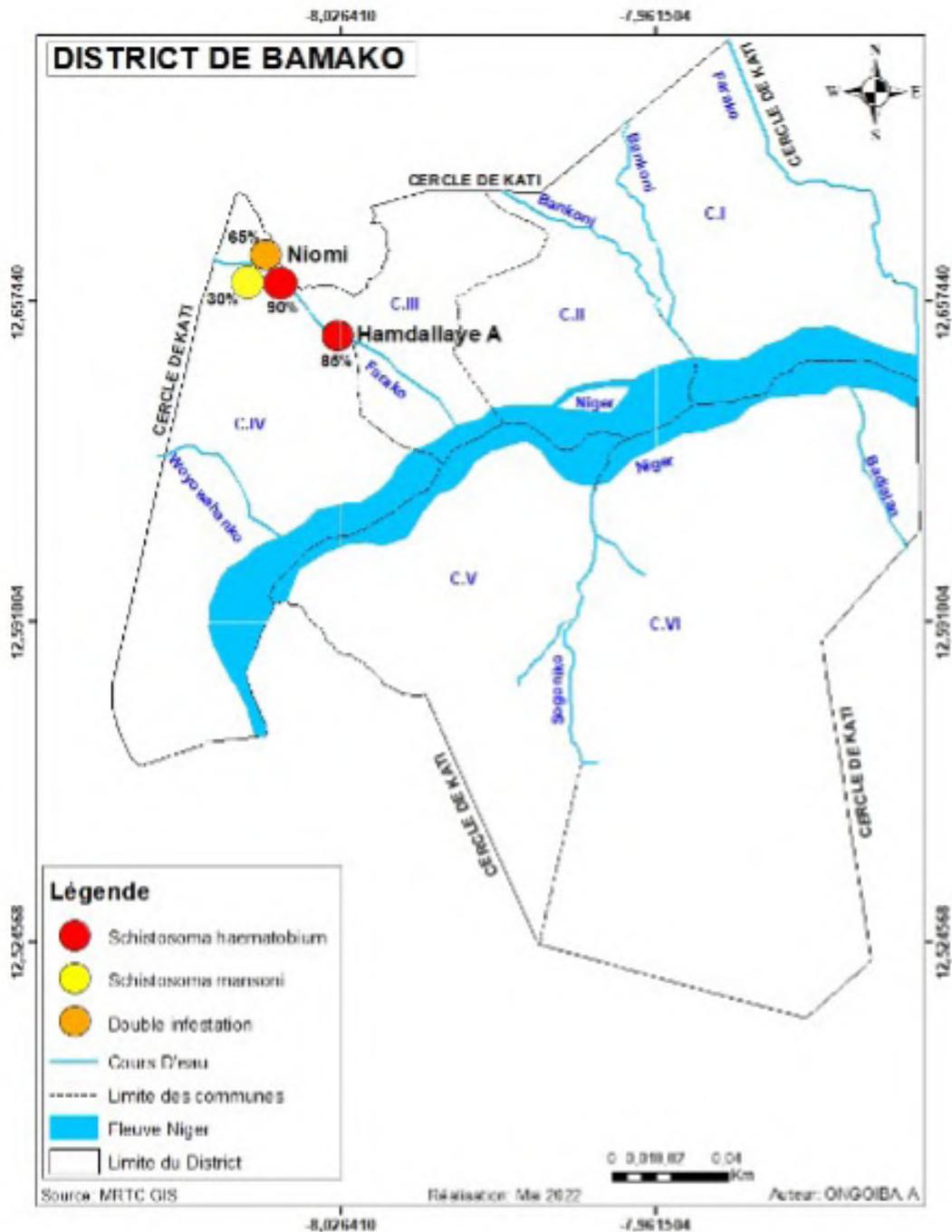


Figure 1 : localisation du site d'étude (écoles de Niomi et Hamdallaye) le long du cours d'eau « Farako » dans le district de Bamako

Source : MRTC 202

Population d'étude

Elle était composée à la fois par les scolaires fréquentant les écoles de Niomi et d'Hamdallaye en commune III du district de Bamako et par les mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes humains : *Bulinus truncatus*, *B. globosus* et *Biomphalaria pfeifferi*.

Échantillonnage

Pour permettre la comparaison des résultats d'avec ceux de l'enquête de base de 2005, nous avons retenu approximativement la même taille d'échantillon et la même procédure de collecte des données (Selin B & Simonkovitch, 1978). Dans chacune des écoles, les élèves des classes de la 3^{ème} et 4^{ème} année ont été tirés au hasard à partir de la liste de la classe jusqu'à l'obtention de la taille requise.

Techniques d'étude

La recherche des œufs de *Schistosoma mansoni* a été faite par la technique du Kato-katz et celle des œufs de *S. haematobium* par la technique de filtration des urines sur papier Whatman. La collecte des mollusques a été faite en utilisant la technique de l'épuisette (Selin & Simonkovitch, 1978), associée au prélèvement direct des mollusques à l'aide de longues pinces sur les supports immergés ou submergés (rochers, vieilles nattes, chiffons, pots, etc.). Trois points de contact homme/eau ont été prospectés par site. Le temps de collecte était fixé à 15 minutes par point de contact et par homme.

Saisie et analyse des données

Les données ont été saisies sur Excel puis analysées sur le logiciel SPSS version 12. Elles ont été présentées sous forme tabulaire et de graphiques. Le test de X^2 a été utilisé pour comparer la prévalence des espèces en fonction de l'âge, du sexe et des écoles. Le seuil de signification alpha a été fixé à 5%.

Considérations éthiques

Le protocole de recherche a d'abord été approuvé par le Comité d'éthique institutionnel de la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FMOS). La participation à l'enquête était volontaire et nous avons obtenu l'autorisation des directeurs d'école et le consentement éclairé des parents des élèves retenus. À la fin de l'étude, les enfants qui excrétaient des œufs de schistosomes ont été traités au praziquantel à 40mg/kg.

Résultats

Données malacologiques

L'analyse du **tableau 1** montre que le taux d'infestation naturelle (TIN) global de *Bulinus truncatus* était de 20,16%. Il était plus élevé au point A qu'au point B. *Bulinus globosus* et *Biomphalaria pfeifferi* ont été rencontrées uniquement au point A avec des TIN respectifs de 5,88% et 15,90%.

Mollusques Point contact H/E	<i>Bulinus truncatus</i>			<i>Bulinus globosus</i>			<i>Biomphalaria pfeifferi</i>		
	Nbre	Positif	TIN*	Nbre	Positif	TIN*	Nbre	Positif	TIN*
Point A	58	13	22,41	34	2	5,88	44	7	15,90
Point B	66	12	18,18	-	-	-	-	-	-
Total	124	25	20,16	-	-	-	-	-	-

TIN* : Taux d'infestation naturelle

Tableau 1 : taux d'infestation naturelle (TIN en %) des mollusques au niveau des points de contact homme /eau (H/E) avant l'aménagement du « Farako », en décembre 2005

Après aménagement du « Farako » en 2010, nous n'avons enregistré aucun mollusque dans ce cours d'eau. Nous avons présenté dans le **tableau 2**, la prévalence des schistosomes avant l'aménagement du cours en 2005. Il en ressort qu'à Niomi, les prévalences des deux espèces *S. haematobium* et *S. mansoni*, de même que celle de la double infestation (*S. haematobium* + *S. mansoni*) étaient plus élevées à l'école de Niomi qu'à Hamdallaye ($p=0,001$). À l'école d'Hamdallaye, nous n'avons pas observé de *S. mansoni*.

Schistosomes Ecoles	<i>Schistosoma haematobium</i>			<i>Schistosoma mansoni</i>			<i>S. haematobium</i> + <i>S. mansoni</i>		
	Eff	Pos	Prév	Eff.	Pos	Prév	Eff.	Pos.	Prév
Niomi	590	530	89,83	480	145	30,20	475	310	65,26
Hamdallaye	420	357	85,00	389	0	-	-	-	-
Total	1010	887	87,82	-	-	-	-	-	-

Tableau 2 : prévalence des schistosomes dans les écoles de Niomi et de Hamdallaye avant l'aménagement du « Farako » en 2005

En 2010 après aménagement du « Farako », les prévalences de *Schistosoma mansoni* étaient nulles à l'école de Niomi ; celles de *S. haematobium* ont chuté de 98,8%, passant de 90% à 1% (6/595) ($p=0,01$). Le taux de réduction de la prévalence était de 96,9% pour la double infection passant de 65% à 2% (10/480). A l'école de Hamdallaye, la prévalence de la seule espèce rencontrée, *S. haematobium* était nulle dans les échantillons d'urine examinés.

Discussion

Les schistosomoses demeurent avant tout une affection des zones rurales. Au Mali, elles sévissent essentiellement autour des ouvrages artificiels (barrages et petites retenues d'eau) construits pour compenser le déficit pluviométrique devenu chronique au Sahel (Brinkman *et al.*, 1988). Toutefois, elles ont été aussi signalées en milieux urbains et périurbains notamment à Bamako depuis l'époque coloniale (Kervran, 1947). Cette présence serait liée à deux phénomènes complémentaires : i) la présence d'un réseau hydrographique dense composé du fleuve Niger et ses affluents (plus d'une dizaine) qui constituent d'excellents gîtes à mollusques ; ii) l'exode rural des populations originaires des zones d'endémie du pays (régions de Ségou, Kayes et Mopti) contribuant ainsi à créer des conditions favorables à l'infestation des mollusques. Les espèces de mollusques impliquées dans la transmission en Afrique sont *Bulinus truncatus*, *B. globosus*, *B. forskalii*, *B. senegalensis* pour *Schistosoma haematobium* et *Biomphalaria pfeifferi* pour *S. mansoni*.

Conclusion

Au-delà de l'amélioration du cadre de vie de la ville, l'aménagement de « Farako » a aussi permis d'interrompre le cycle de transmission des schistosomes dans les écoles situées le long de ce collecteur. En revanche, la pollution persistante de Woyowayanko, un collecteur non encore aménagé contribue au maintien de l'endémie bilharzienne à Bamako.



Figure 2 : profil du cours d'eau « Farako » avant aménagement en 2005



Figure 3 : profil du cours d'eau « Farako » après aménagement en 2010

Bibliographie

Abdoulaye Dabo, Adama Z Diarra, Vanessa Machault, Ousmane Touré, Diarra Sira Niambélé, Abdoulaye Kanté, Abdoulaye Ongoiba, Ogobara Doumbo. Urban schistosomiasis and associated determinant factors among school children in Bamako, Mali, West Africa. *Infect Dis Poverty* 2015 Jan 29;4:4. doi: 10.1186/2049-9957-4-4.

Adeline Enjema Green, Judith Kuoh Anchang-Kimbi, Godlove Bunda Wepnje, Vicky Daonyle Ndassi, Helen Kuokuo Kimbi. Distribution and factors associated with urogenital schistosomiasis in the Tiko Health District, a semi-urban setting, South West Region, Cameroon. *Infect Dis Poverty* 2021 Apr 12;10(1):49. doi: 10.1186/s40249-021-00827-2.

Brinkman UK, Korte R et Schmidt-Ehry B. The distribution and the spread of schistosomiasis in relation to water-resources development in Mali. *Tropical Medicine Paasitol.*, 1988, 39: 182-189.

Chimbari M J, Chirundu D. Prevalence and intensity of the schistosomiasis situation along the Zimbabwean urban and peri-urban shoreline of lake Kariba. *Cent Afr J Med* 2003, 49 (1-2):8-12.

Kervran P. Les hôtes intermédiaires des bilharzioses humaines à Bamako (Soudan français). *Bull Soc Pathol Exot* 1947, 40 : 349-352.

Selin B et Simonkovitch. Les mollusques hôtes intermédiaires des schistosomiasis dans la région de Yanfolila-Kangaré (République du Mali). *Rapport d'enquête. Doc techn. OCCGE*, 1978, N°6660.

World Health Organization (2018). Global Burden Disease Estimate Index, Geneva.

Écologie de la santé à l'hôpital

Bruno Grandbastien

PUPH, Université de Lausanne (Suisse)

Introduction

Le concept d'écologie de la santé à l'hôpital a une dimension particulière car l'hôpital est un écosystème spécifique : il regroupe les personnes malades ; il est un peu le catalyseur de l'expression de nombreuses maladies et de leur prise en charge.

Hippocrate, dès le IV^e siècle avant J.C., nous rappelait que « lorsque l'on regroupait des malades, ils pouvaient se transmettre leur maladie ». Il faisait alors référence à la phtisie, la tuberculose... Cette remarque est datée de bien avant l'ère de la microbiologie moderne, de Pasteur. Les épidémies nous ont aussi beaucoup appris à la fois sur ce qui se passe dans cet écosystème hospitalier, mais aussi sur les mesures pour les contenir, voire les prévenir.

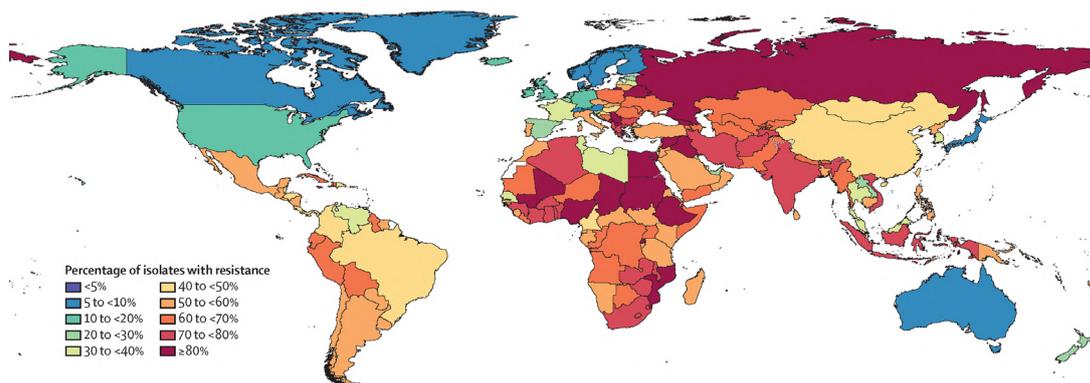
Les épidémies : modèles du risque infectieux en milieu de soins

Pour illustration, une large épidémie a touché durement le continent africain il y a quelques années. Mais remontons un peu le temps : fin août 1976, au nord du Zaïre, dans la province de l'équateur, un patient se présente à l'hôpital de la mission de Yambuku avec un tableau de fièvre qui évolue vite avec des hémorragies diffuses ; il décède 8 jours après. Une foule nombreuse assiste à ses funérailles. Quelques jours après son épouse se présente avec le même tableau clinique ainsi que des personnes qui ont participé activement aux funérailles. Le virus en cause sera très vite identifié en octobre 1976 et prendra le nom de la rivière qui passe à côté de Yambuku, la rivière Ébola... On sait maintenant que ce virus est une illustration du passage de l'animal à l'homme. Ce qui a moins été communiqué, c'est que cette épidémie a été très majoritairement une épidémie nosocomiale ; plusieurs personnes traitées dans cet hôpital pour un paludisme ont été touchées par cette fièvre hémorragique Ébola ; ils avaient été traités par des injections de chloroquine et l'hôpital utilisait des seringues en verre sommairement désinfectées. Onze des 17 soignants de cet hôpital ont également été touchés. Il s'agissait alors de première épidémie d'Ébola caractérisée. Les années 2013-2014 ont vu se développer une épidémie qui a modifié fortement nos organisations dans les hôpitaux du sud : mise en place de centres de traitement Ébola en Afrique. Mais ceci n'a pas été sans conséquences avec la « mise à genou » des systèmes de santé des trois pays majoritairement touchés en 2015 (Liberia, Sierra-Leone et Guinée Conakry). Avec un peu de recul, cette épidémie a également eu un impact négatif majeur sur les programmes de santé publique à l'image du Programme Élargi de Vaccination (le PEV). Les conséquences en ont été immédiatement visibles avec le développement d'une épidémie de rougeole... Dans

les hôpitaux du Nord, Ebola a été alors le sujet majeur de prévention du risque épidémique biologique REB ; les hôpitaux étant en charge de leur plan de gestion d'un éventuel cas d'Ebola. Qu'avons-nous appris de ces épidémies ? Nous ont-elles permis de se préparer à la crise Covid ? Toutes ces expériences nous renvoient aux concepts de base de la prévention des maladies transmissibles en milieu de soins, à savoir l'application des règles d'hygiène.

La maîtrise de l'antibiorésistance

Un nouveau risque est aujourd'hui devenu prévalent ; il s'agit du développement de la résistance bactérienne aux antibiotiques. Entre 1940, avec la découverte et surtout la diffusion large de la pénicilline et 1970, nous étions dans l'ère des antibiotiques... Toutes les maladies infectieuses allaient être maîtrisées. La prise de conscience que la course contre la résistance aux antibiotiques de nombreuses bactéries était vaine ne date que de la fin des années 70. C'est aujourd'hui un des défis majeurs pour le monde entier. dans le top 10 selon l'OMS. Son fardeau est estimé à plus de 1,2 millions de décès directement imputables et près de 5 millions associés en 2019 dans une étude publiée en 2022.



AMR collaborators, *Lancet* 2022

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)

Si l'on prend l'exemple d'une bactérie, *Klebsiella pneumoniae* ; elle a développé des résistances à la plupart des antibiotiques et en particulier à une famille d'antibiotiques de réserve, les carbapénèmes. Nous sommes en présence d'une des bactéries multi-résistantes aux antibiotiques, ces fameuses BMR ayant un potentiel de diffusion majeur. Avec cette bactérie présentant ce profil de résistance, nous ne disposons presque plus de molécules antibiotiques efficaces pour traiter une éventuelle infection. Cette résistance s'est développée largement en Europe, par exemple en Italie ou en Grèce et les systèmes de surveillance permettent de suivre finement l'évolution de ces résistances. Aujourd'hui, pour des infections sévères, cette résistance est retrouvée dans plus de deux tiers des souches hospitalières en Grèce. Ainsi, nous ne sommes pas loin de l'impasse thérapeutique... Mais cette résistance s'est également développée partout dans le monde, même si les données épidémiologiques sont moins solides, par défaut de systèmes de surveillance performants. Au total, on peut dire, si l'on est optimiste que « nous sommes au pied du mur ». Mais si l'on est pessimiste, ce sera « nous sommes dans le mur ».

Les causes du développement et de la diffusion de ces résistances sont multiples. On peut citer :

- un usage inadapté des traitements antibiotiques en médecine humaine ; prescriptions excessives mais aussi utilisation des antibiotiques disponibles. C'est trop souvent le cas dans beaucoup de pays du Sud ;
- un usage déraisonné des antibiotiques dans l'élevage ;
- la diffusion dans l'environnement de résidus antibiotiques ; c'est bien établi autour des usines de fabrication des antibiotiques ... mais aussi autour des hôpitaux avec des effluents chargés en antibiotiques.

Cela pointe la nécessaire prise en compte globale, mondiale de ce dossier « antibiorésistance » avec une vision « Une seule santé », associant santé humaine (en milieu de soins mais aussi dans la communauté), santé animale et environnement. Ce concept est aujourd'hui la pierre angulaire de toutes les politiques promues à l'échelle internationale.

La prévention du risque infectieux en milieu de soins

Les mesures en réponse à ces défis reposent sur la prévention et le contrôle de l'infection (PCI) d'une part et un usage raisonné des antibiotiques d'autre part.

La première mesure est probablement de connaître son niveau de prévention aujourd'hui. Pour cela, l'OMS propose un questionnaire, le Modèle pour l'Évaluation de la PCI au niveau des établissements, le MEPCI. Sur ce questionnaire qui se veut assez exhaustif (81 questions passant en revue les 7 grands domaines, les core components de l'OMS), tous les volets suivants sont explorés : structures, expertise en prévention, formation, évaluation, surveillance... Ce questionnaire s'applique à tous les pays, à tous les niveaux de développement des systèmes de santé. Il inclut le concept de sanitation (avec une attention toute particulière à la disposition d'eau potable, d'un système d'élimination des déchets et des effluents) dont le respect est loin d'être aussi présent dans tous les hôpitaux du monde. Ce questionnaire explore aussi l'existence d'une politique de prévention et de contrôle des infections et de bon usage des antibiotiques. Ces politiques se sont développées partout dans le monde, y compris sur le continent africain, à l'image du PROgramme NAtional de Lutte contre les INfections Nosocomiales (PRONALIN) au Sénégal largement porté par le professeur Babacar NDoyle, il y a plus de 14 ans déjà, ou bien encore les recommandations nationales pour le bon usage des antibiotiques toujours au Sénégal. Je citerai, dans le même esprit, la stratégie nationale pour la prévention des infections et de l'antibiorésistance en France publiée début 2022.

Dans toutes ces politiques, on retrouve tous les éléments clés de la prévention. Parmi les mesures, une place majeure est dédiée aux précautions standard. Il s'agit des mesures qui devraient être mises en œuvre toujours, par tous et pour tous les patients... Dans ces précautions standard, il y a un point très structurant : pour lutter contre la transmission croisée, la mesure phare est l'hygiène des mains. Reprenons l'histoire : à la fin des années 90, quelques personnes reprennent le concept de friction hydroalcoolique pour se désinfecter les mains plus facilement et sans l'impératif d'avoir un accès à l'eau ; ils le popularisent largement avec un travail gigantesque du professeur Didier Pittet... Son plus grand mérite, outre la

promotion extraordinaire qu'il a assuré à cette friction hydroalcoolique, a été de prouver que cette mesure permettait de réduire l'incidence des BMR. Enfin, il a œuvré pour que cette innovation ne soit pas privatisée en la laissant se faire breveter par une firme. Le brevet qui avait été déposé a été offert à l'OMS par Didier Pittet avec une recette simple : de l'éthanol (produit à partir de la distillation de canne à sucre ou tout autre produit... donc accessible partout dans le monde), dilué avec de l'eau et un peu de glycérol. Pour la petite histoire, Didier Pittet travaille aux Hôpitaux Universitaires de Genève et son directeur le présente comme « le médecin le plus cher qu'il n'ait jamais vu » ... Il le valorise en effet à plusieurs milliards de dollars... en référence aux royalties que l'hôpital aurait touchées si le brevet avait été gardé par les Hôpitaux Universitaires de Genève. Aujourd'hui, tout le monde peut disposer à un coût modique de cette solution de désinfection des mains. La pandémie Covid nous a montré que devant une demande de produits hydroalcooliques qui avait explosé début 2020, chacun avait pu fabriquer ses propres produits, et ce, partout dans le monde.

La crise Covid a également fait prendre conscience de l'importance de la protection respiratoire. Partout dans le monde également, le port du masque a été adopté... Personne ne s'attendait à une adhésion aussi rapide à cet équipement de protection, devenu presque un accessoire. En milieu de soin, le masque est resté et reste encore le plus souvent recommandé. Ceci témoigne en faveur d'une grande adaptabilité des usagers des systèmes de santé.

Les exemples ci-dessus sont des réponses techniques : l'hygiène des mains, le port du masque, etc.

L'enjeu, pour demain, est d'implémenter ces mesures de prévention, de les pérenniser dans tous les milieux de soin. Les pistes pour qu'elles soient comprises et adoptées par toutes et tous s'appuient sur des démarches en interdisciplinarité : sciences biologiques, sciences de l'implémentation, sciences de l'éducation, psychologie, sociologie ... Nous sommes ainsi tous acteurs du développement d'une écologie optimisée de la santé à l'hôpital.

Bibliographie

- Andremont A. 2016, « Antibiotiques et antibiorésistance, un avatar singulier de l'histoire planétaire », *Questions de communication*, 2016 : 29.
- Antimicrobial Resistance Collaborator. 2022 “Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis”, *Lancet*, 399(10325):629-55.
- Antimicrobial resistance in the EU/EEA (EARS-Net) 2020 Annual Epidemiological Report for 2020, Surveillance report. Accessible sur Antimicrobial resistance in the EU/EEA (EARS-Net) (europa.eu) : <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER-EARS-Net-2020.pdf>
- Centers for Diseases Control and Prevention. 2020, Infection Control Guidance for Healthcare Professionals about Coronavirus (COVID-19). March 2020 (update June 2020). Accessible sur Infection Control Guidance for Healthcare Professionals about Coronavirus (COVID-19) | CDC : <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control.html>
- Charbonneau P., Parienti J.J., Thibon P., Ramakers M., Daubin C., du Cheyron D., Lebouvier G., Le Coutour X., Leclercq R. 2006, “French Fluoroquinolone Free (3F) Study Group. Fluoroquinolone use and methicillin-resistant Staphylococcus aureus isolation rates in hospitalized patients: a quasi experimental study”, *Clin Infect Dis.*, 42(6):778-84.
- eCDC. 2020, Recommandations sur le port et le retrait des équipements de protection individuelle dans les établissements de soins accueillant des patients atteints de COVID-19 (cas confirmés) ou suspectés de l'être. Rapport technique de février 2020. Accessible sur Guidance for wearing and removing personal protective equipment in healthcare settings for the care of patients with suspected or confirmed COVID-19 (europa.eu) : https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Protective%20equipment_FR.pdf
- Klein E.Y, Milkowska-Shibata M., Tseng K.K., Sharland M., Gandra S., Pulcini C., Laxminarayan R. 2021, “Assessment of WHO antibiotic consumption and access targets in 76 countries, 2000-15: an analysis of pharmaceutical sales data”, *Lancet Infect Dis.*, 21(1):107-15.
- Ministère des Solidarités et de la Santé. 2022, Stratégie nationale 2022-2025 de prévention des infections et de l'antibiorésistance. Accessible sur solidarites-sante.gouv.fr : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/strategie_nationale_2022-2025_prevention_des_infections_et_de_l_antibioresistance.pdf
- Organisation Mondiale de la Santé. 2010, Les cas de rougeole augmentent au niveau mondial en raison d'une couverture vaccinale insuffisante. Communiqué de presse ; 29 novembre 2018. Accessible sur : <https://www.who.int/fr/news/item/29-11-2018-measles-cases-spike-globally-due-to-gaps-in-vaccination-coverage>
- Organisation Mondiale de la Santé. 2018, Modèle pour l'évaluation de la prévention et du contrôle des infections (PCI) au niveau des établissements de soins. Accessible sur : [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/integrated-health-services-\(ihs\)/core-components/ipcaf-fr.pdf?sfvrsn=7040f49_4#:~:text=Le%20mod%C3%A8le%20pour%20l%27%C3%A9valuation,de%20soins%20de%20courte%20dur%C3%A9e](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/integrated-health-services-(ihs)/core-components/ipcaf-fr.pdf?sfvrsn=7040f49_4#:~:text=Le%20mod%C3%A8le%20pour%20l%27%C3%A9valuation,de%20soins%20de%20courte%20dur%C3%A9e)
- Organisation Mondiale de la Santé. 2020, Lutte anti-infectieuse lors de la prise en charge des patients chez lesquels on suspecte une infection par le nouveau coronavirus (nCoV). 25 janvier 2020. Accessible sur Lutte anti-infectieuse lors de la prise en charge des patients chez lesquels on suspecte une infection par un nouveau coronavirus (nCoV) : orientations provisoires, 25 janvier 2020 (who.int) : <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330675?locale-attribute=fr&>
- Oumar B.K., 2013, “Step assessment of nosocomial infections control in Senegal (Pronalin)”, *Antimicrob Resist Infect Control.*, 2(Suppl 1): 260.
- Pittet D., Hugonnet S., Harbarth S., Mourouga P., Sauvan V., Touveneau S., Perneger T.V. 2000, “Effectiveness of a hospital-wide program to improve compliance with hand hygiene. Infection Control Programme”, *Lancet*, 356(9238) :1307-12.
- Santé publique France. 2021, CoviPrev : une enquête pour suivre l'évolution des comportements et de la santé mentale pendant l'épidémie de COVID-19. Accessible sur CoviPrev : une enquête pour suivre l'évolution des comportements et de la santé mentale pendant l'épidémie de COVID-19 (santepubliquefrance.fr) : <https://www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/coviprev-une-enquete-pour-suivre-l-evolution-des-comportements-et-de-la-sante-mentale-pendant-l-epidemie-de-covid-19>
- Société Française d'Hygiène Hospitalière. 2017, Précautions standard. Accessible sur HY_XXV_PS_versionSF2H.pdf
- Société Française d'Hygiène Hospitalière. 2019, Avis relatif aux mesures d'hygiène pour la prise en charge d'un patient considéré comme cas suspect, possible ou confirmé d'infection à 2019-nCoV. 28 janvier 2020. Accessible sur <https://www.sf2h.net/wp-content/uploads/2020/01/Avis-prise-en-charge-2019-nCoV-28-01-2020.pdf>

Programme de l'université d'été 2022

Lundi 4 juillet

9h accueil
9h-30 cérémonie d'ouverture animée par Jean-Yves Chenebault, directeur de l'ENSI Poitiers et Gilles Boëtisch, co-directeur de l'OHMI Tèssékéré ; Virginie Laval, présidente de l'Université de Poitiers, Antoine Petit, PDG du CNRS, Lamine Gueye, directeur de l'IRESS, Dakar, Florence Jardin, présidente de Grand Poitiers, Alain Rousset, président du Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine et Sacha Houlié, député de la Vienne. Hommage à Yves Coppens par Michel Brunet

10h-30 inauguration de l'exposition *Vivre au cœur de la Grande Muraille verte*, animée par Jean-François Lagrot
10h-45 Grande Muraille verte et COP27
 Gilles Boëtisch, DREM CNRS, Paris, Aliou Guissé, PU, UCAD-Dakar, Priscilla Duboz, IRCNRS, Dakar, Roger Zerbo, DR, IRSS, CNRS, Ouagadougou, Abakar Nouakchott, Gora Diop, colonel, directeur technique de la GMV-Dakar, Adama Doukhou, GMV Burkina faso, Ramatou Sidkou, CNRS-Niamey.
12h-30 déjeuner
14h-30 - Birane Cissé, Bases de données de l'OHMI Tèssékéré
 - Aly Diallo, *Echelles de valeur du* *Balantès*

15h-30-17h forum, *Économie et développement durable autour de la GMV*, animation Pascal Chauchetoin, avec Jean-Yves Chenebault, Aliou Guissé, Moctar Idrissa Ibrahim, Roger Zerbo, Richard Daniellou, Olivier Nimot, Doyley McKey, Baptiste Trény.

18h visite guidée et dîner à l'Espace Mendès France (EMF)

Mardi 5 juillet

Session Grande muraille verte :
Aliou Guissé
9h - introduction
 - Aliou Guissé, PU, UCAD-Dakar, Les usages des plantes dans la zone du Sahel
 - Papa Ibnou Ndoye, PU, UCAD-Dakar : Impact du projet GMV sur la diversité faunistique
 - Natalia Serrano, L'initiative Grande Muraille verte au Sénégal et au Burkina Faso : quelles similarités, quelles différences, quelles synergies en travaillant ensemble ?
10h-30 pause café

10h-45 - Jean-Daniel Cesaro, CIRAD, La modélisation territoriale pour accompagner les synergies entre pastoralisme et GMV
 - Mohamed Zaoui, Collège de France, Flotte de robots nomades pour la restauration des terres dégradées dans les régions arides
 - Jean-Noël Ferrière et Youssra Abourabi, LAM Bordeaux, université internationale de Rabat, Politiques publiques, comparaison GMV Mauritanie, Sénégal
12h-15 - Stéphane Blanc, directeur de l'INEE / CNRS, La recherche en écologie déployée en Afrique
12h-45 déjeuner

14h-30-17h15 forum de la GMV, animé par Aliou Guissé, Lamine Gueye et Gilles Boëtisch en visio avec les ANGMV et la communauté des chercheurs de la GMV.

17h-30-18h30 retour sur le forum
19h-30 réception et dîner à l'EMF en présence de Mme Léonore Moncond'huy, Maire de Poitiers

Mercredi 6 juillet

Session Écologie de la santé :
Marline Hossaert
9h - introduction
 - Marline Hossaert, DREM CNRS : Écologie de la santé
 - Mahamadou Kane, étude des chapeaux de la GMV au Sénégal
 - Enguerran Macia, Transition démographique et santé dans le Ferlo
10h30 pause café

10h45 - Delphine Destoumieux-Garzon, *Invertébrés marins et pathogènes émergents*
 - Serge Morand, L'observatoire socio-écologique biodiversité et santé de Saenhtong, Thaïlande
 - Patrick Mavingui, One Health dans l'Océan Indien
12h15 déjeuner
14h Guillaume Decoco, *Maladie de Crohn et environnement*
 - Alphonsine Ramdélé, *Renouvellement de l'environnement végétal - sécurité alimentaire et sanitaire durables dans le Sahel*
 - Fatou Bintou Sarr, PUPH, Ucad-Dakar, *Pollution atmosphérique et altération de la fonction respiratoire en zones urbaines et périurbaines*
 - Sidy Mohammed Seck, *Jardin thérapeutique à Saint-Louis, site expérimental pour la GMV, Sénégal*
 - David Giron, *Insectes et sécurité alimentaire*, IRB, Tours

16h45 projection-débat de courts-métrages scientifiques
18h table-ronde *Écologie de la santé* : animation Didier Moreau, avec Serge Morand, Fatou Bintou Sarr, Marion Albouy, Lamine Gueye, Priscilla Duboz

19h30 dîner à l'ENSI Poitiers

Jeudi 7 juillet

Session eau et santé :
Jérôme Labanowski
9h - introduction
 - Jérôme Labanowski, CR, CNRS : *Rôle de l'environnement (milieux aquatiques) dans l'émergence et la dissémination de l'antibiorésistance*
 - Agathe Euzen, DR, CNRS : *Eau et environnement dans le Ferlo*
 - Yann Héchar, PU, EBI : *Légionelle, légionellose et eau*

10h30 pause café
11h - Abdoulaye Dabo, *L'assainissement, un moyen efficace de lutte contre la schistosomose à Bamako, Mali*
 - Bertrand Gombert, *Production d'eau potable et devenir des contaminants-étude en Nouvelle-Aquitaine avec l'Agence régionale de santé*
 - Ibrahim Sy, *Impacts de la politique de l'eau sénégalaise sur les populations, les ressources et le développement de la Grande Muraille verte à Tèssékéré*
12h45 déjeuner
14h30 - Massamba Diouf, *Eau et fluorose dentaire dans le Ferlo*
 - Estelle Perraud-Cateau, *Interactions réciproques perturbateurs endocriniens/levures du mycobiotote cutané*, Laboratoire EBI, Poitiers

16h - Pour une Open University de la Grande Muraille verte, projet panafriqueain, Serge Ravet, Lamine Gueye, Aliou Guissé et Didier Moreau.

17h-19h30 atelier *Fresque du climat* animé par les élèves ingénieurs de l'ENSI Poitiers

19h45 dîner à l'ENSI Poitiers

Vendredi 8 juillet

Session hygiène :
Lamine Gueye
9h - introduction
 - Guillaume Cambien, *perturbateurs endocriniens et hygiène hospitalière*, CHU / EBI
 - Priscilla Duboz, *Les maladies chroniques non transmissibles dans la Grande Muraille verte*
 - Bruno Grandbastien, *Écologie de la santé à l'hôpital*
10h30 conclusion puis discours de clôture
12h déjeuner à l'EMF

15h Balade scientifique guidée par Jean-Louis Durand, INRAE Lusignan, pour public familial, dans le parc de Blossac, Poitiers



Institut Balantès

Dans le hall de l'ENSI Poitiers : expositions *Biosphère 2.0*, 3.0, de l'EMF et *Vivre au cœur de la Grande Muraille verte* de Jean-François Lagrot, photographe.

Cahiers de l'observatoire Hommes-Milieu international Téssékéré n°11 – 10 €



La banque coopérative
de la Fonction publique

