

# Atlas des relations homme - rat noir - zoonoses au Sénégal



Contribution interdisciplinaire à l'approche  
*One Health*

Sous la direction de:

Pascal Handschumacher  
Jérôme Lombard  
Mawlouth Diallo  
Jean-Marc Duplantier  
Pauline Gluski  
Catherine Valton



AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
**ANR**

**IRD** Institut de Recherche  
pour le Développement  
FRANCE

  
Institut Pasteur  
de Dakar



Publication du programme de recherche Chancira

UMR 5556  
**PRODIGE**  
Éditions



# **Atlas des relations homme - rat noir - zoonoses au Sénégal**

Contribution interdisciplinaire à l'approche *One Health*

*Directeur de collection : Olivier Ninot*

*Derniers atlas parus :*

**ATLAS PROBLÉMATIQUE D'UNE MÉTROPOLÉ VULNÉRABLE - INÉGALITÉS URBAINES À LIMA ET CALLAO**

P. Metzger, P. Gluski, J. Robert, A. Sierra

2014

**ATLAS DE L'ÉLEVAGE AU SÉNÉGAL - COMMERCE ET TERRITOIRES**

J.-D. Cesaro, G. Magrin, O. Ninot

2010



# Atlas des relations homme - rat noir - zoonoses au Sénégal

Contribution interdisciplinaire à l'approche *One Health*

Publication du programme de recherche Chancira  
2012-2015

Contrat ANR-11-CEPS-0010  
Appel à projets ANR - CEPS (Changements environnementaux planétaires et sociétés)

*Préface*

**Patrick Giraudoux**

*Professeur d'écologie*

*Membre honoraire de l'Institut universitaire de France*

*Chrono-environnement, Université de Franche-Comté/CNRS*

**PRODIG Éditions**

Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion  
de l'information géographique

Aubervilliers, 2021

■ **Coordination du programme Chancira :** Pascal Handschumacher - IRD (Sesstim)

■ **Responsables des équipes du programme Chancira :**

Pascal Handschumacher - IRD (Sesstim), Jérôme Lombard - IRD (Prodig), Mawlouth Diallo - IPD, Jean-Marc Duplantier - IRD (CBGP)

■ **Coordination technique et éditoriale :** Catherine Valton - IRD (Prodig)

■ **Cartographie et conception graphique :** Pauline Gluski - IRD (Prodig), Catherine Valton - IRD (Prodig)

■ **Conception de la maquette :** Jean-Daniel Cesaro

■ **Liste des auteurs :**

Bâ Khalilou - IRD (CBGP)

Bâ Yamar - IPD

Dalecky Ambroise - IRD (CBGP/LPED)

Diagne Christophe Amidi - IRD (CBGP) - Univ. Paris-Saclay

Diagne Moussa Moïse - IPD

Diallo Diawo - IPD

Diallo Mamoudou - IRD (CBGP)

Diallo Mawlouth - IPD

Duplantier Jean-Marc - IRD (CBGP)

Faye Oumar - IPD

Faye Ousmane - IPD

Gauthier Philippe - IRD (CBGP)

Gaye Alioune - IPD

Granjon Laurent - IRD (CBGP)

Handschumacher Pascal - IRD (Sesstim)

Husse Laëtita - IRD (CBGP)

Kane Mamadou - IRD (CBGP)

Konečný Adam - Muni

Le Fur Jean - IRD (CBGP)

Lombard Jérôme - IRD (Prodig)

Lucaccioni Héloïse - Univ. Paris Nanterre - ECDC

Mbaye Ibrahima - UASZ

Mediannikov Oleg - IRD (Mephi)

Mocquot Alexandre - Unistra

Ndiaye Oumar - IPD

Niang Yousoupha - IRD (CBGP)

Ninot Olivier - CNRS (Prodig)

Piermay Jean-Luc - Unistra

Piry Sylvain - INRAe (CBGP)

Sadio Bacary - IPD

Sakho Pape - Ucad (LaboGéHu)

Sall Amadou Alpha - IPD

Sall Omar - IRD

Sambou Pierre Corneille Ucad (LCE)

Sow Abdourahmane - IPD

Sow Aliou - IRD (CBGP)

Sy Ibrahima - Swiss TPH - Ucad

#### Liste des organismes

CNRS	- Centre national de la recherche scientifique (France)
ECDC	- European Center for Disease Prevention and Control (Union européenne)
INRAe	- Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (France)
IPD	- Institut Pasteur de Dakar (Sénégal)
IRD	- Institut de recherche pour le développement (France)
Muni	- Masaryk University (Tchéquie)
Swiss TPH	- Swiss Tropical and Public Health Institute (Suisse)
UASZ	- Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal)
Ucad	- Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)
Unistra	- Université de Strasbourg (France)

#### Liste des UMR/équipes de rattachement

Sesstim	- Sciences économiques et sociales de la santé & traitement de l'information médicale - Aix-Marseille université/Inserm/IRD/Isspam
Prodig	- Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique - CNRS/IRD/Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne/Université de Paris/AgroParisTech/Sorbonne Université
CBGP	- Centre de biologie pour la gestion des populations - INRAe/Cirad/IRD/Montpellier SupAgro
LPED	- Laboratoire population environnement développement - Aix-Marseille université/IRD
Mephi	- Microbes Evolution Phylogeny and Infections - Aix-Marseille université/IRD
LaboGéHu	- Laboratoire de géographie humaine - Ucad
LCE	- Laboratoire de climatologie et d'environnement - Ucad

■ **Remerciements :**

- aux **autorités locales dans les régions de Tambacounda et Kédougou** pour leur soutien
- aux **habitants des régions de Tambacounda et Kédougou** pour leur accueil
- aux **représentants de l'IRD au Sénégal**: Georges De Noni (2011-2013), Yves Duval (2013-2014), Laurent Vidal (2015-2018)
- à **Géraud Magrin** (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne), **Karine Delaunay** (IRD), **Olivier Ninot** (CNRS), pour leur relecture
- à **Michel Lesourd** (Université de Rouen), **Coralie Rabiniaux** (stagiaire cartographe)

Ce programme a fait l'objet de l'approbation n° 0360-MSAS/DPRS/DR, délivrée par le comité national d'éthique pour la recherche en santé du Sénégal, le 24 octobre 2011.

#### Photos de couverture:

①	① La route en provenance de Dakar, Tambacounda. O. Ninot, 2014
②	② Les périphéries rurales de Kédougou. O. Ninot, 2014
③	③ Rat noir au Sénégal oriental. L. Granjon, 2012
④	④ Laboratoire d'analyses, Institut Pasteur de Dakar. M. M. Diagne, 2021
⑤	⑤ Déchargement d'un camion dans un entrepôt du marché de Kédougou. O. Ninot, 2014

Cet ouvrage doit être référencé comme suit:

Handschumacher P., Lombard J., Diallo M., Duplantier J.-M., Gluski P., Valton C., 2021. *Atlas des relations homme-rat noir-zoonoses au Sénégal. Contribution interdisciplinaire à l'approche One Health*. Prodig, Aubervilliers, 56 p.

Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L.122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

# SOMMAIRE

---

PRÉFACE	7
■ INTRODUCTION	
Changements globaux et diffusion des risques sanitaires. Genèse du programme Chancira	9
<i>Base de données et structuration de l'information</i>	12
<i>Biologie, écologie et éthologie de <i>Rattus rattus</i>: quelles conséquences en santé publique ?</i>	13
■ CHAPITRE UN	
La présence du rat noir dans le territoire sénégalais. De l'écologie à la modélisation	14
Historique de la diffusion du rat noir au Sénégal	16
Évolution du peuplement, des voies de circulation et du réseau de villes dans le bassin arachidier	18
Le rôle des systèmes de transports dans la propagation du rat noir	20
Bioclimatologie dynamique et évolution des paysages	22
Modélisation de la diffusion du rat noir aux échelles nationale et centennale	24
■ CHAPITRE DEUX	
Du rat noir aux virus du Sénégal oriental	26
Urbanisation et désenclavement dans le sud-est du Sénégal	28
Rôle des connexions et des échanges dans la géographie régionale	30
Distribution géographique du rat noir et des espèces commensales de petits mammifères dans la moitié sud du Sénégal	32
Rôle des vecteurs dans l'émergence d'arbovirus associés au rat noir	34
Distribution des virus dans les populations humaines et de micromammifères	36
Distribution des agents infectieux non viraux chez les micromammifères	37
Analyse critique des savoirs villageois comme source d'information sur la distribution des petits mammifères commensaux	38
■ CHAPITRE TROIS	
La diffusion limitée de <i>Rattus rattus</i> dans les villages du Sénégal oriental	40
Des conditions de transport inégalement favorables à la propagation du rat noir	42
Distribution de <i>Rattus rattus</i> dans les villes de Tambacounda et Kédougou. De l'analyse intra-urbaine aux liens entre les capitales régionales	44
Inégalités de distribution de <i>Rattus rattus</i> selon les différents contextes urbains et villageois	46
Analyse synthétique de la relation entre transformations territoriales et dynamiques de l'invasion du rat noir	48
L'importance de la localisation des structures de soins sentinelles dans la surveillance de la distribution des patients fébriles	50
CONCLUSION	53
BIBLIOGRAPHIE	54



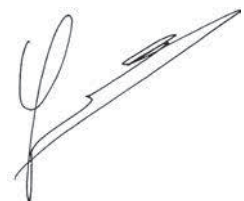
## PRÉFACE

*L'*humanité et les États apprennent-ils suffisamment des crises sanitaires qu'ils traversent ? Il est permis d'en douter quand on constate à quel point le concept d'« Une seule santé » (One Health) se résume trop souvent à un dialogue, souhaitable, entre médecins et vétérinaires. La plupart des grandes pandémies du XXI<sup>e</sup> siècle n'ont toujours pas trouvé leurs origines précises. Les budgets sont massivement orientés vers la recherche de kits de diagnostic, de traitements et de vaccins. On mise sur le soin, ce n'est pas ceux qui y ont accès qui s'en plaindront, quand l'incendie sanitaire a atteint le toit de la maison. Comparativement, les recherches sur l'écologie de l'émergence et la prévention sont rares, car peu ou pas financées. Les chasseurs de virus, technologiquement armés mais écrasés par le nombre, faute d'une connaissance suffisante des socio-écosystèmes qu'ils explorent, ont donc toutes les chances de se transformer en pêcheurs à la ligne de l'inutile. La dynamique spatiale et temporelle des populations d'organismes hôtes animaux comme humains, multi-échelles, contrainte ou favorisée par l'ensemble des forces physicochimiques, biologiques (prédateurs, autres parasites, compétiteurs, etc.) et socio-anthropologiques, et leurs nombreuses idiosyncrasies sont le moteur de l'émergence. Condamnés à la réparation coûteuse, après quelques millions de morts, les acteurs de la santé ne peuvent agir précocement, misent donc sur la biosécurité, et l'humanité se laisse perpétuellement surprendre et déborder. Dans un tel contexte, les exemples d'intégration disciplinaire réussie, permettant de contextualiser dès l'amont les conditions d'émergence des zoonoses, sont rares, donc précieuses.

S'appuyant sur une collaboration entre chercheurs de l'Institut Pasteur de Dakar, des universités de Dakar, de Ziguinchor, Paris Nanterre et Strasbourg et de l'IRD, le programme interdisciplinaire Chancira, financé par leurs institutions et l'ANR, a pris le concept d'une seule santé dans toute son acception. Il a permis de mieux comprendre les processus qui ont soutenu la propagation et la diffusion du rat noir, porteur de multiples zoonoses, au Sénégal. Biologie animale, virologie, géographie, épidémiologie se sont croisées dans une problématique coconstruite, éclairant ainsi les multiples facettes des processus de sa propagation et les conditions susceptibles de conduire au passage de ses agents infectieux aux populations humaines. C'est ce monde intégratif, peuplé d'une impressionnante liste de contributeurs, que cet ouvrage nous invite à visiter.

Cet atlas permet de présenter, dans une vision synthétique, les principaux résultats issus de quatre années de travaux de terrain, d'exploitation d'archives historiques et de publications spécialisées. Ils montrent que la situation actuelle de ce réservoir de zoonoses ne doit rien au hasard, mais s'appuie sur des dynamiques de production des territoires au gré des transformations de l'espace sénégalais, du développement des réseaux et selon des contextes biogéographiques hétérogènes possédant leurs propres espèces de micromammifères potentiellement concurrentes. Ces résultats permettent d'identifier des espaces vulnérables et fournissent ainsi des pistes pour mieux surveiller processus et systèmes environnementaux propices à la diffusion.

Cette approche exemplaire peut maintenant servir de modèle à d'autres études, les connaissances acquises être confrontées à d'autres lieux et durées. En cela, ces travaux pourront contribuer au développement de recherches raisonnées, de stratégies de prévention et de lutte en amont de la maladie, à l'usage des acteurs de la santé publique, de l'aménagement du territoire et pour le bien commun.



**Patrick Giraudoux**

Professeur d'écologie

Membre honoraire de l'Institut universitaire de France  
Chrono-environnement, Université de Franche-Comté/CNRS



*À propos de l'orthographe des toponymes*

*L'orthographe des noms de lieux a été vérifiée dans le répertoire des localités du Sénégal sur le site internet de l'Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD) et sur le portail web cartographique des services sociaux de base du Sénégal (GéoSSB). Pour la dénomination des quelques hameaux dont nous n'avons pas retrouvé l'intitulé exact, nous avons suivi les indications fournies par les auteurs des planches.*

## INTRODUCTION

### CHANGEMENTS GLOBAUX ET DIFFUSION DES RISQUES SANITAIRES. GENÈSE DU PROGRAMME CHANCIRA



Les zoonoses, maladies transmissibles de l'animal à l'homme, représentent six pathologies sur dix affectant l'humanité. Trois maladies émergentes sur quatre ont pour origine les animaux. Dans un paysage mondial marqué par les changements globaux (modifications climatiques, intensification des échanges et des déplacements de personnes et de marchandises, développement de l'urbanisation), les modalités de la distribution des espèces animales, hôtes de maladies ou vectrices d'agents infectieux, évoluent de manière rapide. La transformation des conditions de vie, la densification de l'habitat, la pression sur les milieux naturels font apparaître de nouvelles configurations spatiales qui favorisent le passage croissant d'agents infectieux des espèces animales à l'homme.

Les crises sanitaires liées à la diffusion rapide d'épidémies de zoonoses, telles que le SRAS (Syndrome respiratoire aigu sévère), le MERS-CoV pour Coronavirus du syndrome respiratoire du Moyen-Orient, le VIH (Virus de l'immunodéficience humaine), Ebola ou la Covid-19 (maladie à coronavirus 2019), rappellent la nécessité de maîtriser les processus à l'origine de l'émergence et de l'extension des risques sanitaires. La description des conditions propices à la modification de la donne épidémiologique ne suffit pas, il convient de comprendre les mécanismes qui régissent la production d'espaces pathogènes favorables non seulement à l'émergence ou à la réémergence, mais également à la diffusion de zoonoses infectieuses.

**Figure 1 - Régions d'investigation du programme Chancira au Sénégal selon la distribution des zones agro-écologiques**





L'*Atlas des relations homme-rat noir-zoonoses au Sénégal* reprend les résultats du programme CHANCIRA (CHANGements environnementaux, Circulation de biens et de personnes : de l'invasion de réservoirs à l'apparition d'anthropozoonoses ; le cas du RAT noir dans l'espace sénégalais), développé en réponse à l'appel à projets ANR-CEPS 2011. Entre 2012 et 2015, Chancira a impliqué trois unités mixtes de recherche (CBGP, Prodig et Sesstim) et un institut de recherche (Institut Pasteur de Dakar), les universités Cheikh Anta Diop de Dakar et Assane Seck de Ziguinchor, et associé les universités Paris Nanterre et de Strasbourg. Ce programme interdisciplinaire a été coconstruit par des biologistes (entomologistes médicaux, mammalogistes, virologues), des géographes et des modélisateurs. Il a cherché à comprendre, au Sénégal, les dynamiques croisées de l'environnement, des flux et des espaces colonisés par le rat noir (*Rattus rattus*), en particulier dans les régions de Tambacounda et de Kédougou (fig. 1), où le rongeur s'est implanté durant le xx<sup>e</sup> siècle.

À la suite de l'initiative *One Health*, qui promeut une approche globale de la santé publique, animale et environnementale à différentes échelles, l'atlas présente les principaux résultats de Chancira, principalement l'existence potentielle de nouveaux espaces épidémiogènes, qui apparaissent avec la propagation du rat noir. La transmission d'agents infectieux à l'homme, responsables de zoonoses fatales, s'explique par le caractère commensal de *Rattus rattus*. Son implantation pérenne dans le territoire sénégalais, en particulier dans l'est du pays, se maintient dans le temps et semble autant liée à la progression du peuplement humain et à la transformation de l'économie qu'aux changements environnementaux.

S'appuyant sur des bases de données spatialisées originales, produites à partir de la compilation de multiples sources (rapports d'expertise, annuaires statistiques, collections biologiques, documents cartographiques, articles scientifiques), l'atlas privilégie trois niveaux d'échelles spatiales et temporelles, auxquelles correspondent les trois temps de la démonstration. Le premier chapitre propose, en parallèle d'un historique de la diffusion du rat noir d'ouest en est, une analyse de la densification du peuplement humain et du développement des échanges économiques et des transports. Ce couplage des informations est synthétisé dans un modèle de simulation de la propagation du rongeur sur le temps long - le xx<sup>e</sup> siècle - et sur l'ensemble du territoire sénégalais (approche nationale et centennale). Le deuxième chapitre change d'échelle et limite l'analyse aux régions de Tambacounda et Kédougou (anciennement regroupées au sein du Sénégal oriental) et à la période des vingt dernières années (approche régionale et décennale). La progression de l'urbanisation se double d'une augmentation des connexions aux réseaux de transport, qui favorisent la propagation régionale du rat noir, en compétition avec d'autres espèces commensales, ce qui augmente le risque d'apparition de zoonoses. Le troisième chapitre précise l'existence potentielle d'espaces partagés entre l'hôte et les humains à l'échelle des villages et des quartiers urbains (approche locale et actuelle). L'atlas conclut sur les déterminants de l'émergence d'anthropozoonoses le long du front de colonisation du rat noir, tout en relativisant le rôle des réseaux de transport dans la diffusion du rongeur.

Les auteurs proposent ici de dépasser une vision déterministe des dynamiques spatiales de *Rattus rattus*, à partir des voies de circulation des hommes et des biens ou des caractéristiques écologiques des milieux. En adoptant une approche systémique, ils montrent de quelle façon les mécanismes de diffusion et/ou de propagation de ces hôtes de maladies illustrent la relation dialectique entre systèmes de transport, usages de l'espace et aménagement du territoire. *In fine*, l'atlas propose une compréhension globale de la production et du fonctionnement des espaces à risques d'exposition aux zoonoses, dont le rat noir est porteur au Sénégal.

P. Handschumacher, J. Lombard, M. Diallo, J.-M. Duplantier

## BASE DE DONNÉES ET STRUCTURATION DE L'INFORMATION

Le fonctionnement du programme Chancira s'est appuyé sur un système de gestion de données spatialisées multi-échelles associant un Système de gestion de base de données (SGBD) et un Système d'information géographique (Sig). Il a été élaboré pour permettre d'une part la thésaurisation de l'information, d'autre part sa mise à disposition, et enfin l'articulation des données collectées à partir des archives et du terrain. Un Schéma conceptuel des données (SCD) a été réalisé initialement afin d'identifier et de construire les items spécifiques à chaque sous-ensemble de la base. La formalisation théorique a permis de développer le système d'information proprement dit, comprenant la réalisation et la validation du SCD défini précédemment, la mise en place des tables de données et du Sig, et le couplage entre SGBD et Sig.

Cette base a été alimentée au cours du projet par les différents partenaires scientifiques, pour chacune des échelles temporelles et spatiales définies. Aux échelles décennale et centennale, l'information a été homogénéisée sur la base d'une grille définie selon une maille élémentaire de 10 km de côté pour l'ensemble du territoire sénégalais. La définition de la maille commune a permis de valider le rôle du commerce fluvial, des routes, des comptoirs commerciaux et des marchés locaux, ainsi que celui des pôles urbains, dans la production de flux et de biens susceptibles de susciter des transports favorables à l'embarquement et au convoyage de rats noirs vers l'est du pays.

Aux échelles régionale et locale, à partir des enquêtes de terrain, une seconde base de données a intégré les coordonnées géographiques de chaque village et hameau et les informations recueillies par concession et par ménage (fig. 1). Elle a permis d'organiser et d'ajuster des données hétérogènes, en tenant compte des spécificités des disciplines impliquées et de leurs contraintes méthodologiques.

*J. Le Fur, P. Handschumacher, S. Piry*

Figure 1 - Exemples de masques de saisie de la base destinés à recueillir les informations

The figure displays two screenshots of data entry forms. The left window, titled "Fref-concessions", is for "Concession" and includes fields for "id. village", "id. concession", "N° concession", "Quartier", "Nom", "Latitude", "Longitude", "Enquêteur", "Date d'enquête", and buttons for "Habitants", "Déplacements", "Equipement", "Animaux", and "Stocks". The right window, titled "concession-periDomestique", is for "ENVIRONNEMENT DE LA CONCESSION" and includes sections for "Bâtiments" (number of buildings, materials), "Espace domestique" (trees, surface, fence), "Espace péri-domestique" (situation, distance, surrounding areas), and "Présence d'ordures" (waste management).

Source : enquête géographique domiciliaire transversale, 2013-2014 (Programme Chancira)



## BIOLOGIE, ÉCOLOGIE ET ÉTHOLOGIE DE *RATTUS RATTUS*: QUELLES CONSÉQUENCES EN SANTÉ PUBLIQUE ?

*Rattus rattus*, communément appelé rat noir, rat des toits ou rat des bateaux, est un rongeur de la famille des Muridés qui regroupe toutes les espèces qui ressemblent à un rat ou une souris. Espèce arboricole originaire des forêts tropicales du sud de la péninsule indienne, le rat noir s'est adapté à l'habitat humain et a peu à peu envahi la quasi-totalité de la planète, à la suite des migrations humaines.

Dans les ouvrages anciens, on trouve mention de trois sous-espèces caractérisées par des couleurs de pelage différentes : *alexandrinus* (fig. 1), *rattus* (fig. 2) et *frugivorus*. Cette distinction n'a pas lieu d'être, ces variations de couleur pouvant s'observer dans une même population, voire dans une même portée.

Figure 1 - Le rat noir, morphe clair (type *alexandrinus*)



© L. Granjon, 2013

Figure 2 - Le rat noir, morphe sombre (type *rattus*)



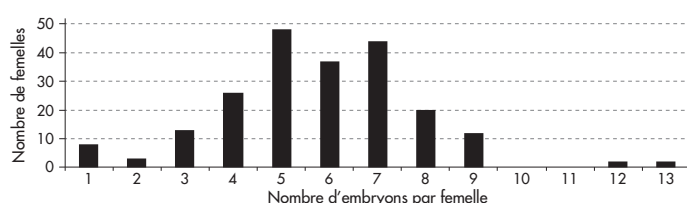
© L. Granjon, 2013

*Rattus rattus* est un rongeur de grande taille, à pelage dorsal allant du marron au noir, s'éclaircissant sur les flancs, à pelage ventral plus clair, parfois jaunâtre, voire même complètement blanc. La queue nue et annelée est nettement plus longue que la longueur de la tête et du corps pris ensemble, le museau est pointu, les oreilles sont relativement longues et décollées. Le rat d'égout, ou rat brun (*Rattus norvegicus*), est plus grand, a un museau plus arrondi, des oreilles plus courtes, un pied plus long et une queue de même longueur que la tête et le corps pris ensemble.

Introduit en Afrique par les Européens, le rat noir est essentiellement commensal, autrement dit on le trouve avant tout dans les villes et villages ; en zone tropicale humide, il est parfois capturé aux alentours des habitats (dans les cultures maraîchères et les vergers). Il est surtout nocturne, mais peut être diurne en cas de fortes densités et en milieu commensal. Habile grimpeur, il niche et se déplace sur les toits en paille des habitations. Son régime alimentaire est principalement granivore, faisant de lui un ravageur majeur des réserves de céréales.

Le rat noir peut se reproduire toute l'année lorsque les ressources sont permanentes. La maturité sexuelle est atteinte à deux mois et demi, la gestation dure trois semaines et une femelle produit en moyenne cinq à sept petits par portée (fig. 3), sevrés au bout de quatre semaines. Théoriquement, ces valeurs permettent à un couple et à sa descendance de produire 240 petits en six mois. Le rat noir peut donc être localement très abondant : par exemple, plus de 200 individus ont été capturés en deux semaines dans un poulailler au Sénégal.

Figure 3 - Données de reproduction sur un échantillon de 215 femelles *Rattus rattus* du Sénégal



- Plus jeune femelle gestante : 45 g
- Plus grand nombre d'embryons : 13
- Nombre moyen d'embryons : 5,8
- Longueur maximale d'un embryon : 40 mm

Source : Base de données Petits Mammifères, Centre de biologie pour la gestion des populations (CBGP), 2016

Sa proximité avec l'homme, tant biologique (c'est un mammifère) que spatiale (il partage l'habitat humain), en fait un réservoir important de maladies transmissibles, soit directement (morsures, urines, fèces, aérosols), soit par l'intermédiaire d'un vecteur, le plus souvent un insecte piqueur (moustique, tique, puce).

La maladie humaine la plus connue associée au rat noir est la peste. Elle est apparue au Sénégal en 1914 et a perduré jusqu'en 1945. Elle a justifié des campagnes de dératisation importantes dans la ville de Dakar ; mais elle était aussi présente dans la région des Niayes et le long de la voie ferrée Dakar-Saint-Louis jusqu'aux années 1930. Le rat noir a aussi été trouvé porteur de *Borrelia crocidurae*, l'agent de la fièvre récurrente à tiques. Des séroprévalences élevées en Hantavirus ont été signalées en Basse-Casamance (23%) et dans la région de Tambacounda (15%). Récemment, des entérobactéries, des bactéries des genres *Bartonella* et *Rickettsia*, potentiellement pathogènes pour l'homme, et *Coxiella burnetii* (agent de la fièvre Q) ont été détectées chez le rat noir. *Rattus rattus* est aussi connu comme réservoir de la leptospirose au Zimbabwe et au Niger et du typhus murin dans divers pays d'Afrique. C'est enfin un réservoir de la schistosomose intestinale humaine ; toutefois il est absent du foyer de cette maladie à Richard-Toll, au nord du Sénégal.

J.-M. Duplantier, L. Granjon

Pour en savoir plus : Meerburg B. G., Singleton G. R., Kijlstra A., 2009. Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*, vol.35, n° 3, p. 221-70.

## CHAPITRE UN

### LA PRÉSENCE DU RAT NOIR DANS LE TERRITOIRE SÉNÉGALAIS. DE L'ÉCOLOGIE À LA MODÉLISATION



Dans les cinq premières planches de l'atlas, qui privilégient la réflexion à l'échelle nationale et sur le temps long (depuis le début du xx<sup>e</sup> siècle), le lien entre rat noir et population humaine au Sénégal est présenté et expliqué.

Arrivé sur les côtes sénégalaises dès le xv<sup>e</sup> siècle, le rat noir prolifère dans les premiers comptoirs de commerce. Puis il profite du lent développement, durant les siècles qui suivent, des trafics fluviaux, ferroviaires puis routiers pour se déplacer vers l'est du pays. Son aire de présence s'élargit avec la progression du peuplement humain d'ouest en est. Concentrée autour du bassin arachidier, dans les vallées des fleuves Sénégal et Casamance (sans oublier la vallée de la Gambie), la population se déploie dans l'ensemble du pays, en particulier dans les régions de Tambacounda et Kédougou en voie de densification. L'occupation de l'espace est amplifiée par le développement spectaculaire des villes, notamment Tambacounda et Kédougou, et de celui des réseaux d'infrastructures et de transport. Depuis la seconde guerre mondiale, les trafics routiers progressent d'année en année et contribuent à intégrer aux dynamiques de l'ouest du Sénégal la partie orientale. L'évolution des paysages en est bouleversée, en raison à la fois de la pression humaine et de la variation interannuelle de la pluviosité.

Croisant sur un siècle (1910-2010) les données géographiques, démographiques, économiques et biologiques, qui ont été collectées dans le cadre du programme Chancira, le processus de simulation mis en œuvre, et présenté dans la cinquième planche de ce chapitre, identifie les déterminants de la dynamique spatiale des rongeurs dans le temps et l'espace, en s'appuyant sur les évolutions chiffrées de la croissance urbaine, du réseau d'infrastructures de transport, des trafics fluviaux, ferroviaires et routiers, ainsi que sur les changements démographiques. C'est sur la base du modèle proposé, construit à l'échelle centennale, que le simulateur est ultérieurement développé pour une application à l'échelle décennale et l'étude des processus régionaux, déterminants pour les conquêtes spatiales du rat noir (chapitre deux).

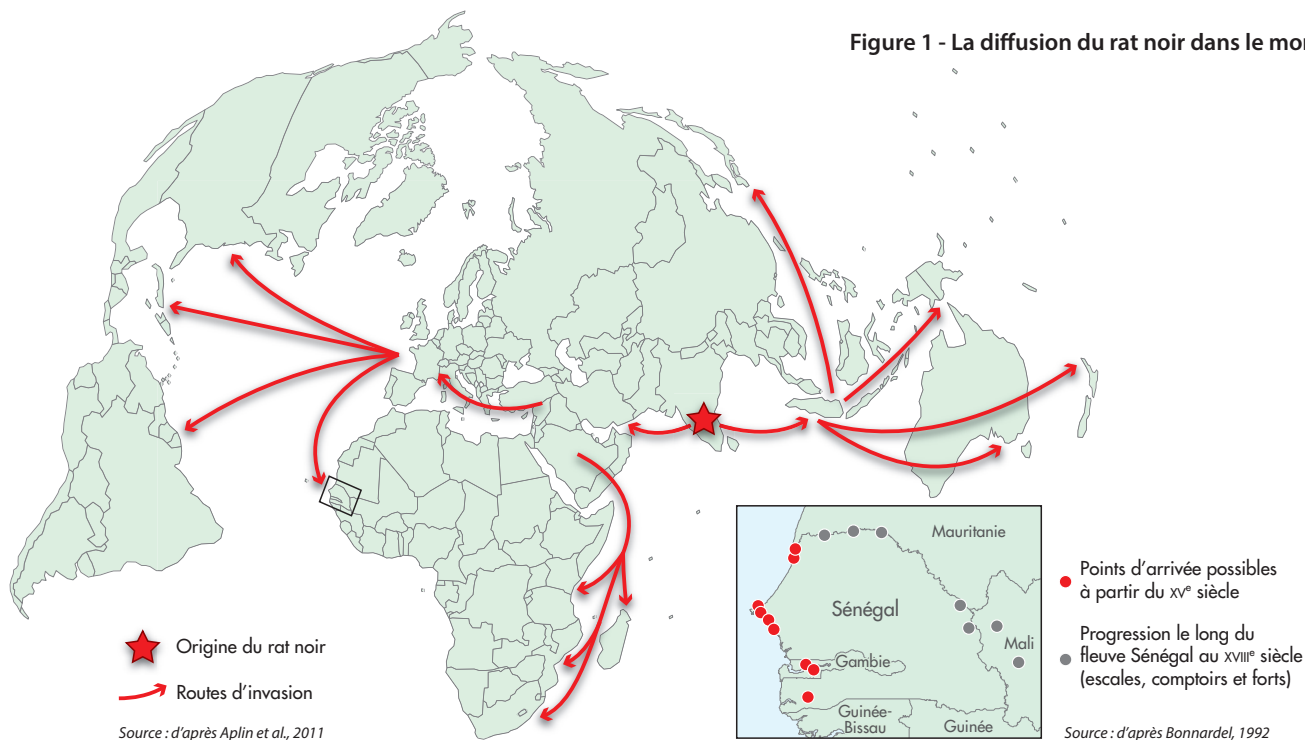
L'analyse des processus de diffusion du rat noir dans le territoire sénégalais confirme le rôle, sur tout le xx<sup>e</sup> siècle, de l'urbanisation, des pôles commerciaux et des marchés vivriers locaux, ainsi que celui des transports ferroviaires et routiers, dans la propagation de *Rattus rattus* vers l'est du pays.

*P. Handschumacher, J. Lombard, M. Diallo, J.-M. Duplantier*

## HISTORIQUE DE LA DIFFUSION DU RAT NOIR AU SÉNÉGAL

Originaire du sud de l'Inde, le rat noir est une espèce invasive, essentiellement commensale de l'homme. Son arrivée sur le continent africain est ancienne et tient au développement des échanges maritimes. Des côtes, il s'est propagé dans l'intérieur, comme on peut l'observer au Sénégal. Progressivement, il a disparu du nord du pays et demeure présent, de façon irrégulière, dans le sud et le sud-est du territoire, faisant face notamment à la présence de la souris.

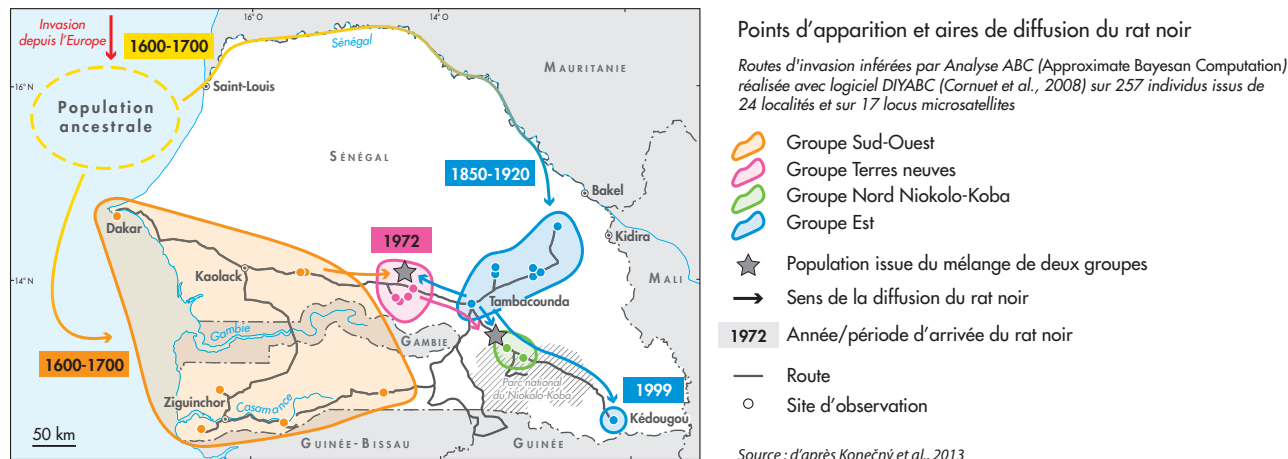
Figure 1 - La diffusion du rat noir dans le monde



De la péninsule arabique, le rat noir a rejoint par voie maritime les ports de la côte est-africaine et Madagascar (fig. 1). Depuis l'Asie mineure, l'invasion du continent européen s'est effectuée à partir du pourtour du littoral méditerranéen; des ports d'Europe, il a colonisé les Amériques et les côtes d'Afrique de l'Ouest. À l'heure actuelle, le rat noir est présent sur tout le continent africain, le dernier pays à être envahi a été le Botswana en 1999. Selon Rosevear (1969), il a probablement été introduit pour la première fois en Afrique de l'Ouest par les explorateurs portugais au XV<sup>e</sup> siècle ou peu après. Mais il n'existe pas, sur cette zone, de données archéozoologiques et les premiers spécimens d'Afrique de l'Ouest conservés dans

des muséums datent seulement de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Malgré tout, cette hypothèse semble vraisemblable pour trois raisons: la grande abondance du rat noir sur les voiliers de cette époque; la multiplication des points d'entrée potentiels dès le XV<sup>e</sup> siècle (entre 1500 et 1700, on comptait 43 forts entre le Banc d'Arguin, dans l'actuelle Mauritanie, et Ouidah, dans l'actuel Bénin; de plus, dans l'actuel Ghana, entre 1482 et 1784 ont été érigés 100 comptoirs sur 300 km de côtes); enfin la concomitance entre l'arrivée des Européens et celle du rat noir, confirmée par les données archéozoologiques et/ou historiques sur l'Amérique du Nord et l'océan Indien.

Figure 2 - L'invasion du Sénégal par le rat noir, selon les données historiques et génétiques à disposition





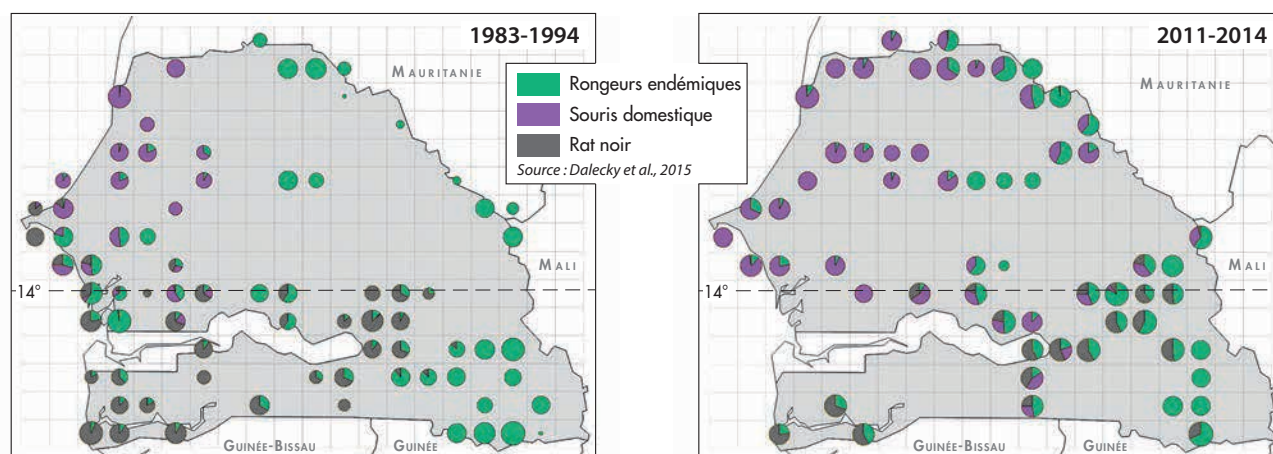
Selon Van Der Laan (1981), en Afrique de l'Ouest, on distingue trois phases de pénétration des firmes commerciales européennes à l'intérieur des terres :

- à partir des voies fluviales durant le XVIII<sup>e</sup> siècle ;
- à partir des voies ferroviaires, au début du XX<sup>e</sup> siècle ;
- le long des axes routiers dès le milieu des années 1920.

C'est ce que l'on observe au Sénégal (fig. 2). À partir de 1750, 10 navires de guerre et 35 à 40 navires marchands de 150 tonneaux remontent le fleuve Sénégal de juin à décembre jusqu'à Bakel : cette traversée est appelée Grande traite. Après 1900, le chemin de fer, construit plus au sud, remplace progressivement la voie fluviale. Après la seconde guerre mondiale, une route au tracé parallèle se substitue au rail. Les analyses génétiques confirment que le rat noir a suivi ces voies d'échanges : ainsi les populations

de rats noirs de l'est du Sénégal (entre Tambacounda et le Mali, en bleu sur la figure 2) appartiennent à un groupe génétique différent de celles de la moitié sud-ouest du Sénégal (en orange sur la figure 2). On peut donc supposer qu'ils sont issus de deux événements de colonisation différents, qui datent de la même époque (il y a environ 400 ans). Le groupe Sud-Ouest, issu des premiers comptoirs côtiers (Gorée, Rufisque, Saly-Portudal, Joal, Albreda, Fort Saint-James, Ziguinchor), se serait répandu dans l'intérieur du pays, le long des fleuves Gambie et Casamance, puis de la voie ferrée et de l'axe routier Sénégal-Mali. Le groupe Est, quant à lui, est probablement issu d'une introduction au nord par le port de Saint-Louis, puis d'une pénétration à l'intérieur des terres par le fleuve Sénégal. Dans les années 1990, le prolongement de la route bitumée, à partir de Tambacounda et en direction du sud-est, a abouti à l'arrivée du rat noir à Kédougou en 1999.

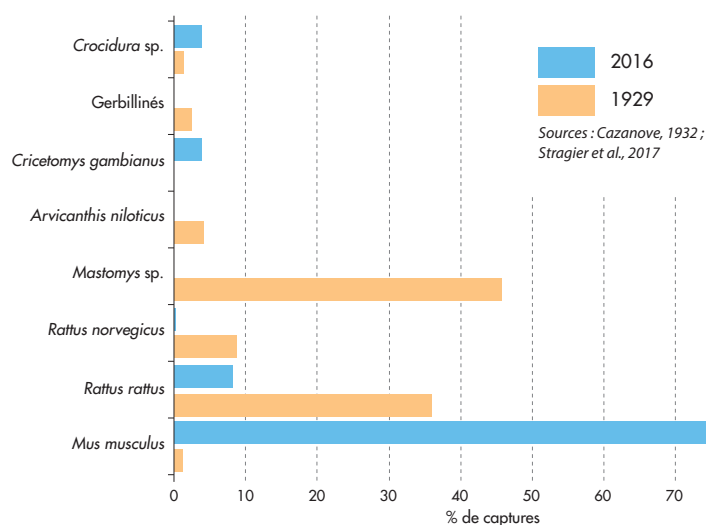
**Figure 3 - Abondance comparée des espèces invasives (rat noir et souris domestique) par rapport aux rongeurs endémiques**



Avant les années 1980, le rat noir a disparu de Saint-Louis et de la vallée du fleuve Sénégal (sa dernière mention date de 1976 à Kaédi, sur la rive mauritanienne). On note aussi son absence de la région de Kédougou. Jusqu'en 2010, il n'est présent que dans la zone des Niayes (près de Dakar) et du delta du Saloum, à l'ouest, et au sud du 14<sup>e</sup> parallèle. À partir de 1998, on assiste à une baisse d'abondance du rat noir, tandis que, le long de l'axe

Kaolack-Tambacounda et dans le Saloum, progresse la souris domestique (autre espèce envahissante). Même si cette tendance est partiellement biaisée du fait d'un changement dans les techniques de piégeage, l'avancée de la souris, mesurée cette fois avec les mêmes protocoles, est confirmée de 2011 à 2014. À la fin des années 1990, le rat noir apparaît à la frontière du Mali (Kidira) et surtout dans la ville de Kédougou (fig. 3).

**Figure 4 - Comparaison des données de piégeage de micromammifères dans la ville de Dakar en 1929 et en 2016**



Aujourd'hui, *Rattus rattus* semble en régression au Sénégal. D'une part, les inventaires effectués récemment (2015), dans les anciens comptoirs (Rufisque, Joal), indiquent qu'il est peu présent et largement dominé par la souris domestique. La comparaison à Dakar entre 1929 et 2016 souligne une diminution du rat noir, désormais repérable en certains points de la ville et en faible abondance (fig. 4). D'autre part, sa progression vers l'extrême sud-est apparaît limitée, exception faite de la ville de Kédougou où il reste cantonné depuis vingt ans, sans devenir dominant et sans se répandre hors de l'espace urbain.

J.-M. Duplantier, L. Granjon, A. Konečný



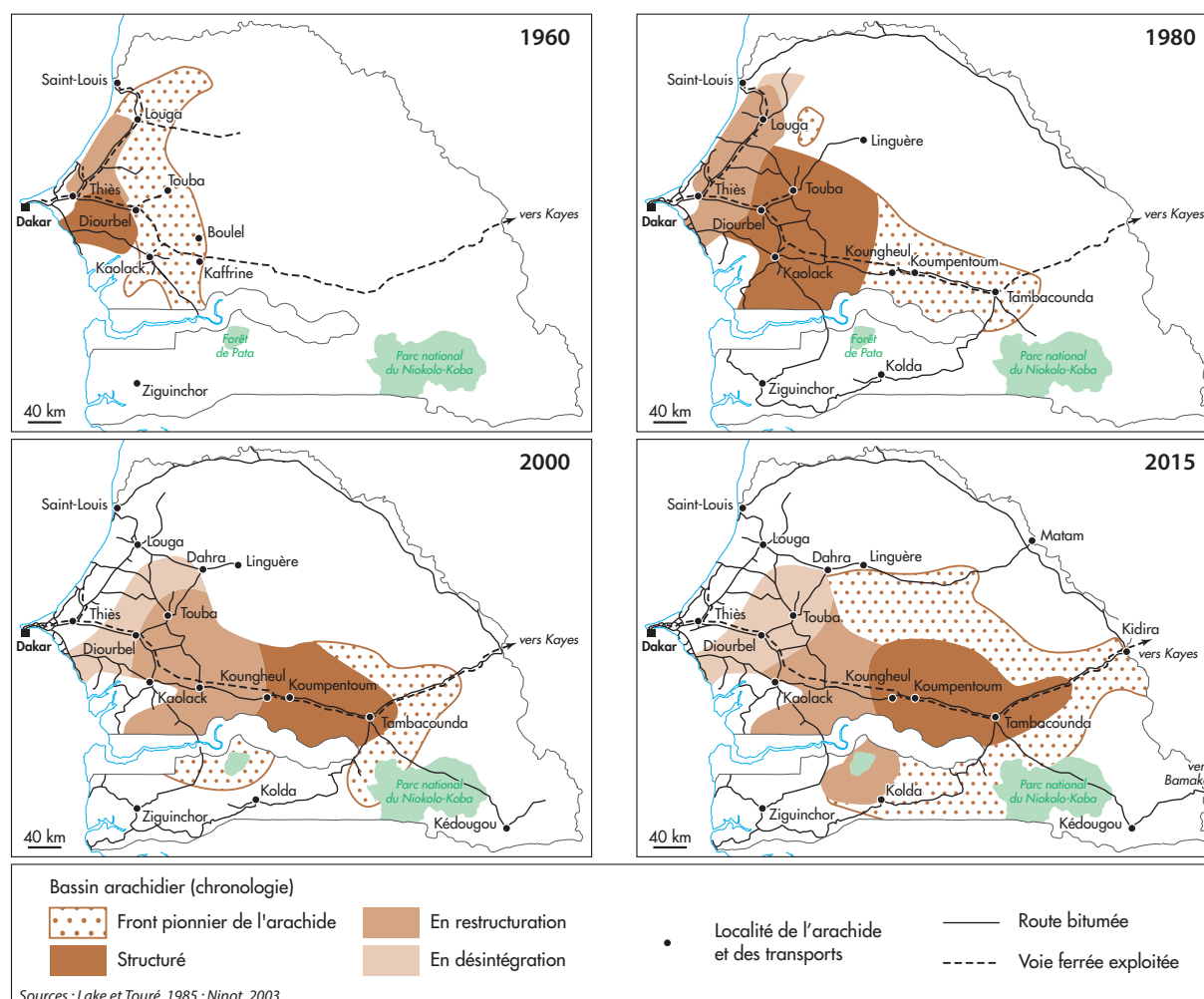
## ÉVOLUTION DU PEUPLEMENT, DES VOIES DE CIRCULATION ET DU RÉSEAU DE VILLES DANS LE BASSIN ARACHIDIER

Les héritages du système économique colonial s'expriment aujourd'hui dans le devenir du territoire sénégalais. En témoignent, d'une part, l'expansion vers l'est du bassin arachidier, d'autre part un processus de déconnexion de la partie ouest du pays et de son économie de l'ancien système de production. Née de nouvelles dynamiques d'adaptation aux contraintes environnementales et à la mondialisation, cette rupture se mesure à l'aune des transformations du peuplement.

Depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, l'emprise spatiale de l'aire de production arachidière est liée au déplacement du front pionnier d'ouest en est. Trois processus l'expliquent :

- la progression du bassin arachidier le long des axes de transport s'opère, dès le début du XX<sup>e</sup> siècle, dans les espaces situés à proximité de la ligne de chemin de fer Thiès-Tambacounda. Après la seconde guerre mondiale, elle se poursuit à partir des axes bitumés, profitant de la généralisation du transport par camion vers les ports et huileries et l'aménagement de pistes rurales (fig. 1) ;
- la politique de colonisation agricole planifiée - plan de développement 1961-1964, Secteur expérimental de modernisation agricole (Sema) à Boulel, Terres neuves de Koumpentoum - aboutit à l'extension des surfaces cultivables ;
- les mouvements spontanés de colonisation s'accroissent. Ils sont portés par les paysans mourides dont les chefs religieux sont surnommés « marabouts de l'arachide » (Copans, 1980). Les colons investissent les espaces interstitiels entre les forêts classées, pénètrent une partie de la réserve sylvo-pastorale du centre du pays, puis franchissent la Gambie vers la Haute-Casamance et la forêt de Pata.

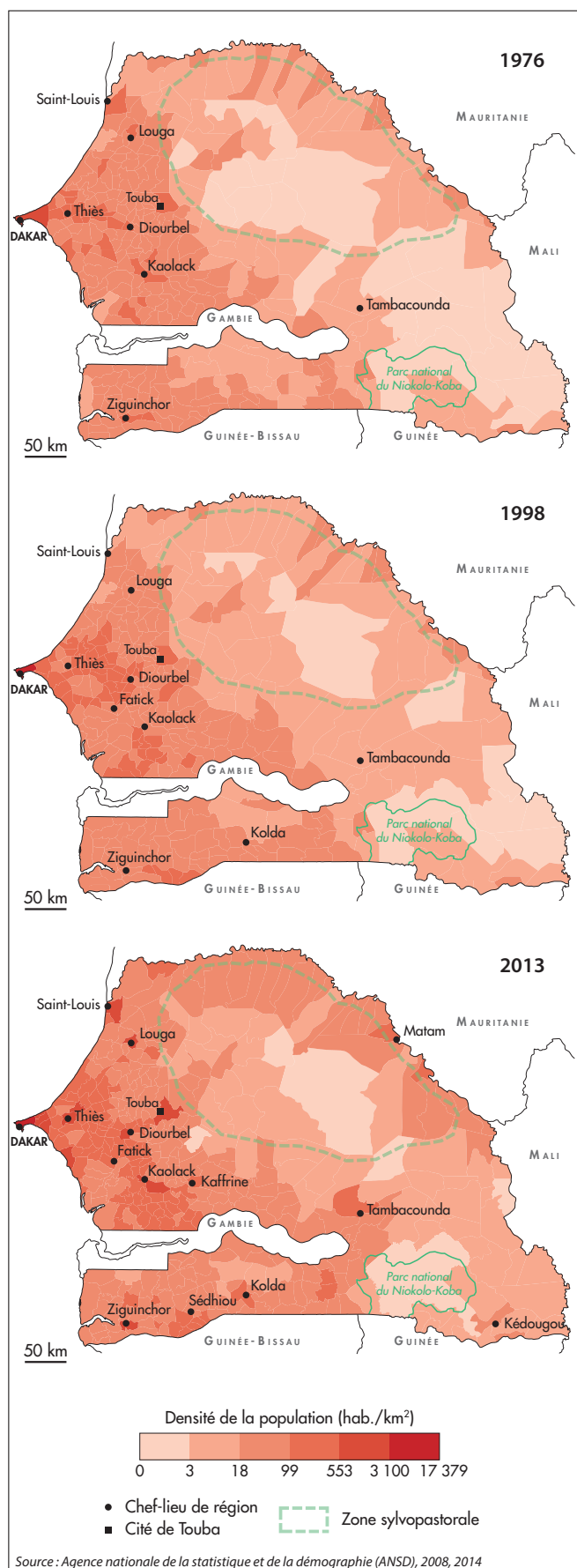
Figure 1 - Évolution concomitante du bassin arachidier et des infrastructures de transport (1960-2015)



Dans les années 1960, la limite septentrionale de la culture de l'arachide se situe près de Saint-Louis. Après 1980, avec l'accentuation des contraintes écologiques, elle se décale progressivement vers le sud, au niveau de la route Louga-Dahra. Initialement adossé au littoral, le bassin arachidier s'en éloigne en 2000 d'une cinquantaine de kilomètres. En 2015, l'aire occupée par le système de production arachidière est centrée sur Tambacounda, à plus

de 400 km à l'est. Les vieux terroirs se restructurent, voire se désintègrent. D'un côté, la baisse de la fertilité des sols pousse les habitants à émigrer; les transferts monétaires font vivre les familles restées dans les villages. De l'autre, on assiste au développement de nouvelles activités (maraîchage, pêche, tourisme et exploitation minière).

**Figure 2 - Densité de la population par communauté rurale (1976, 1998, 2013)**



Durant le xx<sup>e</sup> siècle, la progression du front de colonisation agricole procède de deux mouvements: densification du vieux bassin arachidier (régions de Thiès, Diourbel et Kaolack), en direction de la frontière gambienne; occupation des espaces peu denses à l'exception des réserves naturelles (parc national du Niakola-Koba, zone sylvopastorale).

Les politiques d'aménagement du territoire, postérieures à l'indépendance (1960), favorisent la transformation de l'espace. Dans la vallée du fleuve Sénégal, la population rurale croît avec les aménagements de la Saed (Société d'aménagement et d'exploitation du delta du fleuve Sénégal) et les envois d'argent des émigrés. Dans l'est et le sud-est, les programmes de mise en valeur portés par la Sodefitex (Société de développement et des fibres textiles) ou la Sodagri (Société de développement agricole et industriel du Sénégal), l'extension des pistes de production, le développement des points d'accès à l'eau, dans le cadre de programmes d'hydraulique rurale, aboutissent à la densification du peuplement.

Autour et dans les villes (fig. 2), on assiste à la formation de foyers de fortes densités:

- dans les escales ferroviaires coloniales, des infrastructures sont mises en place pour assurer les services administratifs, socio-éducatifs et d'encadrement rural, donnant naissance à des villes de plus de 10 000 habitants (six en 1955, huit en 1965);
- durant la période charnière des crises écologiques et économiques (1970-1980), marquée par les politiques d'ajustement structurel, le nombre de communes urbaines augmente peu dans le bassin arachidier (20 en 1976, 31 en 1988). Relais des migrations urbaines vers Dakar, elles sont en revanche attractives pour la population environnante;
- puis le réseau urbain s'étend en dehors du bassin arachidier. De 36 villes en 1998, on passe à 62 en 2013, un mouvement favorisé par la mise en œuvre de la décentralisation (vagues de communalisation en 1992, 1996, 2008). La vallée du fleuve Sénégal en profite et le nombre des communes urbaines double;
- l'attractivité de Touba, la cité religieuse des Mourides située à 200 km à l'est de Dakar, se développe par la polarisation des flux de populations de l'ancien bassin arachidier (aujourd'hui désintégré).

**Figure 3 - Stocks d'arachide à l'usine de trituration de Dakar**



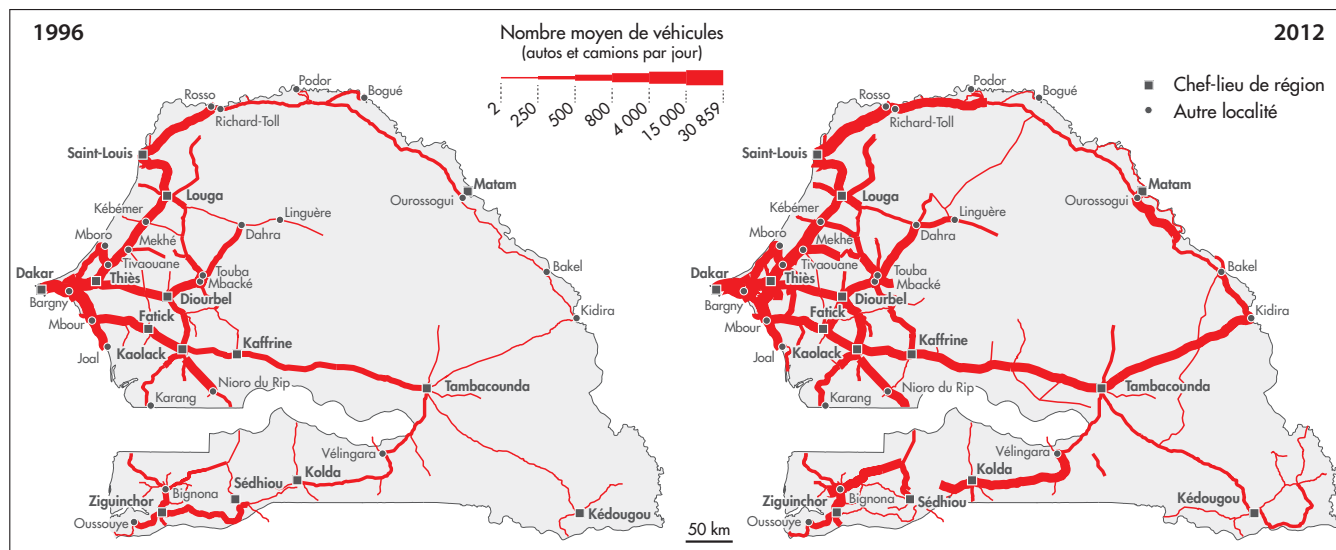
Vectrice de l'intégration du Sénégal au système monde pendant plus d'un siècle, la culture de l'arachide (fig. 3), dont le cœur est aujourd'hui situé dans l'est du territoire national, a laissé la place à de nouveaux moteurs: tourisme et maraîchage sur le littoral, agriculture irriguée dans la vallée du fleuve, exploitation minière et transport régional, sans oublier les transferts d'argent de la diaspora dans les périphéries frontalières et dans les anciennes terres arachidières.

P. Sakho, J. Lombard

## LE RÔLE DES SYSTÈMES DE TRANSPORTS DANS LA PROPAGATION DU RAT NOIR

En progressant vers le nord puis vers l'est du Sénégal durant le xx<sup>e</sup> siècle, le chemin de fer a permis l'exploitation des terres agricoles et la diffusion de la culture de l'arachide. À partir des années 1960, les politiques économiques ont favorisé le développement du transport routier, y compris le long des voies ferrées, ce qui a engendré le recul rapide de l'offre ferroviaire sur le territoire national. C'est dans ce contexte, et avec le développement des échanges, que la propagation du rat noir vers l'est du pays s'est accentuée.

Figure 1 - Nombre moyen de véhicules circulant par jour et par axe en 1996 et en 2012

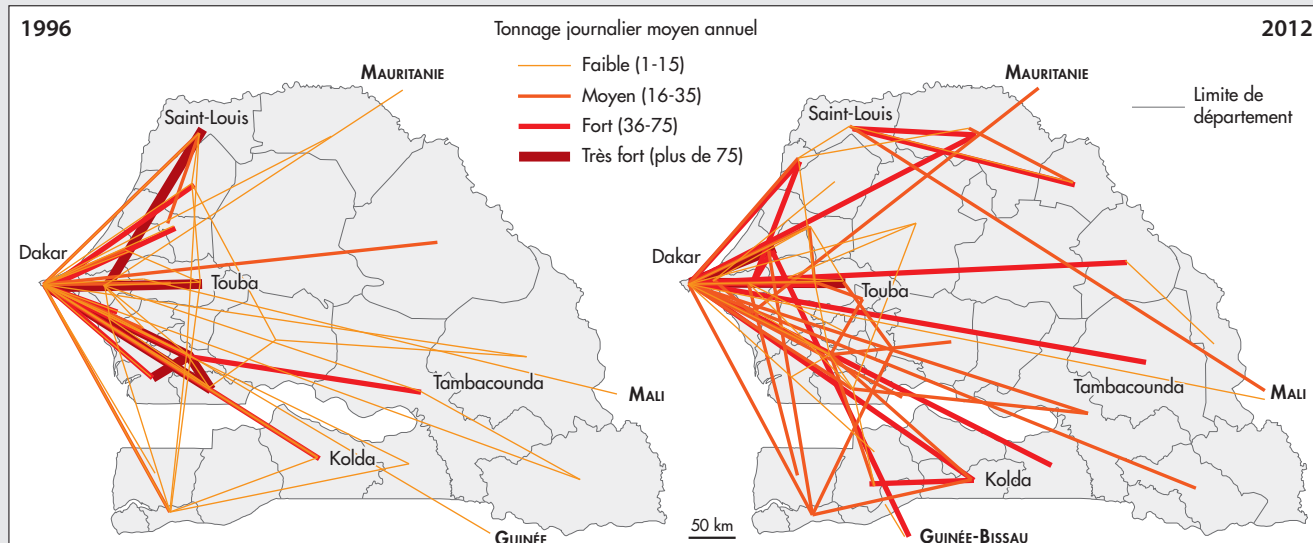


Sources : Ministère de l'Équipement et des Transports terrestres, 1996 ; Ministère des Infrastructures, des Transports terrestres et du Désenclavement, 2013

La croissance des trafics a été forte sur l'ensemble des axes routiers de transport (fig. 1), avec notamment le renforcement des liaisons dans l'est du pays et la progression des échanges avec le Mali. Cette dynamique illustre le processus d'inclusion économique des régions orientales du Sénégal, accentué aujourd'hui par l'exploitation aurifère dans la région de Kédougou. La structure des échanges demeure déséquilibrée : les trafics sont principalement

concentrés dans les régions densément peuplées de l'ouest du Sénégal ; l'asymétrie se maintient entre les flux de « montée » et de « descente », témoin à la fois d'une économie marquée par la commercialisation des produits agricoles vivriers et d'exportation (arachide) et par la distribution, depuis Dakar, des produits de consommation courante importés.

Liens interdépartementaux selon le tonnage de céréales en 1996 et en 2012

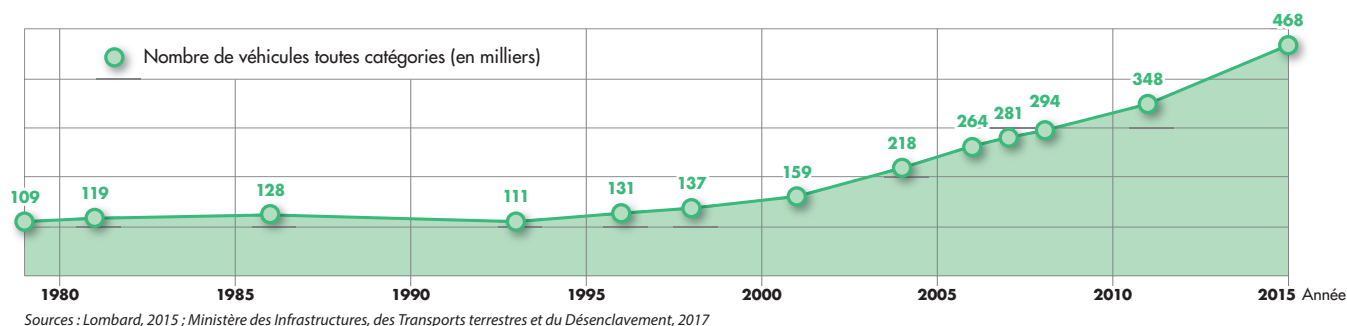


Sources : Ministère de l'Équipement et des Transports terrestres, 1996 ; Ministère des Infrastructures, des Transports terrestres et du Désenclavement, 2013

Entre 1996 et 2012, on observe la permanence de la forme en étoile des liens entre origines et destinations et leur convergence sur Dakar ; le corollaire est la faiblesse chronique des liens entre départements périphériques. Les trafics de 2012 soulignent d'une part l'affirmation de Touba comme centre de consommation et son rôle dans la redistribution à l'échelle du Sénégal ; d'autre part, la complexification progressive de la matrice des flux.



Figure 2 - Évolution du parc de véhicules routiers au Sénégal entre 1979 et 2015



La croissance des trafics s'explique pour différentes raisons. Les transformations démographiques et économiques ont été massives. La croissance de la population nationale, durant les quarante dernières années (5 millions d'habitants en 1976, 15,7 millions en 2018), a engendré l'intensification des flux de marchandises. La progression de l'urbanisation (de 19 à 102 localités de plus de 5000 habitants entre 1965 et 2013) a été favorable à la transformation des modes de consommation : augmentation de la part des produits alimentaires importés (flux de redistribution), doublée de la mise à disposition des produits vivriers locaux sur les marchés urbains. L'accroissement de la consommation des ménages sénégalais est manifeste dans les régions rurales éloignées de la capitale. La structure de l'économie nationale a évolué, voyant diminuer la part de l'arachide et croître la diversité des produits en circulation ; dans le cadre de la libéralisation des marchés, la forme en étoile des liens à partir de Dakar s'est maintenue, mais d'autres sont apparus entre régions et entre villes secondaires, complexifiant le schéma initial (arachide et céréales circulant vers Touba ou la Gambie).

Un second facteur intervient dans la croissance des trafics, à savoir les changements observés dans le système de transport. Le réseau routier concentré dans l'ouest du pays a été complété dans la partie orientale par le goudronnage des axes existants : dans la décennie 1990, les pistes Tambacounda-Kédougou et Tambacounda-Kidira, après 2010 la RN3 entre Linguère et Ourosogui ; au début des années 2000, construction de l'axe

routier Kédougou-frontière malienne, maillon méridional du corridor international Dakar-Bamako. Au cours de la décennie 2010, le réseau de pistes rurales a été étendu, avec le Programme national de développement local (PNDL) et le Programme d'urgence de développement communautaire (PUDC). Le renouvellement du parc de véhicules a en outre accompagné la mise à niveau du réseau (fig. 2) : inégal selon les régions, il s'est traduit par le renforcement des capacités totales de chargement et l'amélioration de l'efficacité des rotations (durée) d'un plus grand nombre de camions en circulation (fig 3 et fig. 4).

Sur le temps long, il est incontestable que le rythme et les axes de progression du rongeur à l'intérieur du Sénégal se calquent sur l'histoire de la construction du réseau d'infrastructures. Les transports de marchandises constituent les principaux vecteurs de sa propagation vers l'est du pays, contribuant à disperser les individus le long des routes empruntées. Bénéficiant de l'augmentation des consommations de tous types dans les campagnes et de l'amélioration des pistes, la circulation croissante de petits camions participe vraisemblablement à la dispersion de propagules en dehors des axes goudronnés.

Aujourd'hui, plusieurs facteurs d'explication du rôle du transport, abordés dans le chapitre trois (voir p. 42-43), demeurent imprécis : les conditions d'embarquement et de débarquement du rongeur, les types de marchandises transportées qui lui sont favorables, les trajets et les itinéraires des camions.

Figure 3 - Camion assemblé au Sénégal en service depuis les années 1970-80



Figure 4 - Camion semi-remorque importé pour le transport de marchandises diverses



O. Ninot, J. Lombard

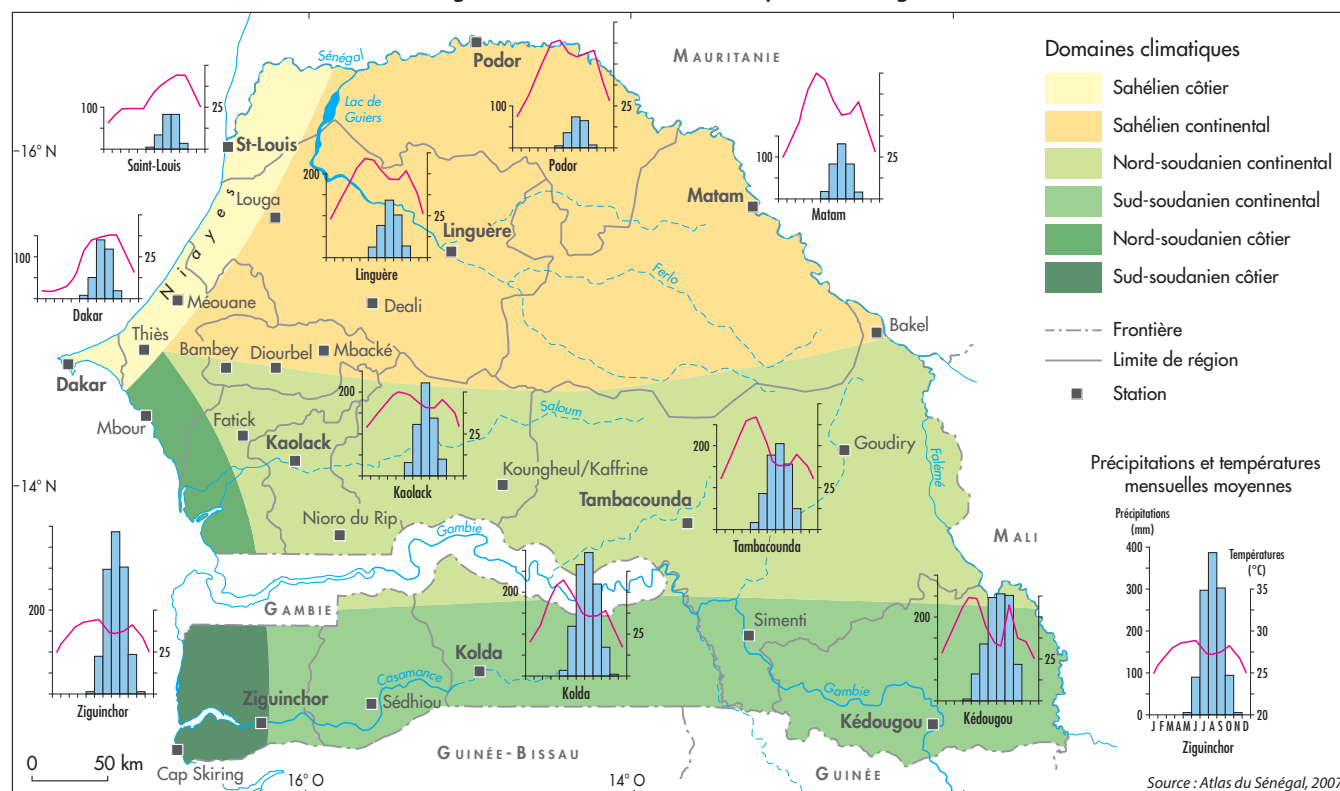
## BIOCLIMATOLOGIE DYNAMIQUE ET ÉVOLUTION DES PAYSAGES

En Afrique de l'Ouest, la caractéristique climatique principale est la variabilité spatiale et temporelle des précipitations. Cette variabilité affecte à différentes échelles aussi bien le régime des pluies que les hauteurs d'eau déversées par la mousson. À l'échelle nationale, le Sénégal n'échappe pas à un tel contexte climatique dont les grands traits résultent conjointement de facteurs géographiques et aérologiques.

Les premiers éléments qu'il convient de prendre en compte sont, d'une part, la latitude qui confère au territoire son caractère tropical et, d'autre part, la position de finistère ouest-africain du Sénégal, qui détermine des conditions climatiques différenciées selon la localisation de la station météorologique (littorale ou continentale). Les facteurs aérologiques s'expriment dans l'alter-

nance des flux de mousson et d'alizé, dont les déplacements sont facilités par la platitude du relief. La variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie qui s'associe à cette dynamique permet de distinguer trois domaines climatiques au Sénégal, selon un gradient sud-nord : les domaines sud-soudanien, nord-soudanien et sahélien et leurs variantes (côtière et continentale) (fig. 1).

Figure 1 - Les domaines climatiques du Sénégal



Le domaine sahélien continental couvre le nord du Ferlo et une partie de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. C'est la zone la plus chaude du pays. Entre les isohyètes 100 et 200 mm s'étend une partie plus ou moins aride qui se déploie jusqu'à un maximum de 500 mm. Les précipitations faibles sont liées à la présence brève de la mousson, durant trois à quatre mois. Ce domaine est caractérisé par l'existence d'une végétation ouverte composée de ligneux

comme les acacias (fig. 2). Du fait des conditions édaphiques et climatiques particulières, les espèces comme *Parinari macrophylla* ou *Elaeis guineensis* peuvent apparaître sur le littoral ou dans les Niayes (fig. 3, fig. 4).

Figure 2 - *Acacia raddiana* ou faux gommier (région de Louga)



Figure 3 - *Parinari macrophylla* ou pommier du Cayor (région de Louga)



Figure 4 - *Elaeis guineensis* ou palmier à huile (région de Thiès)





Le domaine nord-soudanien continental concerne une partie du centre du pays, la haute vallée du fleuve Sénégal et la vallée de la Falémé. Il est balayé pendant sept à huit mois par la mousson et quatre à cinq mois par l'alizé continental (harmattan). Les précipitations, essentiellement dues à la mousson, sont comprises entre 500 et 1000 mm. La végétation est de type savane arborée à boisée ou de forêt sèche (fig. 5).

La description du domaine climatique nord-soudanien continental, établie à partir de la station de Tambacounda, révèle la forte variabilité interannuelle de la pluviométrie entre 1951 et 2016, marquée par une tendance générale à la baisse et l'alternance de périodes humides et de périodes sèches (fig. 6). Les périodes sèches occupent en valeur absolue 37 années sur 66, soit 56 % en valeur relative. Elles couvrent notamment les décennies 1970, 1980 et 1990.

Figure 5 - *Cordyla pinnata* ou poirier du Cayor (région de Tambacounda)



© F. Ngom, 2013

Figure 6 - Évolution interannuelle des indices pluviométriques de Tambacounda de 1951 à 2016

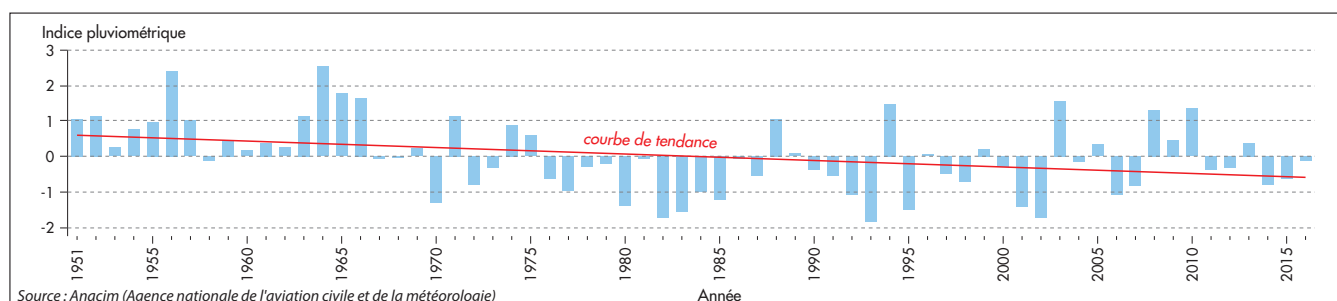


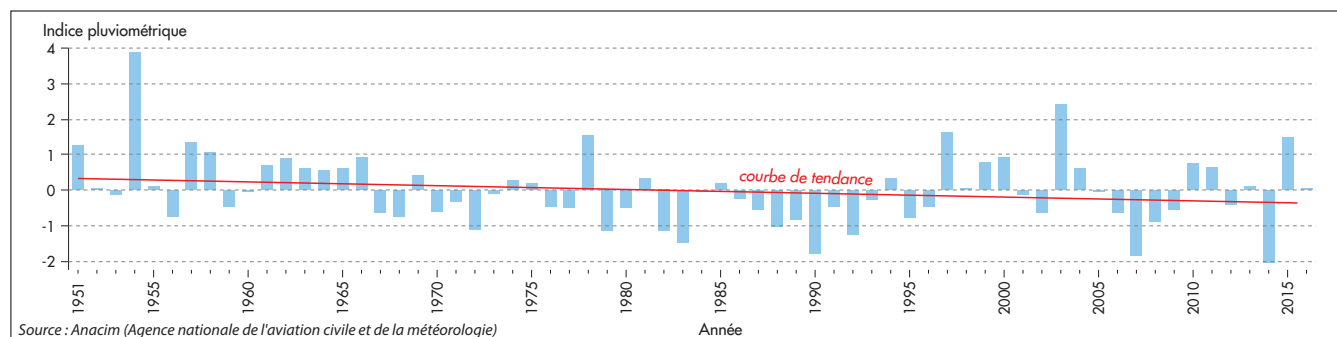
Figure 7 - *Parkia biglobosa* ou néré (région de Sédhiou)



© Y. M. Diedhiou, 2013

Le domaine sud-soudanien continental sénégalais possède une tonalité humide par la présence du flux de mousson durant plus de huit mois et par les précipitations globalement supérieures à 1000 mm. Ce domaine est le premier à être envahi par la mousson et le dernier à être délaissé : il est celui qui dispose de la répartition des précipitations la plus régulière. Il est l'espace de la forêt semi-sèche dense à deux étages (fig. 7). La station de Kédougou qui le caractérise montre des similarités avec celle de Tambacounda. La période de pluviométrie 1951-2016 est marquée par une variabilité manifeste et une tendance à la baisse (fig. 8). Les périodes sèches correspondent à 34 années sur 66 en valeur absolue, soit 52 % en valeur relative. La péjoration climatique concerne surtout les décennies 1970, 1980 et la première moitié des années 1990.

Figure 8 - Évolution interannuelle des indices pluviométriques de Kédougou de 1951 à 2016



1998 est la dernière année sèche précédant la période d'amélioration pluviométrique qui, depuis, a cours au Sénégal. Le retour d'une meilleure pluviosité à partir de 1999, année relativement humide, coïncide avec l'apparition du rat noir dans la ville de Kédougou, où pour la première fois sa présence est relevée.

I. Mbaye, P. C. Sambou

## MODÉLISATION DE LA DIFFUSION DU RAT NOIR AUX ÉCHELLES NATIONALE ET CENTENNALE

Le principe de cette modélisation est la reconstitution d'un environnement récapitulant les connaissances acquises sur les dynamiques d'aménagement du territoire sénégalais, puis d'y situer des populations d'agents (assimilés à de nombreux minirobots individualisés), de type conducteur humain de véhicule et/ou de type rat. Chaque véhicule est doté d'un type parmi les modalités suivantes : train, bateau ou camion. Simple objet, il est conduit par un agent humain apte à délibérer pour le choix d'une destination. Les rongeurs simulés sont dotés d'un cycle de vie qui leur permet de se reproduire lors d'éventuelles rencontres. Lorsqu'un agent rongeur est confronté au même endroit et au même moment à un véhicule, il a une chance (paramétrée) d'y monter et de se faire ainsi transporter.

Dans les trois séries de cartes (fig. 1), la probabilité d'embarquement des rats dans les véhicules rencontrés vaut 1/20 000 ; le pas de temps de simulation, c'est-à-dire d'activité des agents, est quotidien. Lors des simulations, les différentes variables sont modifiées en continu en fonction de la disponibilité de nouvelles données.

### A - L'aménagement du territoire

Données qui ont été intégrées dans le simulateur et leur évolution (Le Fur et al., 2017). Chaque case est un élément actif du simulateur (voie ferrée, fleuve, piste, route, zone de commerce arachidier, ville et sa population).

Selon les données incluses dans le modèle, quatre phases de l'évolution de l'environnement socio-économique sont présentées.

1910 : au début du xx<sup>e</sup> siècle, les pistes terrestres sont peu nombreuses et peu praticables, les trois grands fleuves (Sénégal, Gambie, Casamance) et la première ligne ferroviaire Dakar-Thiès-Saint-Louis-Linguère demeurant les principaux moyens de déplacement.

Aux alentours de 1940, le commerce arachidier est bien implanté au Sénégal et la ligne de chemin de fer entre Thiès et Bamako est opérationnelle.

Dans les années 1980, le commerce de l'arachide s'est intensifié, les routes principales ont été bitumées. Avec une forte augmentation de population, Dakar devient la première ville du Sénégal.

2010 : au début du xxi<sup>e</sup> siècle, le bitumage des routes du Sénégal se poursuit sur sa façade orientale, avec l'axe qui rejoint le Mali depuis Tambacounda et celui qui connecte Kédougou au reste du pays. Quelques villes secondaires telles que Touba-Mbacké, Thiès, Kaolack ou Mbour prennent de l'importance (Atlas du Sénégal, 2007).

### B - Les transporteurs

Déplacement instantané des transporteurs simulés (les tailles des parcs de camions dans les villes sont des *patterns* transitoires), ainsi que le transport éventuel de rongeurs.

Les transports suivent l'évolution de l'aménagement du territoire, et le modèle le simule ainsi : vers les années 1910, le transport par bateau, sur le fleuve Sénégal principalement, reste encore prépondérant ; il s'y ajoute les transports de marchandises par le train.

Autour de 1940, le parc de camions a sensiblement augmenté avec le développement du commerce arachidier, les véhicules restent cantonnés au centre du bassin, certains contournent la Gambie pour établir la jonction avec la Casamance.

Vers les années 1980, le commerce ne se restreint plus à l'arachide et les relations avec le Mali commencent à s'intensifier. La mise en place du bac de Farafenni (sur le fleuve Gambie) modifie la structure du réseau avec de nombreux camions qui coupent à travers la Gambie pour l'établissement des relations commerciales avec Ziguinchor et les bassins arachidières autour de Sédhiou et Kolda.

Dans les années 2010, le parc de camions a significativement augmenté ainsi que les populations humaines, conduisant à une intensification et une diversification des flux commerciaux vers le Mali notamment. Ceci engendre une augmentation importante des probabilités d'embarquement de rats noirs, qui se dispersent beaucoup plus.

### C - Les rongeurs

Distribution et densité des rats simulés dans les diverses villes : les images sont le résultat de la présence de transports et du développement biologique des populations de rats noirs. Un cercle vert dénote une population installée de rats noirs.

Les conséquences de cet environnement changeant se répercutent sur la diffusion et l'implantation de populations de rats noirs dans le pays.

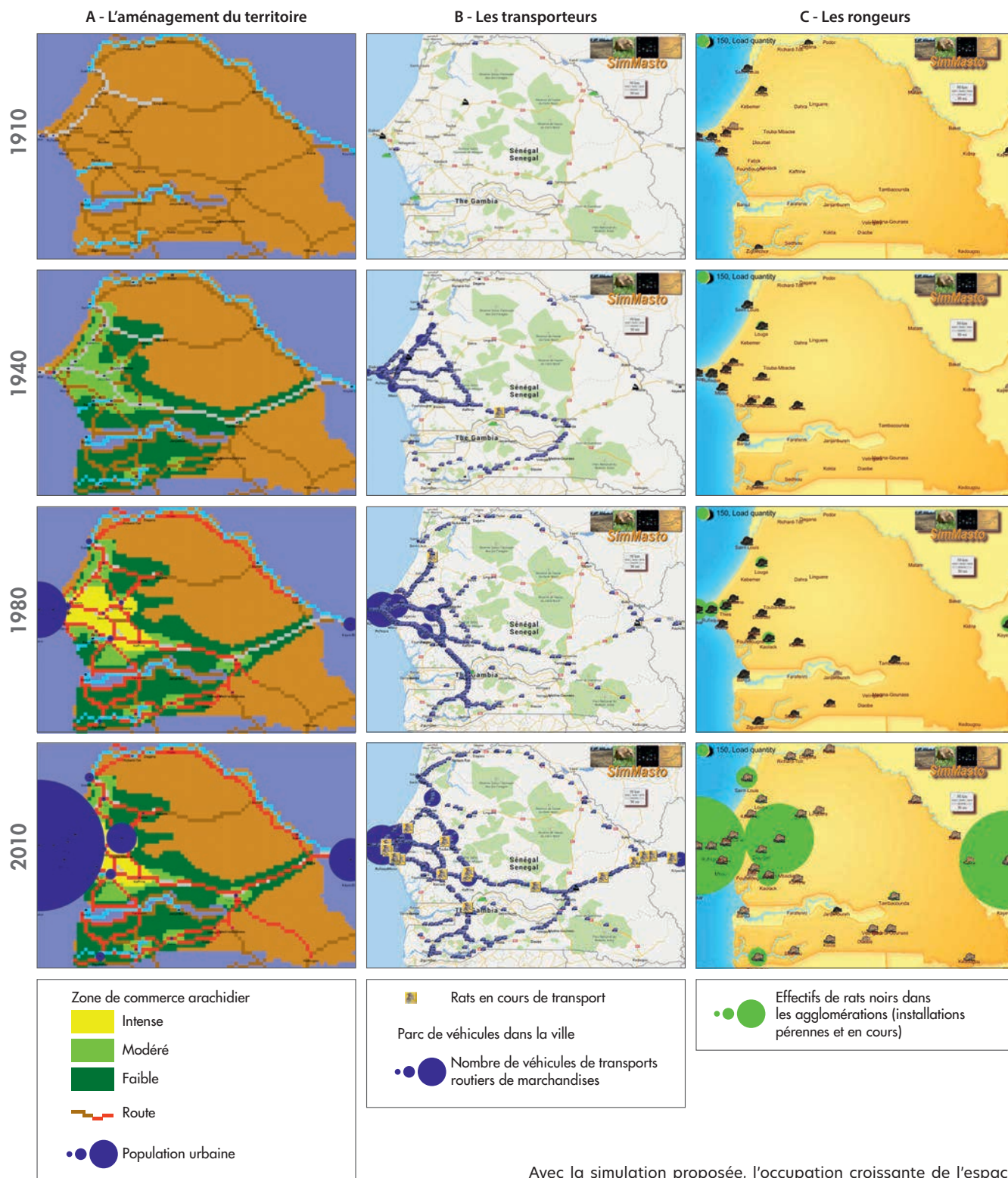
En 1910, quelques rats se retrouvent transportés par la voie ferrée ou la voie fluviale ; les effectifs déplacés s'avèrent insuffisants pour l'implantation de populations pérennes dans les divers sites.

La situation reste la même jusqu'aux années 1940, époque à partir de laquelle les destinations potentielles des rongeurs sont démultipliées avec l'apparition du transport par voie routière : cela reste encore insuffisant pour permettre l'implantation massive de populations.

Dans les années 1980, la croissance du peuplement humain conduit à l'installation pérenne de populations de rats à Dakar, ainsi que dans les principales villes carrefours du commerce, telles que Rufisque, Thiès, Kaolack ou Louga.

Enfin, vers 2010, la desserte continue des principales villes ainsi que l'augmentation de leur population humaine voient l'installation de colonies significatives de rats noirs dans les capitales régionales, ainsi qu'un début de peuplement, encore non consolidé, dans les nouvelles villes desservies, telles que Kédougou.

Figure 1 - Simulation de l'évolution (1910-2010)



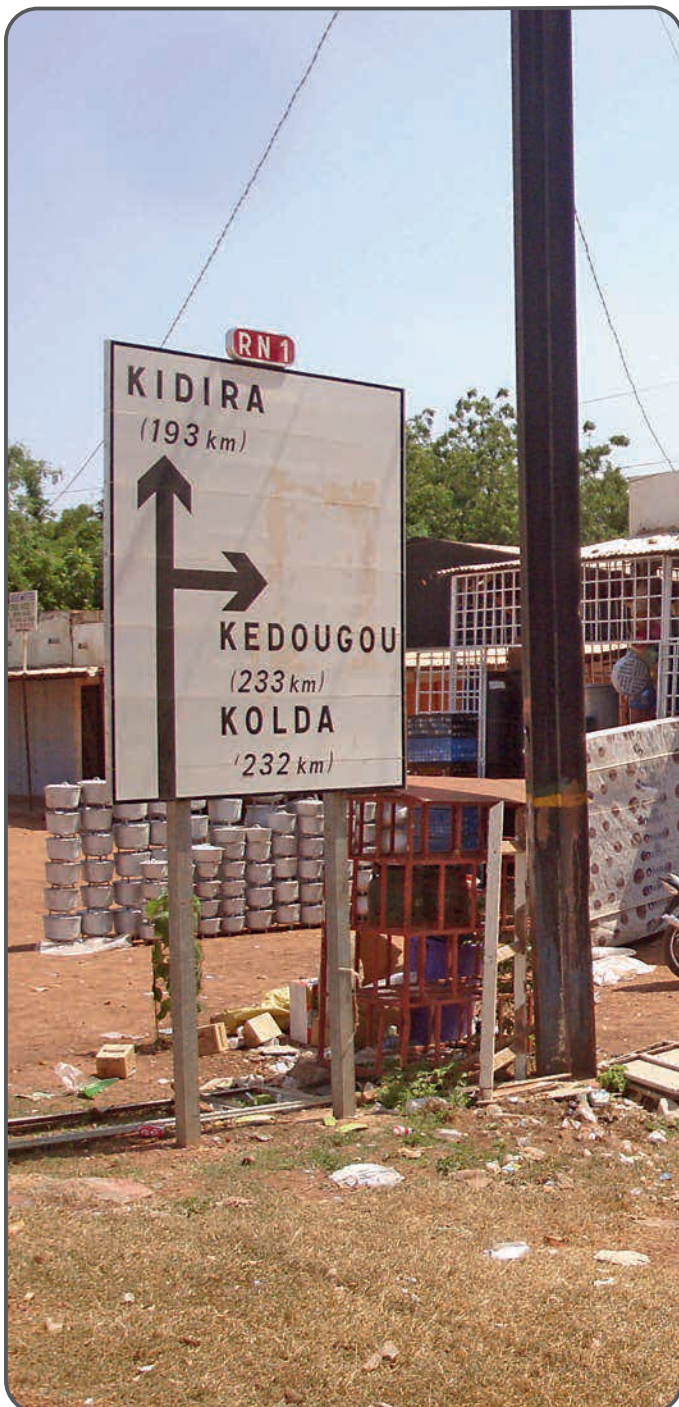
Source : résultats tirés du simulateur SimMasto

Avec la simulation proposée, l'occupation croissante de l'espace par les humains apparaît comme un facteur décisif de la propagation du rat noir. Le territoire sénégalais constitue un cas d'école : d'ouest en est et sur le siècle écoulé, le développement des villes, la construction du réseau routier et la progression du trafic de camions sont à la base de la diffusion du rat noir.



## CHAPITRE DEUX

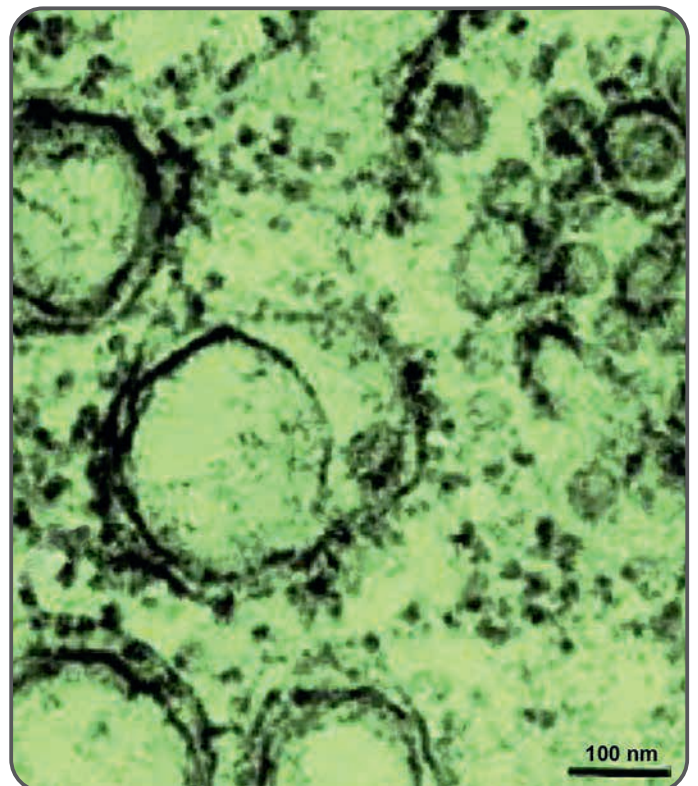
### DU RAT NOIR AUX VIRUS DU SÉNÉGAL ORIENTAL



TAMBACOUNDA, VILLE MARCHANDE ET FOYER DE PROPAGATION DU RAT NOIR  
VERS KÉDOUGOU - © O. NINOT, 2014



*Aedes aegypti*, MOUSTIQUE VECTEUR DE LA FIÈVRE JAUNE ET DE LA DENGUE  
© IRD/M. DUKHAN, 2006



ULTRASTRUCTURE DU NOUVEAU VIRUS DIANKE PAR MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE  
© IPD, 2019

Les sept planches à venir abordent la question de la diffusion du rat noir et de la distribution des virus associés à *Rattus rattus* selon une double dimension : régionale, à l'échelle des régions de Tambacounda et Kédougou (toutes deux constituant l'ancien Sénégal oriental), et décennale, à l'échelle des deux dernières décennies. L'adoption d'un cheminement identique à celui du chapitre précédent – partir de l'aménagement du territoire et des transports pour arriver à la diffusion des rongeurs et des virus – aboutit à mettre en avant l'importance de l'urbanisation et du désenclavement des campagnes dans l'apparition du rat noir dans les régions concernées.

L'analyse des trafics routiers souligne le rôle dans les circulations de la ville de Tambacounda et des pôles secondaires dotés d'une aire de chalandise locale. L'analyse de la distribution des populations de rat noir, quant à elle, indique que la présence de *Rattus rattus* n'est pas seulement fonction de la hiérarchie des villes et de leur degré de connectivité. Confronté aux caractéristiques de l'environnement (soudano-sahélien, cotonnier et arachidier au nord de la région étudiée, guinéen et forestier au sud), le rat noir tire parti de manière diverse des supports offerts par les flux de personnes et de biens pour coloniser de nouveaux territoires. Au gré des modifications paysagères, de la construction de nouvelles routes ou de l'apparition de zones aurifères, *Rattus rattus* s'installe dans la région de Kédougou, sans pour autant parvenir à s'extraire de la ville du même nom, dans un environnement pourtant plus favorable que celui de la zone nord du Boundou (au sud de Kidira), où il est parfois le seul rongeur capturé. Ces apparentes contradictions illustrent le besoin de développer plus avant l'analyse systémique des flux et des connexions qui sont à l'œuvre dans les différents contextes sociaux et biogéographiques des régions concernées, afin de comprendre les succès et les échecs des dynamiques d'invasion biologique du rat noir, confronté à la concurrence d'autres espèces commensales, telles que *Mus musculus*, *Crocidura oliveri* ou encore *Mastomys natalensis*.

Pour préciser l'aire de distribution actuelle de *Rattus rattus*, différents travaux de terrain ont eu lieu dans des villages situés de part et d'autre des axes routiers Tambacounda-Kidira (à la frontière malienne) et Tambacounda-Kédougou (à la frontière guinéenne). L'échantillonnage a été réalisé de façon aléatoire, puis des enquêtes de divers types ont été effectuées (rodentologiques, entomologiques, virologiques et géographiques). Les investigations géographiques caractérisant les communautés villageoises ainsi que les captures de rongeurs, destinées à rechercher la présence du rat noir, ont porté sur l'ensemble de l'échantillon. Des enquêtes complémentaires ont prospecté un sous-échantillon représentatif de la zone d'étude, qui privilégie l'échelle des ménages et des individus. Elles ont permis d'affiner l'information sur les modes de vie, d'habitat et d'habiter, ainsi que sur les pratiques sociales de l'espace et sur les savoirs des habitants en matière de présence ou d'absence de rongeurs (confrontés aux données scientifiques). De leur côté, les équipes d'entomologie médicale et de virologie ont travaillé à l'échelle d'un sous-échantillon de villages en partie identique au premier, afin de repérer la présence de vecteurs (moustiques, phlébotomes, cératopogonides), indispensables à la transmission de virus circulant parmi les populations humaines et de rongeurs capturés, notamment *Rattus rattus*. Selon l'équipe de l'Institut Pasteur de Dakar, dont les conclusions sont rapportées dans cet atlas, l'hypothèse d'une relation entre le rat noir et la transmission à l'homme des virus West Nile et Zika reste à vérifier. De même, si les rongeurs et insectivores commensaux observés dans les régions de Tambacounda et Kédougou ne semblent pas constituer les réservoirs principaux de certaines bactéries potentiellement pathogènes pour l'homme (des genres *Borrelia* et *Bartonella*), ces espèces invasives n'en sont pas moins des hôtes à surveiller.

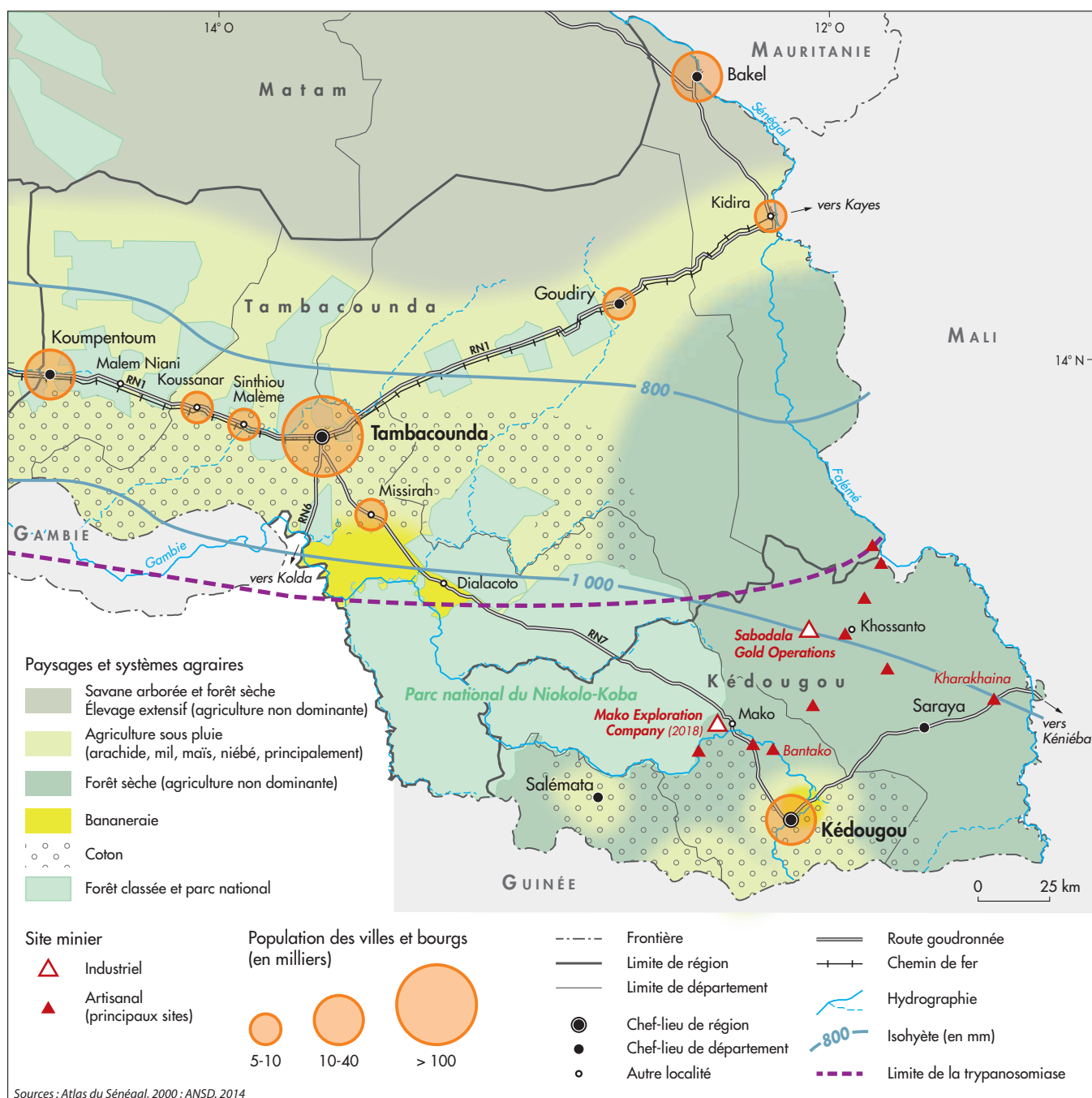
## URBANISATION ET DÉSENCLAVEMENT DANS LE SUD-EST DU SÉNÉGAL

Représentant près d'un tiers du territoire national, et région administrative d'un seul tenant jusqu'en 2008, le Sénégal oriental est un ensemble hétérogène tant sur le plan démographique qu'économique et biogéographique. Longtemps marquée par l'éloignement et l'enclavement, cette région, autrefois appelée « Sénégal oublié » par ses habitants, est depuis le début des années 2000 connectée et intégrée à l'ouest du pays par les deux axes routiers qui la traversent.

Le Sénégal oriental est présenté comme une région en devenir, en raison de la richesse de son sous-sol, de son potentiel touristique et surtout de son économie agricole. Les paysages et les systèmes agraires présentent deux gradients (fig. 1). Le nord est une zone de savanes arborées à l'ouest, se dégradant en steppes arbustives vers l'est, où le développement de l'agriculture se heurte à la faiblesse des précipitations. Entre Koumpentoum et Missirah, se trouvent le cœur agricole de la région (principalement

arachide, mil, maïs, niébé) et celui de l'économie de prélèvement (bois, charbon, gomme). À l'est, de Kidira à Khossanto, les terroirs villageois dispersés s'étirent entre les forêts claires, dans les bas-fonds et le long du cours de la Falémé. Au sud, les paysages forestiers se densifient jusqu'aux rebords montagneux de la frontière sénégal-guinéenne. Les précipitations autorisent une agriculture diversifiée (coton, riz, légumes, fruits), déstabilisée depuis la fin des années 2000 par le boom de l'orpaillage artisanal.

Figure 1 - Le Sénégal oriental entre diversification économique et désenclavement





La ruée vers l'or s'est traduite par des changements démographiques considérables dans les sites d'extraction, qui ont accueilli des travailleurs de l'ensemble du Sénégal et des pays de la sous-région (Mali, Guinée, Burkina Faso). Le village de Kharakhaina, au nord-est de Saraya, a vu sa population passer d'une centaine de personnes à près de 14 000 en 2013 (fig. 2). Le boom aurifère a également accéléré la transformation de la ville de Kédougou, débutée avec la décentralisation : investissements dans l'immobilier (et hausse des prix), développement du commerce et des services. Avec environ 35 000 habitants, Kédougou demeure une petite ville en comparaison de ses voisines, Tambacounda, Kayes (Mali) et Labé (Guinée), qui approchent ou dépassent les 130 000 habitants. Le Sénégal oriental est caractérisé par un faible peuplement (15 hab./km<sup>2</sup> dans la région de Tambacounda et 10 pour celle de Kédougou) et un niveau d'urbanisation modeste, héritages de sa position périphérique dans les organisations politiques du xx<sup>e</sup> siècle et de son éloignement des foyers démographiques et économiques du littoral atlantique.

Figure 2 - Campement d'orpailleurs dans le village de Kharakhaina



Le Sénégal oriental est longtemps resté enclavé et sous-équipé en infrastructures. Le réseau de routes revêtues venant de l'ouest s'interrompait à Tambacounda. Les axes goudronnés, reliant Saraya à Kédougou (1987), Tambacounda à Kédougou (1996) et Tambacounda à Kidira (1999), sont venus s'ajouter aux 63 km existant entre Tambacounda et Dialacoto (1976). En 2014, le parachèvement de la liaison bitumée entre Kédougou et la ville de Keniéba au Mali a ouvert un nouvel axe de transport international. Le réseau de pistes rurales s'est développé dans le cadre de programmes nationaux de renforcement des équipements des campagnes et de projets propres aux compagnies cotonnières et aurifères (pistes de production). La préfecture de Salémata, éloignée de 80 km de Kédougou, fut longtemps reliée à la capitale régionale par une piste en mauvais état interdisant l'accès aux camions et imposant des trajets de cinq à sept heures aux véhicules de transport en commun. Ce n'est qu'au cours de la décennie 2010 que la réhabilitation de cet axe a permis la pleine intégration de cette partie du territoire à l'économie régionale.

Le désenclavement est le déclencheur de dynamiques d'insertion du Sénégal oriental dans le territoire national et en Afrique de l'Ouest. Les flux de transit en direction ou en provenance du Mali, dont la croissance a profité de la marginalisation progressive du chemin de fer, ont fait naître une économie d'escale le long des routes nationales 1 et 7 (fig. 3), dans les localités de Koumpentoum, Koussanar, Tambacounda, Kidira et plus récemment Mako et Kédougou.

Figure 3 - Vente de bois le long de la route nationale 1 à Malem Niani



Le boom de l'orpaillage artisanal a inscrit la région dans les réseaux d'échanges ouest-africains, tandis que l'implantation d'une mine de taille industrielle par un consortium international (*Sabodala Gold Operations*) a relancé l'hypothèse d'une exploitation du marbre et du fer dans la région de Kédougou. Dans le domaine agricole, le développement de la culture de la banane le long du fleuve Gambie, au sud de Tambacounda (à partir des années 1990), puis à l'est de Kédougou (à partir des années 2000), de même que la consolidation de la filière riz (soutenue par un programme national) ou la progression de la vente de fruits, légumes et produits de cueillette doivent beaucoup à l'amélioration des infrastructures routières. Partout, l'extension des surfaces cultivées, l'augmentation des productions, ainsi que la croissance de la consommation des ménages ruraux et urbains engendrent des flux croissants de marchandises, tant sur les grands axes qu'entre villes et campagnes où les marchés ruraux ont un rôle essentiel de redistribution. L'essor du tourisme reste en revanche incertain, les principaux sites d'attraction, que constituent le parc national du Niokolo-Koba, les réserves de chasse et la zone peuplée par les populations Bassari, restant difficiles d'accès depuis Dakar.

Le désenclavement et le dynamisme économique portés par le corridor international et l'orpaillage exercent de nouvelles pressions sur l'environnement (augmentation importante des trafics routiers dans le parc, défrichages et pollution des eaux autour des sites miniers), qui constituent de réelles menaces pour la biodiversité et les fragiles équilibres écologiques (fig. 4).

Figure 4 - Intense trafic routier sur la route nationale 7 traversant le parc national du Niokolo-Koba



O. Ninot



## RÔLE DES CONNEXIONS ET DES ÉCHANGES DANS LA GÉOGRAPHIE RÉGIONALE

Les villages échantillonnés par le programme Chancira présentent des caractéristiques socio-économiques différenciées. À partir des activités économiques et de leur proximité avec le réseau routier et de transport est dressée une typologie des disparités sociospatiales. Celles-ci apparaissent comme le résultat de l'histoire et des dynamiques contemporaines à l'œuvre au Sénégal oriental.

Le Sud-Est sénégalais demeure une région essentiellement agricole. Les localités se distinguent les unes des autres selon le poids des activités agricoles et commerciales, l'importance de l'exploitation minière, et le degré de diversification de l'économie (fig. 1). Dans la majorité des villages, l'agriculture est complétée, dans des proportions variables, par d'autres sources d'emplois : commerce, artisanat, maraîchage (de saison sèche), pêche, exploitation forestière. Trois localités se distinguent par leur vocation commerciale (Kidira, Goudiry et Vélingara). Situées sur les routes goudronnées, ces anciennes escales coloniales sont aujourd'hui des communes de plein exercice et des chefs-lieux départementaux. Le long de la route menant au Mali, elles bénéficient de l'augmentation du trafic de transit et deviennent des places d'échanges. Dans l'extrême sud-est, le regain de l'exploitation minière à partir des années 2000 s'accompagne d'un changement profond de l'activité, les habitants se consacrant à l'orpaillage et au commerce au détriment de l'agriculture (Sabodala, Bantako : fig. 2).

Le développement du commerce (nombre de boutiques, présence de grossistes, type de marché) et les modes de stockage des vivres (banque céréalière, magasin de distribution d'intrants et de semences agricoles) constituent un autre critère de différenciation des bourgs. Ces caractéristiques illustrent le plus ou moins grand degré d'intégration des villages aux réseaux marchands. Les localités commerçantes structurent l'organisation des échanges et des filières agricoles. Situées à proximité des routes nationales bitumées, elles abritent les marchés hebdomadaires ou permanents et constituent les pôles des zones agricoles. En revanche, les localités qui sont éloignées des lieux d'échanges apparaissent moins intégrées aux réseaux commerciaux et agricoles. Parmi elles, les villages les plus en marge conservent un fonctionnement économique d'autosubsistance avec des stratégies communautaires d'exploitation et de gestion des stocks vivriers.

Figure 1 - Activités économiques des villages échantillonnés

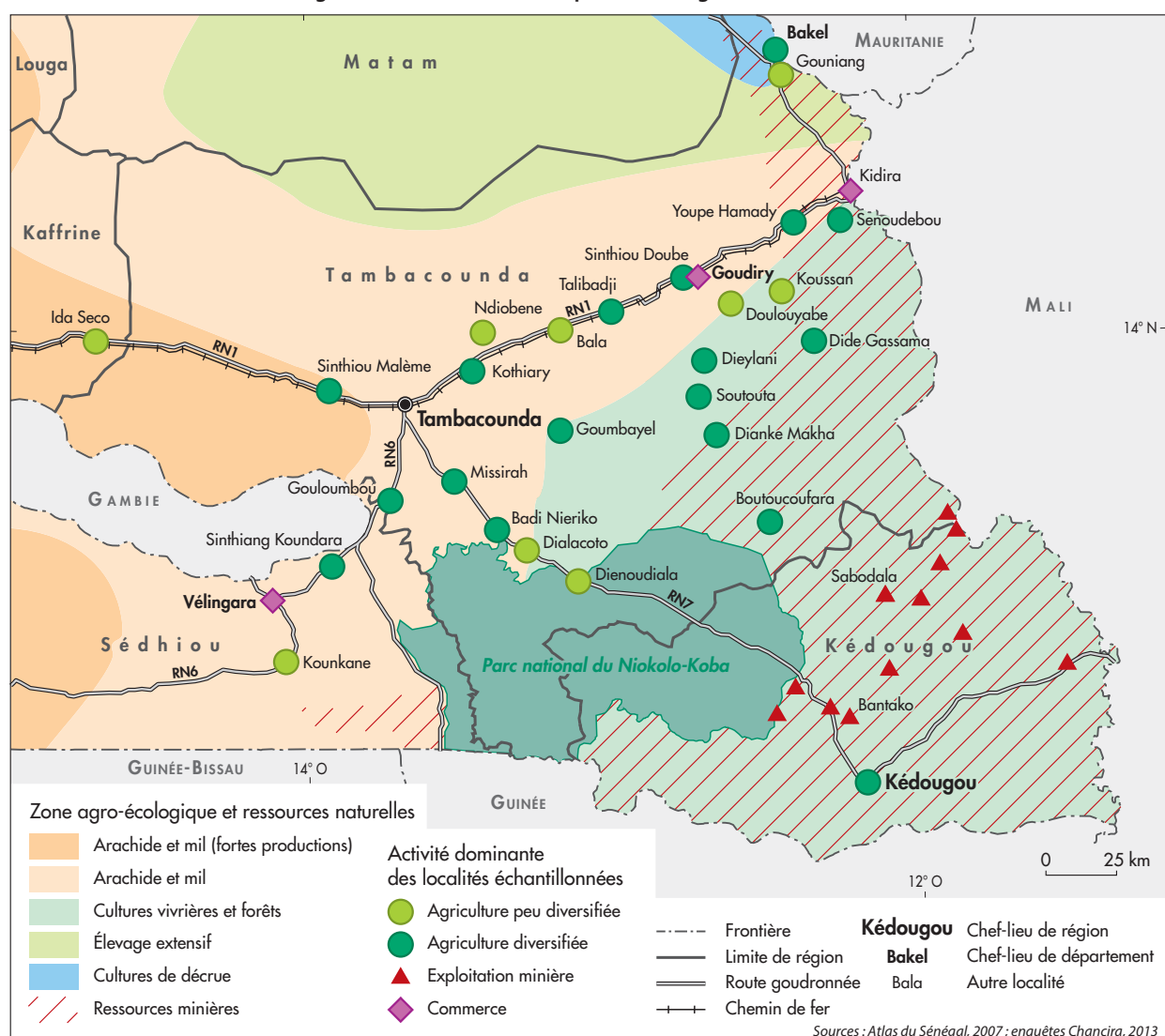


Figure 2 - Étals du marché de Bantako



© P. Handschumacher, 2013

Figure 4 - Piste inondée menant au village de Ndiobene



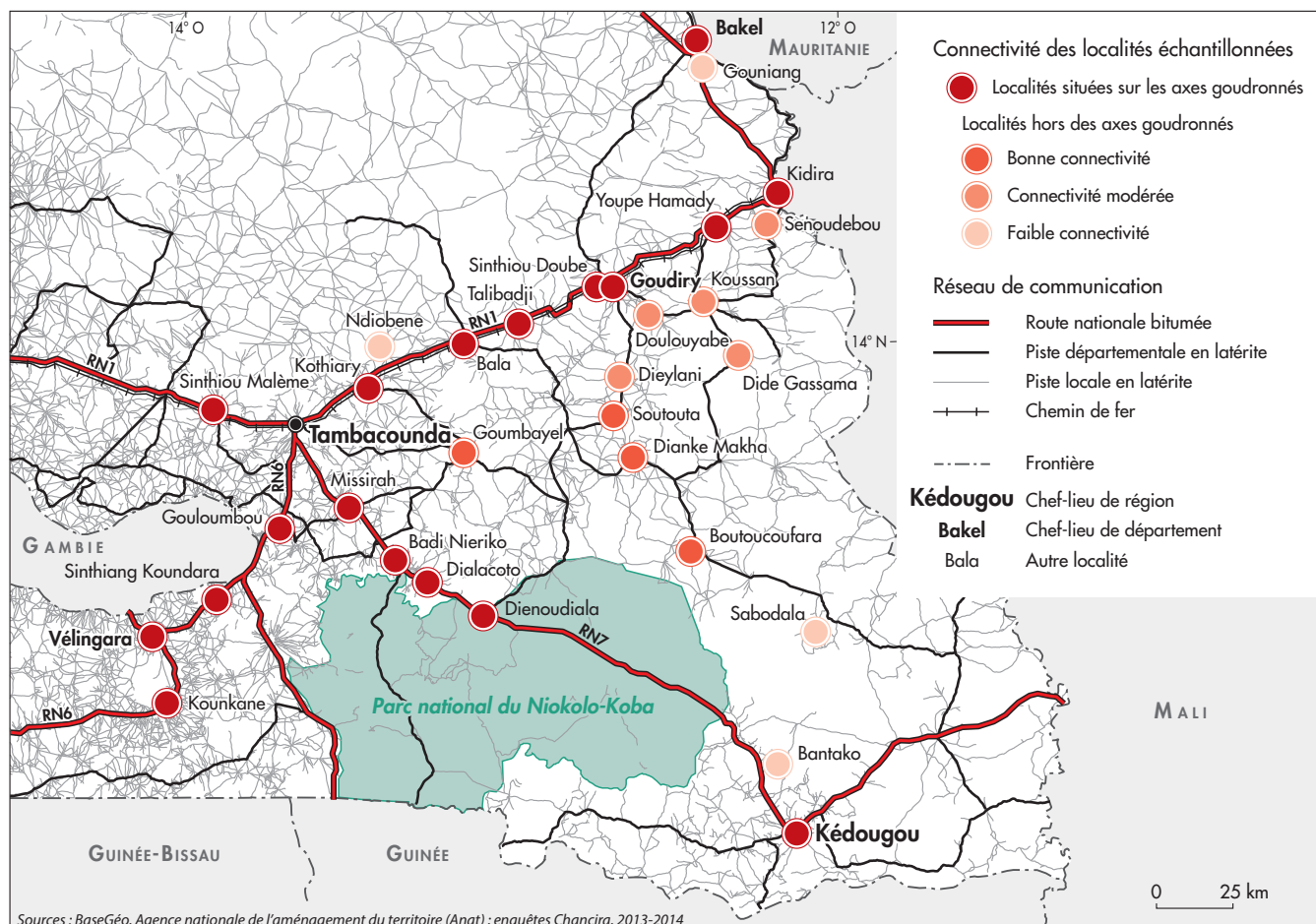
© P. Handschumacher, 2013

Les villages sont inégalement connectés aux réseaux routier et de transport. L'existence de lignes de transport en commun, les fréquences de desserte, ainsi que l'orientation des flux modulent le degré de connectivité spatiale des villages (fig. 3). Les capitales régionales, Tambacounda et Kédougou, représentent des carrefours routiers et de transport, eux-mêmes relayés par les localités urbaines et les bourgs ruraux situés sur le goudron. Les pôles agricoles sont desservis par des pistes latéritiques ayant un bon degré de praticabilité et bénéficient de liaisons régulières vers les axes routiers principaux. Hors des axes nationaux goudronnés, les conditions de praticabilité des pistes sont variables (fig. 4). Les villages sont relativement isolés en raison de voies d'accès souvent

impraticables et de la raréfaction des transports en commun. Seuls font exception les villages du sud-est où l'exploitation aurifère s'accompagne de l'existence croissante de moyens de transport (motos, taxi-brousse) depuis et vers la capitale régionale, Kédougou.

La combinaison des activités économiques, commerciales et de stockage des vivres, ainsi que le degré de connectivité traduisent l'importance des disparités sociospatiales entre les villages échantillonnés, selon une gradation qui renvoie à la fois à leur situation géographique et au plus ou moins grand développement de leurs fonctions économiques.

Figure 3 - Connectivité des villages échantillonnés aux réseaux routier et de transport



H. Lucaccioni

## DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DU RAT NOIR ET DES ESPÈCES COMMENSALES DE PETITS MAMMIFÈRES DANS LA MOITIÉ SUD DU SÉNÉGAL

Le long de l'axe Dakar-Tambacounda (principale voie de diffusion) et dans l'ensemble du Sénégal oriental a été réalisé un état des lieux de la distribution de *Rattus rattus* et des rongeurs commensaux. Des investigations complémentaires dans les sites d'installation ancienne du rat noir ont également été effectuées dans l'ouest du pays (Petite Côte et Casamance). Ce bilan proposé sur la période 2012-2015 représente un état de référence et de comparaison avec les données précédentes et celles à venir.

49 localités d'importance diverse, allant de quelques centaines à plus de 100 000 habitants (Tambacounda), ont été échantillonnées entre mai 2012 et septembre 2015. Dans les plus petites, la majorité des bâtiments a été piégée, alors que, dans celles de taille plus importante, une sélection a été effectuée en suivant deux objectifs : opérer une couverture spatiale aussi complète que possible en visitant le maximum de quartiers ; sélectionner une grande diversité de bâtiments et de pièces, principalement chambres, magasins (pièces de stockage de denrées diverses), cuisines, boutiques et greniers (à céréales en particulier).

Deux types de pièges ont été utilisés : pièges grillagés fabriqués localement (8,5x8,5x26,5 cm : figure 1) et pièges-boîtes pliants (de marque Sherman, 8x9x23 cm : figure 2). Ils ont été posés durant une à trois nuits successives au même endroit. Un piège de chaque type était placé dans les pièces, au sol, sur du mobilier, parfois en hauteur (rebord de mur, charpente). Ces pièges étaient appâtés avec de la pâte d'arachide déposée sur une tranche d'oignon, armés dans l'après-midi et relevés le matin.

Figure 1 - Piège grillagé



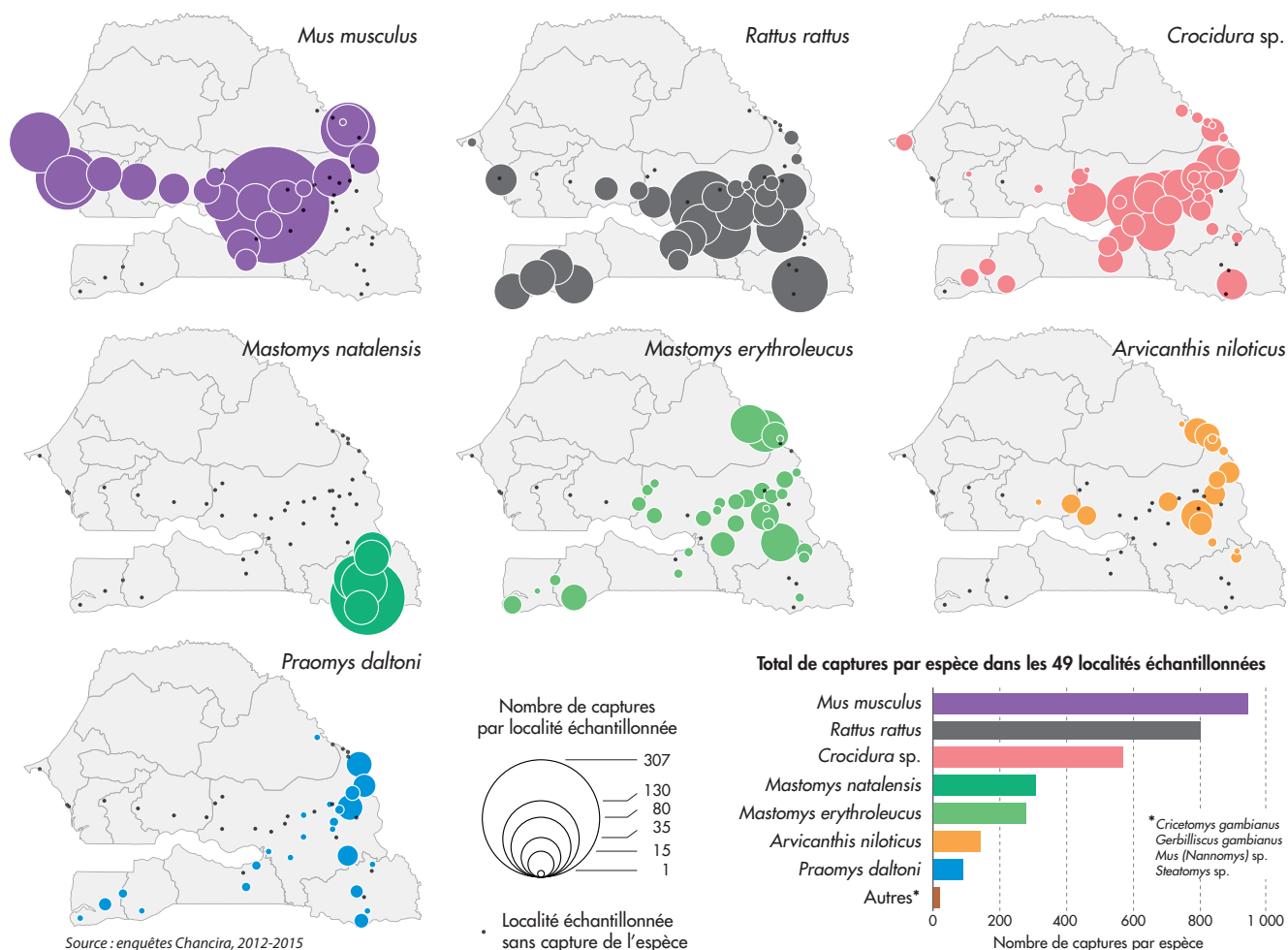
© Ph. Gauthier, 2013

Figure 2 - Piège Sherman



© J.-M. Duplantier, 2013

Figure 3 - Composition de la communauté des petits mammifères commensaux et distribution des principales espèces



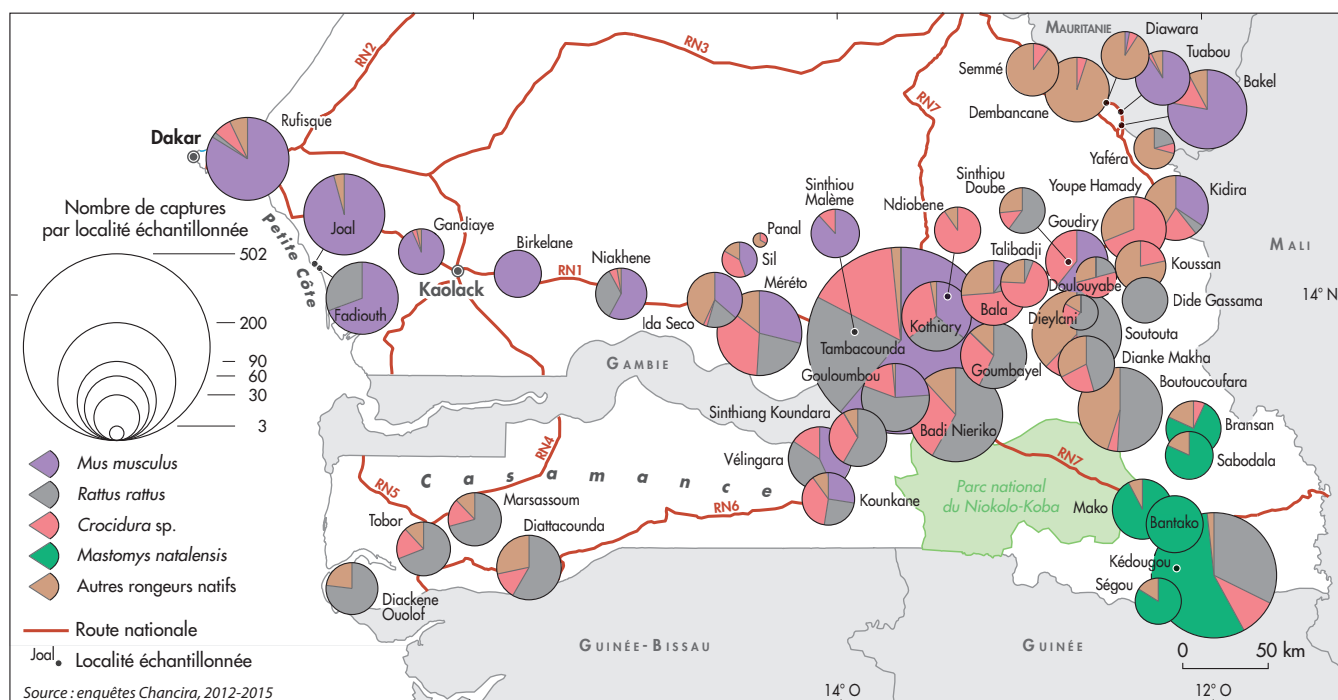


Dans la moitié sud du Sénégal, les deux espèces envahissantes (la souris domestique, *Mus musculus*, et le rat noir, *Rattus rattus*) sont les plus abondantes en milieu commensal (fig. 3). Elles sont suivies par les musaraignes (*Crocidura* sp.), correspondant majoritairement à *C. oliveri*, puis par deux espèces de rongeurs du genre *Mastomys* : *M. natalensis*, espèce strictement commensale en Afrique de l'Ouest, et *M. erythroleucus*, espèce généraliste régulièrement rencontrée au voisinage de l'homme.

Dans le détail, les musaraignes sont enregistrées sur la totalité de la zone échantillonnée et dans le plus grand nombre de localités (83%). À l'inverse, *Mastomys natalensis* n'a été observé que dans la région de Kédougou (13% des localités). *Rattus rattus* est présent

dans l'ensemble de la zone d'étude et dans presque deux-tiers des localités. Il l'est moins à l'ouest de Kaolack et sur la Petite Côte. *Mastomys erythroleucus* est absent du quart nord-ouest de la zone, mais présent dans la grande majorité des localités restantes. *Mus musculus* est absent de Basse-Casamance et du sud-est du pays (région de Kédougou et sud de la région de Tambacounda), mais régulièrement observé en Haute-Casamance et vers la frontière du Mali, et présent en continu le long de l'axe Dakar-Tambacounda. *Pracomys daltoni* n'a été retrouvé qu'au sud de la Gambie et dans le sud-est du pays. *Arvicanthis niloticus* est surtout présent le long de la frontière malienne et de façon sporadique dans la région de Tambacounda.

Figure 4 - Abondances relatives des différentes espèces capturées lors des piégeages en milieu commensal



L'observation des distributions par localité permet d'affiner les conclusions sur l'abondance relative des espèces de petits mammifères commensaux dans la moitié sud du Sénégal (fig. 4):

- *Rattus rattus* est dominant en Basse-Casamance ainsi qu'en Haute-Casamance (moins nettement). Il est relativement abondant, à des degrés variables selon les localités, le long et de part et d'autre de l'axe Tambacounda-Kidira. Dans la région de Kédougou, il n'est présent que dans la ville de Kédougou où il est dominé numériquement par *Mastomys natalensis*;
- *Mus musculus* apparaît globalement dominant sur la Petite Côte ainsi que sur l'axe Kaolack-Tambacounda, dans certaines localités du tronçon Tambacounda-Kidira et au nord de Kidira. Il est également bien représenté dans les localités de Haute-Casamance;
- *Mastomys natalensis* est largement présent dans toutes les localités de la région de Kédougou;
- les autres rongeurs natifs (*Mastomys erythroleucus*, *Pracomys daltoni*, *Arvicanthis niloticus* en particulier), non spécialisés dans le commensalisme, sont présents en faible fréquence. On peut

toutefois noter la fréquence particulièrement importante de *Mastomys erythroleucus*, mais également d'*Arvicanthis niloticus*, dans la zone frontalière du Mali au nord de Bakel;

- *Crocidura* sp. est parfois dominante, en particulier aux alentours de Tambacounda et de part et d'autre de l'axe Tambacounda-Kidira.

Dans la moitié sud du Sénégal, les petits mammifères commensaux sont dominés globalement par deux espèces invasives de rongeurs (*Mus musculus* et *Rattus rattus*), comme c'est le cas dans de nombreuses régions du monde colonisées par elles. Deux autres espèces commensales de l'homme, la musaraigne *Crocidura oliveri* et le rongeur natif *Mastomys natalensis*, maintiennent des populations significatives et dominent les communautés dans certaines localités de la région.

L. Granjon, K. Bâ, A. Dalecky, C. A. Diagne, M. Diallo, P. Gauthier, M. Kane, L. Husse, Y. Niang, A. Sow, J.-M. Duplantier



## RÔLE DES VECTEURS DANS L'ÉMERGENCE D'ARBOVIRUS ASSOCIÉS AU RAT NOIR

Au Sénégal, la proximité de *Rattus rattus* suscite de multiples réflexions sur le passage de pathogènes chez les vecteurs locaux et sur l'exposition des populations humaines. L'objectif de l'analyse est de rechercher, dans les zones anciennement colonisées ou d'apparition récente du rat noir, les vecteurs potentiels des arbovirus et leur implication dans la transmission à l'homme, ainsi que les conditions permettant le passage de la maladie, afin de caractériser les espaces partagés favorables à la transmission.

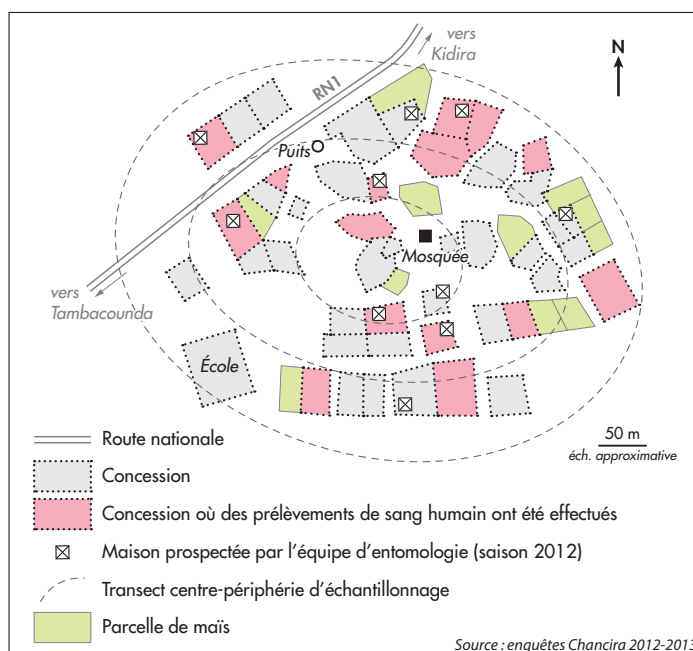
La collecte de vecteurs (moustiques, phlébotomes, cératopogonides) a été réalisée entre 2012 et 2013 dans 31 sites choisis selon la présence ou l'absence de *Rattus rattus*, conformément aux études antérieures effectuées dans la zone, sur les trois grands axes routiers du sud-est du Sénégal. Ces sites ont été constitués de douze villages de la région de Tambacounda et des huit quartiers de la ville de Kidira; mais aussi de deux villages de la région de Kédougou en plus des cinq quartiers de la ville, et quatre villages sur l'axe Tambacounda-Kolda. Pour chaque village ou quartier de ville, au moins dix concessions ont été retenues de manière à couvrir tous les faciès écologiques. Elles ont été prospectées en début, milieu et fin de saison des pluies, suivant un transect incluant les concessions situées à la périphérie, en position intermédiaire ou centrale (fig. 1). Les concessions sélectionnées pour les échantillonnages entomologiques sont dans la mesure du possible identiques à celles retenues pour des prélèvements humains (voir page 36).

Figure 2 - Piège à appât rongeur



© A. Goye 2012

Figure 1 - Exemple de transect d'échantillonnage dans le village de Youpe Hamady (région de Tambacounda)



Source : enquêtes Chancira 2012-2013

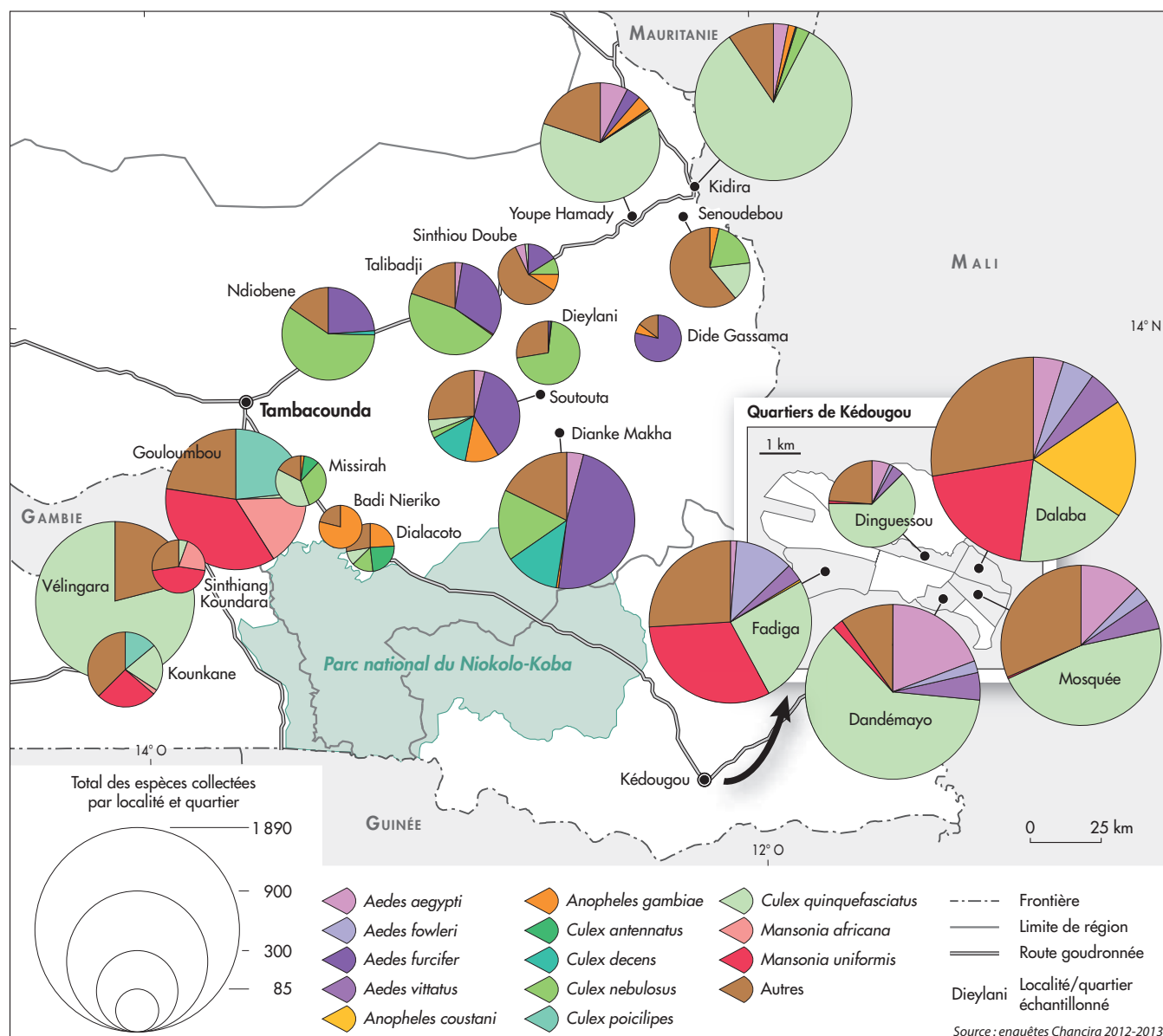
L'échantillonnage des vecteurs a été réalisé sur le terrain par différentes méthodes standards permettant d'étudier plusieurs paramètres, tels que l'abondance des vecteurs, leur taux d'agressivité, leur préférence trophique. Les méthodes d'échantillonnage utilisent les pièges lumineux à CO<sub>2</sub> et les captures opérées sur les humains. Un piège à appât rongeur a été confectionné et testé pour l'étude sélective des moustiques ou phlébotomes attirés par le rat (fig. 2).

Des tests d'identification d'origine de repas de sang par ELISA (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay) et par PCR (Polymerase Chain Reaction) + séquençage ont été réalisés. Des tests virologiques pour isolement des virus dans les pools de vecteurs ont également été effectués. Une partie des phlébotomes collectés par capture sur appât humain et par piège lumineux a été testée en virologie; l'autre partie ainsi que la totalité des spécimens collectés sur papier huilé ont été soumises à un montage sur lames et à une identification morphologique à partir des caractéristiques des pièces buccales.

13308 moustiques (dont 65 gorgés) appartenant à 57 espèces, 7572 phlébotomes et 73 cératopogonides ont été collectés et constitués en 4442 lots monospécifiques (dont 3831 de moustiques, 593 de *Phlebotome* sp. et 18 de cératopogonides). La prédominance et l'agressivité des vecteurs ont varié selon le site. La dynamique des vecteurs a révélé un relais entre les phlébotomes en début de saison et les moustiques en fin de saison. Dans la ville de Kédougou (fig. 3), *Culex quinquefasciatus* a représenté 44% de la faune culicidienne. À Sabodala (non représenté sur la carte), *Aedes furcifer* a prédominé avec 21,6% de la faune culicidienne. Dans les villages situés sur l'axe Tambacounda-Kidira, c'est *Aedes furcifer* qui a prédominé et a représenté 36,8% de la population, alors que la ville de Kidira est essentiellement peuplée par *Culex quinquefasciatus*,

qui a représenté 81,4% des moustiques collectés. Dans la région de Kounkane, *Culex quinquefasciatus* a représenté 43% des moustiques, suivi de *Mansonia uniformis* (15,4%). Dans les villages frontaliers avec le parc (Badi Nieriko et Dialacoto), les *Anopheles gambiae* ont dominé et représentent 46% de la faune culicidienne; plus au nord, à Missirah, c'est *Culex quinquefasciatus* qui prédomine (38,5%), suivi de *Culex nebulosus* (25,6%). Quant aux phlébotomes, ils ont représenté 36,3% de l'ensemble des vecteurs. La dynamique saisonnière a montré un relais entre les populations de vecteurs, avec la prédominance des phlébotomes en début de saison et celle des moustiques en fin de saison des pluies, dans les différentes zones d'étude. *Sergentomyia dubia* et *S. schwetzi* ont été les deux espèces de phlébotomes présentant un intérêt dans la transmission des

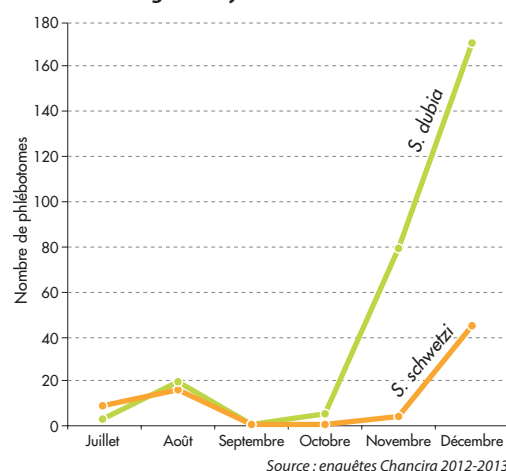
Figure 3 - Répartition des espèces collectées par site de prélèvement dans le sud-est du Sénégal



pathogènes humains dans l'aire de répartition du rat noir (fig. 4). L'identification des repas de sang a révélé l'association de moustiques (*Culex quinquefasciatus*, *Aedes minuts*, et *Anopheles rufipes*) et de phlébotomes (*Sergentomyia dubia*, *S. schwetzi*), avec plusieurs hôtes dont l'homme, le rat, le poulet et le bœuf.

Les tests virologiques réalisés sur l'ensemble des échantillons collectés ont permis l'isolement d'une souche de West Nile associée au virus Ndumu, dans le village de Soutouta, et une souche de Gabek-Forest chez un lot de phlébotomes, à Dianke Makha. Plusieurs souches de virus *Mesoniviridae* ont également été isolées d'une portion de 300 lots de moustiques. En effet, un screening de moustiques sélectionnés dans les zones de circulation de *Mesonivirus* a permis de détecter ce virus dans 43 lots monospécifiques et un lot de cératopogonides. Au total, 20 espèces de moustiques ont été trouvées associées à ce virus dans trois sites de prélèvement (Sabodala, Fadiga, Dianke Makha).

Jusqu'à présent, rien en permet de dire que l'arrivée du rat noir dans les régions de Tambacounda et Kédougou a engendré la présence massive de vecteurs porteurs d'arbovirus transmissibles à l'homme. Seuls quelques villages semblent être de potentiels espaces partagés en croissance et exigent d'être surveillés.

Figure 4 - Dynamique saisonnière de *Sergentomyia dubia* et *S. schwetzi*

A. Gaye, Y. Bâ, M. M. Diagne, D. Diallo, P. Handschumacher, A. A. Sall, M. Diallo

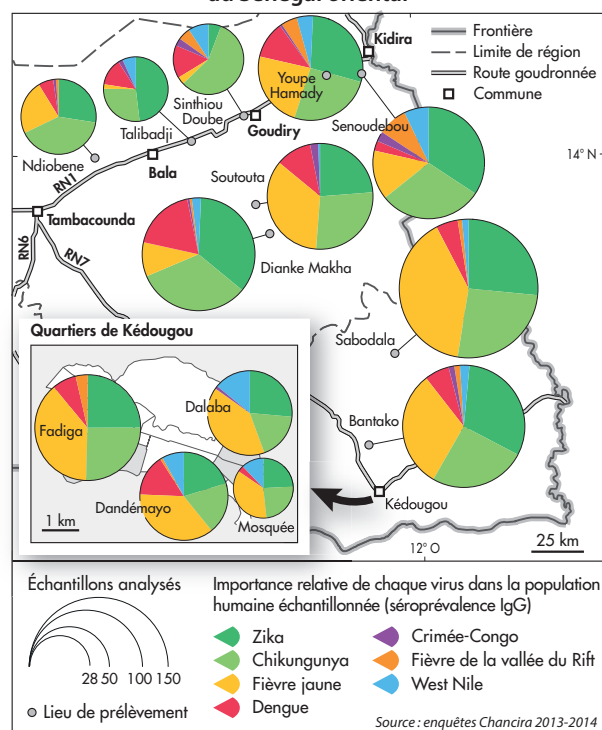
## DISTRIBUTION DES VIRUS DANS LES POPULATIONS HUMAINES ET DE MICROMAMMIFÈRES

Dans les villages et les villes échantillonnées le long des deux axes routiers majeurs (Tambacounda-Kidira et Tambacounda-Kédougou), où les équipes du Centre de biologie pour la gestion des populations (CBGP) ont réalisé plusieurs campagnes de piégeages de micromammifères, près d'un millier de personnes (995) ont été sélectionnées pour être incluses dans l'étude de virologie humaine effectuée par l'Institut Pasteur de Dakar (IPD).

Au sein du pôle virologie de l'Institut Pasteur de Dakar, les 995 sérums humains prélevés dans les villages ont fait l'objet d'un test sérologique ELISA, IgM pour les infections récentes et IgG pour les infections anciennes, et d'un screening par PCR pour différents genres viraux. Des tentatives d'isolement de virus sur souris ont été entreprises.

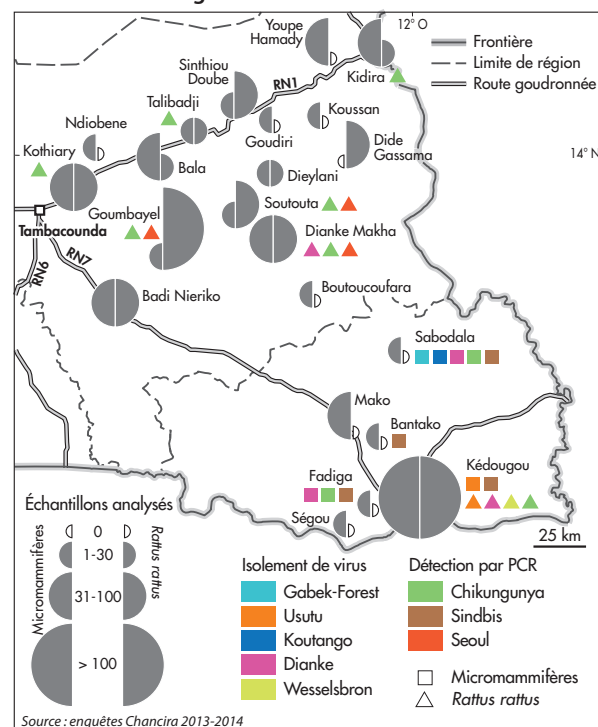
Seuls des IgM dirigés contre les virus Zika et Crimée-Congo ont été détectés à partir de sérums collectés respectivement à Bantako et Soutouta (fig. 1). Concernant les anticorps IgG, la tendance globale a montré des taux de prévalence très élevés en Flavivirus et faibles en *Bunyaviridae* sans différences. Les anticorps IgG dirigés contre les virus Chikungunya (CHIK), dengue (DEN), fièvre jaune (FJ) ont été mis en évidence. La séroprévalence en Chikungunya est plus importante dans les zones où on a trouvé les rongeurs positifs au même virus.

Figure 1 - Séroprévalences humaines de virus circulant au Sénégal oriental



L'étude virologique a également concerné des prélèvements de rongeurs issus des captures réalisées par l'équipe du CBGP (fig. 2). Au total, 3956 échantillons (sérums et organes) de 993 spécimens de rongeurs ont été testés, soit 99,5% des rats noirs collectés (401/403 individus) et 60% des autres espèces de rongeurs (592/998 individus). Sur les échantillons collectés en 2012, les virus Seoul (genre Hantavirus) et Chikungunya (genre Alphavirus) ont été trouvés chez des spécimens de *Rattus rattus* capturés sur l'axe Tambacounda-Kidira. De même, des *Mus musculus*, *Mastomys natalensis* et une crocidure (*Crocidura* sp.) ont été retrouvés infectés par le virus Chikungunya, tandis que le virus Sindbis (genre Alphavirus) a été enregistré chez trois souris

Figure 2 - Isolement de virus circulant chez les micromammifères au Sénégal oriental : focus sur le rat noir



domestiques et cinq *M. natalensis*. L'isolement des virus Gabek-Forest (genre Phlebovirus) et Koutango, un variant du virus West Nile (genre Flavivirus), a également été effectué respectivement chez un *A. niloticus* et un *M. natalensis* sur l'axe Tambacounda-Kédougou. Sur les spécimens capturés en 2013, le virus Wesselsbron a été détecté chez un *R. rattus*, tandis que le virus Usutu a été isolé chez trois *M. natalensis*, une crocidure (*Crocidura* sp.) et un rat noir. En plus de ces virus connus, un nouveau Mesonivirus, nommé virus Dianke, a été identifié chez des spécimens de *R. rattus* et *M. natalensis*. Il s'agit là de la première détection d'un Mesoniviridae (famille de virus spécifique de moustiques) dans un mammifère.

Cette étude actualise la connaissance de la circulation des virus au sein des populations de rongeurs dans l'est du pays. Elle ouvre des perspectives pour des études supplémentaires et expérimentales d'infectiosité et de participation des rongeurs à la circulation et à la transmission virales. Les résultats des investigations opérées sur les humains ne permettent pas de conclure à l'impact des virus du rat noir sur la santé publique. Malgré l'association entre la présence du rat noir dans les concessions et l'exposition plus élevée aux virus West Nile et Zika chez les populations humaines incluses dans l'étude, seul le virus Wesselsbron a été retrouvé à la fois chez *R. rattus* et chez l'homme. Bien qu'il s'agisse de traces d'infections anciennes (IgG), l'hypothèse d'une relation entre le rat noir et la transmission des virus West Nile et Zika à l'homme reste à vérifier.

M. M. Diagne, A. Sow, A. Gaye, O. Ndiaye, B. Sadio, O. Faye, Y. Bâ, O. Faye, M. Diallo, A. A. Sall

## DISTRIBUTION DES AGENTS INFECTIEUX NON VIRAUX CHEZ LES MICROMAMMIFÈRES

Les zoonoses sont sous-évaluées en Afrique. Des études récentes au Sénégal ont montré leur importance dans les cas de fièvre chez des patients malades, liés aux bactéries *Borrelia crocidurae* (responsable de la fièvre récurrente à tiques, maladie bactérienne la plus fréquente en Afrique), *Bartonella* spp., *Rickettsia* spp. (incluant l'agent du typhus) ou encore *Coxiella burnetii* (responsable de la fièvre Q). Alors que les vecteurs de transmission de ces bactéries sont bien connus (arthropodes insectes et tiques en particulier), les réservoirs animaux qui les hébergent le sont moins, notamment les micromammifères. On sait déjà que ceux-ci sont responsables de nombreuses zoonoses dans d'autres régions du globe. Qu'en est-il au Sénégal oriental, région de coexistence entre petits mammifères natifs et invasifs, dont beaucoup vivent en contact étroit avec l'homme ?

Neuf localités ont été échantillonnées entre janvier et février 2013 (Bala, Boutoucoufara, Dianke Makha, Goudiry, Goumbayel, Kidira, Kothiary, Soutouta, Youpe Hamady), selon les protocoles suivants :

- des pièges grillagés et de marque Sherman ont été déposés à l'intérieur des habitations (voir détails p. 32) ;
- sur chaque animal capturé ont été prélevés un morceau de cerveau et un morceau de rate, placés en azote liquide avant d'être conservés à -80°C à Dakar ;
- la qPCR, méthode permettant de mesurer la quantité initiale d'un ADN cible, a été utilisée pour détecter les bactéries *Borrelia crocidurae*, *Bartonella* spp., *Rickettsia* spp. et *Coxiella burnetii* (fig. 1).

***Borrelia crocidurae*** présente la prévalence la plus élevée parmi les différentes bactéries étudiées ici (19%, soit 96 positifs sur 505 individus testés). La distribution de *Borrelia crocidurae* ne présente pas de pattern géographique marqué. L'hôte principal est *Arvicanthis niloticus* (51,8% ; 28/54), suivi de *Crociodura olivieri* (29,3% ; 51/174). *Rattus rattus* et *Mus musculus*, espèces invasives, semblent moins porteurs que les espèces natives (fig. 2).

***Rickettsia* spp.** : sa prévalence est de 3,4% dans l'ensemble des micromammifères échantillonnés (17/505). On la retrouve essentiellement chez *Rattus rattus* (5,8% ; 7/120), *Arvicanthis niloticus* (5,6% ; 3/54), *Crociodura olivieri* (3,4% ; 6/174) et *Mastomys erythroleucus* (2,1% ; 1/47).

***Bartonella* spp.** : sa prévalence totale est de 4,7% (24/505). Elle est la seule bactérie à être présente dans l'ensemble des espèces échantillonnées, avec des prévalences variables en fonction des espèces, chez *Rattus rattus* (0,8% ; 1/120) et *Mastomys erythroleucus* (12,8% ; 6/47).

***Coxiella burnetii*** n'a été retrouvée que chez une souris (*Mus musculus*), à Bala, et un rat noir (*Rattus rattus*), à Goumbayel. Ces espèces sont connues comme réservoirs en Europe ou sur des îles proches (Cap-Vert et Canaries) ; c'est la première fois que *Coxiella burnetii* est détectée chez des rongeurs en Afrique de l'Ouest.

Ces résultats indiquent que les rongeurs et insectivores commensaux constituent des réservoirs de bactéries potentiellement pathogènes pour l'homme, en particulier dans les genres *Borrelia* et *Bartonella*. Les espèces invasives ne semblent pas être les réservoirs principaux, mais elles représentent des hôtes supplémentaires à surveiller.

Figure 1 - Prévalences des bactéries chez les micromammifères capturés dans les localités échantillonnées

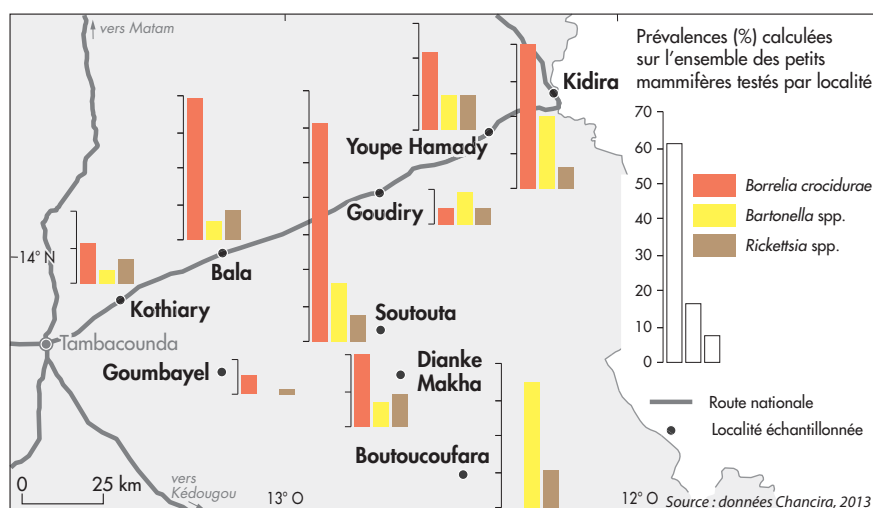
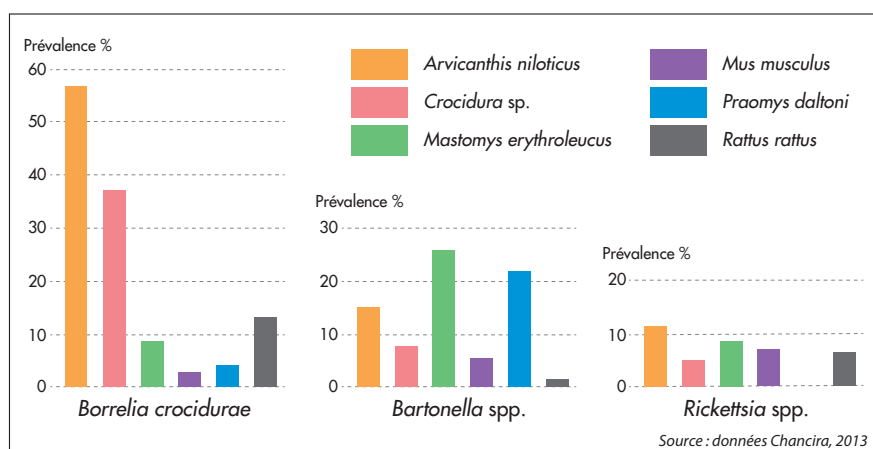


Figure 2 - Prévalences bactériennes chez six espèces de petits mammifères commensaux au Sénégal oriental



L. Husse, L. Granjon, O. Mediannikov



## ANALYSE CRITIQUE DES SAVOIRS VILLAGEOIS COMME SOURCE D'INFORMATION SUR LA DISTRIBUTION DES PETITS MAMMIFÈRES COMMENSAUX

Les discussions avec les populations résidentes constituent une source d'information locale, ubiquiste et pérenne pour comprendre l'évolution des conditions environnementales et leur diversité. En croisant savoirs villageois et données scientifiques issues des captures, l'analyse comparative permet d'évaluer la valeur informative des connaissances populaires en matière de distribution de petits mammifères. 15 localités du Sénégal oriental ont fait l'objet simultanément de deux types d'échantillonnage identiques et homogènes : 3198 piégeages de rongeurs (pièges cumulés, voir méthodologie p. 32) et 307 entretiens effectués avec les villageois au sein des concessions, de façon collective ou non, sur la base de fiches d'identification comparative (dessins, photos, noms et échelle) des différentes espèces de petits mammifères (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

Figure 1 - Fiche d'identification de petits mammifères présentée aux villageois

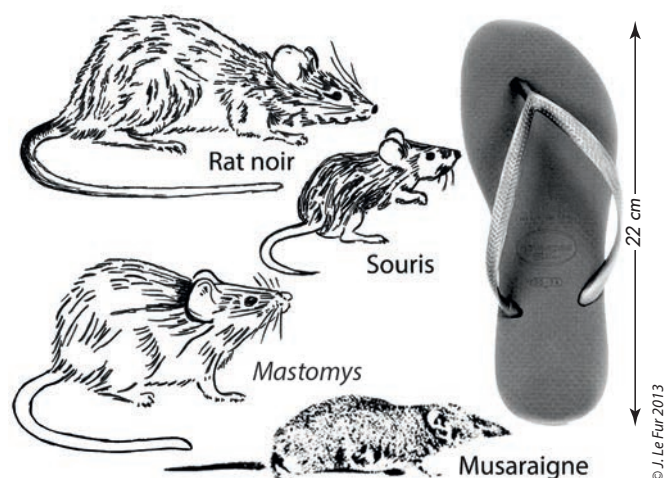


Figure 2 - Dianke Makha, village de piégeages et d'enquêtes sur les savoirs villageois



Figure 4 - Comparaison des sites à faible présence de petits mammifères commensaux selon les deux sources de connaissance

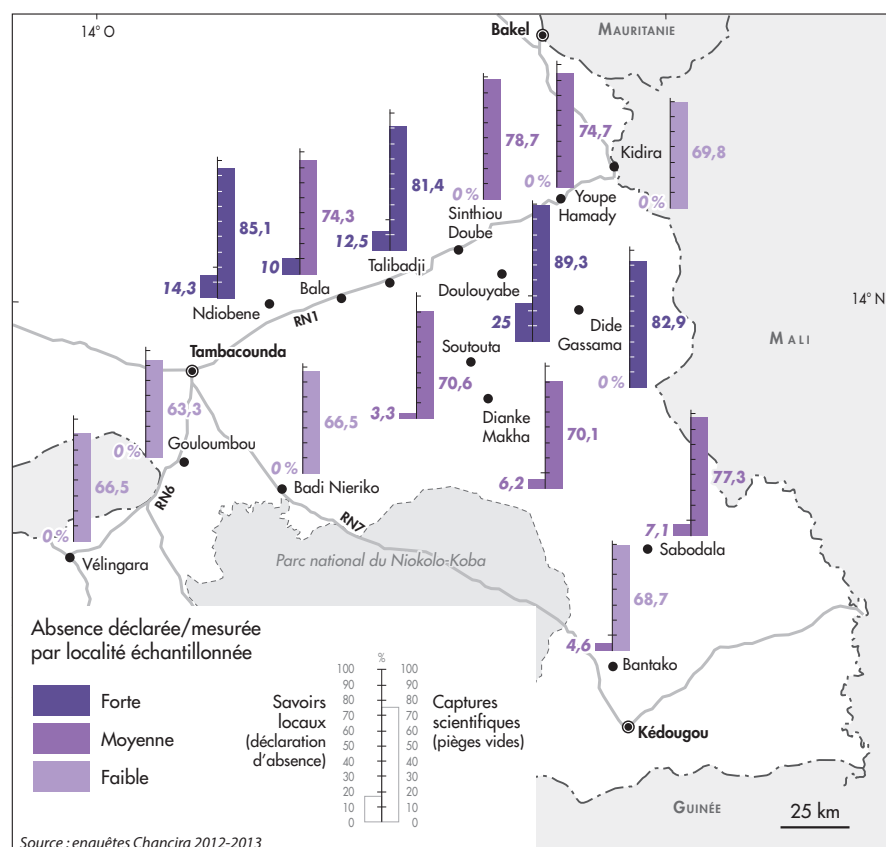


Figure 3 - Enfants du village de Doulouyabe montrant un rat noir capturé



Les témoignages sur l'absence de petits mammifères sont rares et peuvent être utilement comparés aux enquêtes scientifiques qui comptabilisent les sites à faible présence de rongeurs (fig. 4).

Les localités dont les habitants déclarent majoritairement une absence de rongeurs concordent avec les villages marqués par un faible taux de captures. Dans les deux cas, on distingue une zone de moindre abondance pour les petits mammifères entre Ndiobene et Doulouyabe, avec une précision moins importante pour les résultats issus des savoirs villageois.

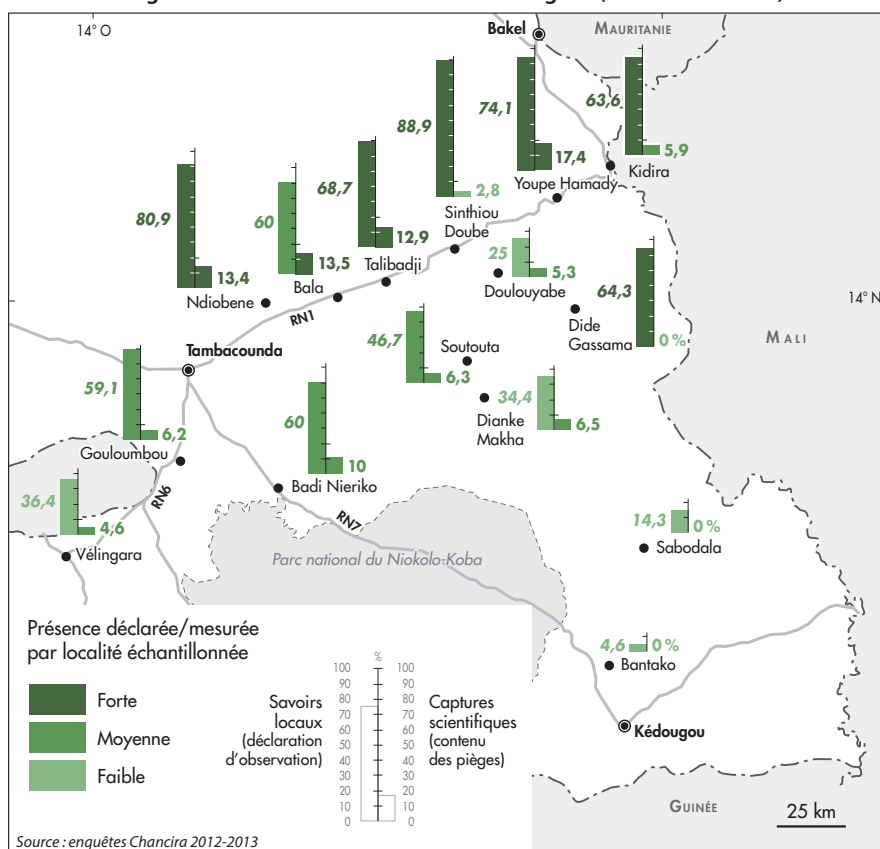
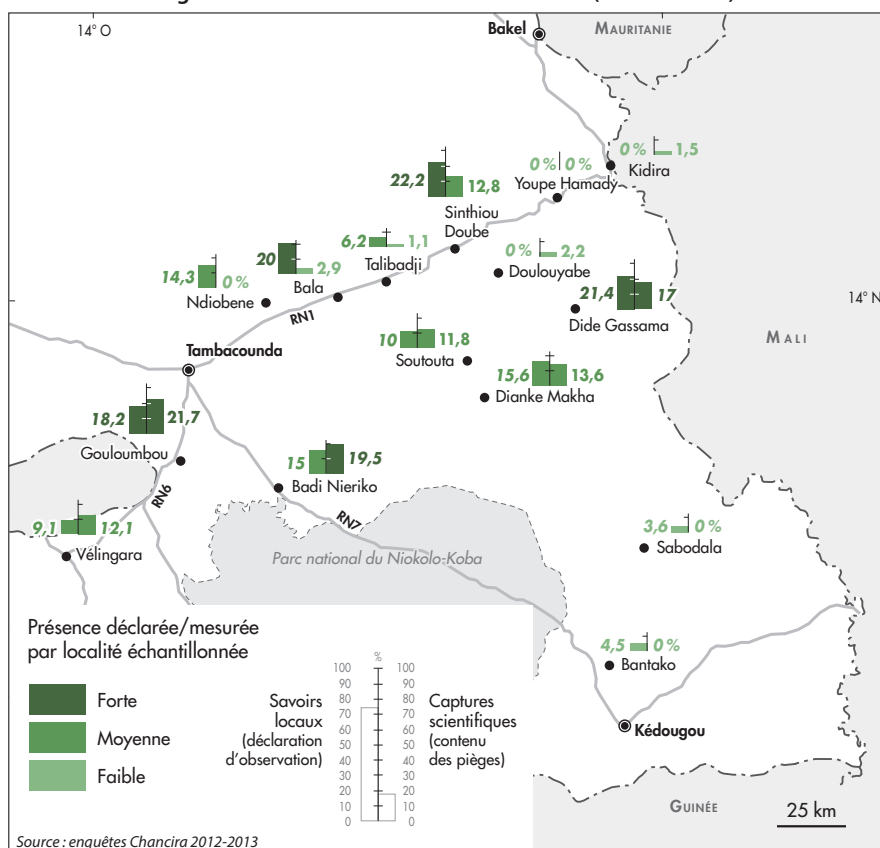
Les comparaisons entre résultats obtenus selon le type de taxons présents (souris, rats, ...) ne fournissent pas toutes des correspondances exploitables. Ceci provient de la perception différente des rongeurs et de leur nature chez les villageois et les scientifiques. Lorsque le doute sur l'identification de l'espèce est minime, les résultats se confirment les uns les autres. C'est le cas pour la musaraigne, qui est un petit mammifère remarquable du fait de son museau effilé, de son odeur caractéristique et des petits cris qu'elle émet (fig. 5).

À l'exception de deux villages (Sinthiou Doube et Dide Gassama), les distributions obtenues sont similaires, confirmant par exemple l'absence de musaraignes dans deux localités du sud de la région (Bantako et Sabodala).

En ce qui concerne le rat noir, lui aussi aisément discernable, on constate une correspondance quasi exacte entre les connaissances exprimées par les villageois et les résultats des piégeages, sauf dans une zone située au nord-est de Tambacounda

Les distributions obtenues sont exactement concordantes avec des présences relatives similaires relevées dans la zone au sud de la RN1 (région de Soutouta), et des absences confirmées dans les régions de Kédougou et Kidira. Seule une zone centrale (de Ndiobene à Talibadji) se distingue par une différence nette entre savoirs locaux et piégeages. Révéler ces différences permet de susciter de multiples débats dans les villages ou les laboratoires pour chercher à en comprendre les raisons.

Les savoirs locaux et les connaissances scientifiques ne sont pas de même nature. Les explications en sont multiples. Cela tient aux différences entre langage vernaculaire et terminologie scientifique, aux modes de distinction entre types de rongeurs, qui sont d'ordre comportemental pour les villageois, tandis qu'ils sont taxonomiques et génétiques dans la sphère scientifique. Lorsque ces différences sont prises en compte, les savoirs villageois peuvent fournir des indications complémentaires et utiles. La transcription de ces savoirs et leur confrontation avec les données scientifiques constituent alors un bon support de restitution et de discussion des connaissances acquises auprès des populations.

Figure 5 - Présences relatives de musaraignes (*Crocidura olivieri*)Figure 6 - Présences relatives de rats noirs (*Rattus rattus*)

J. Le Fur, H. Lucaccioni



## CHAPITRE TROIS

### LA DIFFUSION LIMITÉE DE *RATTUS RATTUS* DANS LES VILLAGES DU SÉNÉGAL ORIENTAL



En retenant, comme échelles spatiale et temporelle de référence, le village ou le quartier urbain (dans les villes de Tambacounda et Kédougou) et la période actuelle, le troisième chapitre de l'atlas et les cinq planches qui le composent reviennent sur quelques résultats avancés dans les pages précédentes. Pour mieux appréhender la façon dont les rats noirs peuvent ou ne peuvent pas embarquer à bord des camions circulant sur les routes du Sénégal, les chercheurs portent un regard différent sur les transports, en focalisant l'attention sur les origines, destinations et types de marchandises transportées, sur les aspects matériels (types de véhicules, modalités de chargement), ainsi que sur le déroulement du transport lui-même (itinéraires, étapes). Dans les entrepôts de commerçants et sur les marchés urbains de Tambacounda et Kédougou, deux villes où se concentrent les flux, les véhicules et les marchandises, circulent de façon croissante les rongeurs qui peuvent ainsi se propager de lieu en lieu.

C'est à partir des capitales régionales que se diffuse le rat noir en direction des villages, en particulier vers ceux que l'atlas nomme villages ruraux marginaux, qui sont éloignés des axes goudronnés et où, en raison de la médiocrité des flux de marchandises, les populations stockent d'importantes quantités de vivres, créant ainsi les conditions favorables à la survie du rongeur. Ce n'est pas le cas dans les autres localités, en particulier les villages ruraux structurants et miniers, où l'on préfère utiliser de petits magasins à l'intérieur des bâtiments. Le long des axes routiers, l'évolution des modes de transport (généralisation de l'emballage et de la mise en conteneurs, en lieu et place du transport en vrac) est sensiblement défavorable au rat noir.

Pour clore cette réflexion sur le risque infectieux au Sénégal lié à la présence de *Rattus rattus*, l'avant-dernière planche fait le point sur le fonctionnement spatial dans les régions de Tambacounda et Kédougou. Elle insiste sur la nécessité de privilégier l'approche interdisciplinaire pour identifier des territoires vulnérables au risque infectieux, où s'entrecroisent processus de colonisation par le rat noir, peuplement humain et dynamiques d'échanges de biens. Puis l'atlas se conclut par une réflexion globale sur l'offre de soins dans la région de Kédougou. La répartition dans l'espace des structures de santé, en nombre limité, apparaît en décalage avec la réalité du peuplement humain. D'où l'importance, avant de planifier l'installation de telles structures, d'identifier les espaces à risque sanitaire, à partir du croisement des données environnementales, démographiques, économiques et sociales.

Face aux problèmes méthodologiques inhérents à l'identification des voies et moyens de circulation des rats noirs, l'*Atlas des relations homme - rat noir - zoonoses au Sénégal* souligne la nécessité de dépasser l'analyse des données quantifiées disponibles, pour l'enrichir par une approche qualitative résolument fondée sur l'empirisme.

*P. Handschumacher, J. Lombard, M. Diallo, J.-M. Duplantier*



## DES CONDITIONS DE TRANSPORT INÉGALEMENT FAVORABLES À LA PROPAGATION DU RAT NOIR

Alors que les données historiques et les modélisations valident l'hypothèse du rôle des transports dans la propagation du rat noir à l'intérieur du Sénégal et sur le temps long, la démonstration empirique se heurte à des impasses méthodologiques. Il est impossible d'observer et de quantifier concrètement les flux de rats à bord des camions. Néanmoins, des conditions favorables peuvent être identifiées par la compréhension et l'analyse des modalités de fonctionnement du transport.

Comment appréhender le rôle des transports de marchandises dans la diffusion du rat noir au Sénégal ? Les méthodes empiriques d'observation ne permettent pas de répondre à cette question. La probabilité qu'un ou des rats embarquent dans des camions étant faible, et les chargements et déchargements de marchandises s'opérant dans un très grand nombre de sites, il est difficile de repérer ce phénomène hasardeux. Néanmoins, la connaissance de l'animal, de ses foyers de peuplement, de ses comportements, préférences alimentaires et capacités de survie est utile pour identifier les conditions de transports de marchandises favorables à la propagation du rongeur. Il s'agit de porter un regard différent sur les transports, en se focalisant sur les types de véhicules, sur les origines, destinations et types de marchandises transportées, sur les modalités de chargement et sur le déroulement du transport lui-même (itinéraires, étapes).

Petit animal opportuniste, le rat noir peut se cacher aisément à bord de camions qui transportent des grains en vrac, du poisson, des sacs de farine, de sucre ou d'arachides, et survivre le temps d'un voyage (fig. 1). Cependant, plusieurs situations sont défavorables : le type de véhicules de transport utilisés (voyageurs, camions plateaux ou citernes, conteneurs fermés) ; les marchandises non alimentaires, telles que les matériaux de construction ou les produits toxiques. Les entrepôts fermés, éventuellement traités contre les nuisibles, apparaissent aussi peu susceptibles d'abriter des rats, de même que lui sont défavorables les chargements et les déchargements rapides, qui demandent une intense manutention, comme c'est le cas pour le riz dans les magasins de la zone portuaire de Dakar (fig. 2).

Figure 1 - Quels véhicules de transport pour les rats ?



© O. Nirot, 2014, 2015

Figure 2 - Chargements de sacs de riz dans les entrepôts de la zone portuaire de Dakar



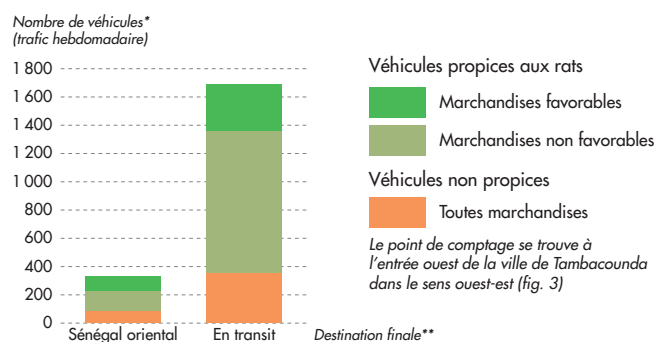
© O. Nirot, 2014

En considérant cette fois les trafics de marchandises, trois groupes se distinguent : ceux qui assurent l'approvisionnement des localités du Sénégal oriental, à partir des grands centres commerciaux urbains que sont l'agglomération dakaroise, mais aussi Touba et Kaolack ; les trafics de transit à destination du Mali, qui marquent un arrêt de plusieurs heures dans différentes villes telles que Koumpentoum, Koussanar et Tambacounda ; les trafics qui approvisionnent les localités rurales à partir des centres urbains de l'est (principalement Tambacounda et Kédougou). L'ensemble de ces trafics, même limités aux seuls transports de marchandises susceptibles de fournir des conditions favorables aux rats (camions de produits alimentaires et/ou végétaux), représente un nombre de véhicules élevé. Lors d'un comptage routier, réalisé en avril 2015, à l'entrée ouest de la ville de Tambacounda (fig. 3), nous avons estimé qu'en moyenne 60 camions chargés de produits alimentaires et/ou végétaux passaient chaque jour en ce point, avant de poursuivre leur route vers l'est. Les plus nombreux ne font que traverser la région de Tambacounda et moins d'un quart des véhicules assure des livraisons aux commerçants du Sénégal oriental (fig. 4).

Figure 3 - Comptage routier à l'entrée ouest de la ville de Tambacounda



Figure 4 - Des trafics potentiellement vecteurs de la diffusion



\* Véhicules de transport routier de marchandises

\*\* Sénégal oriental : vers les localités des régions de Tambacounda ou Kédougou  
En transit : vers une autre région du Sénégal ou un pays voisin

Source : enquête-comptage routier, 2015

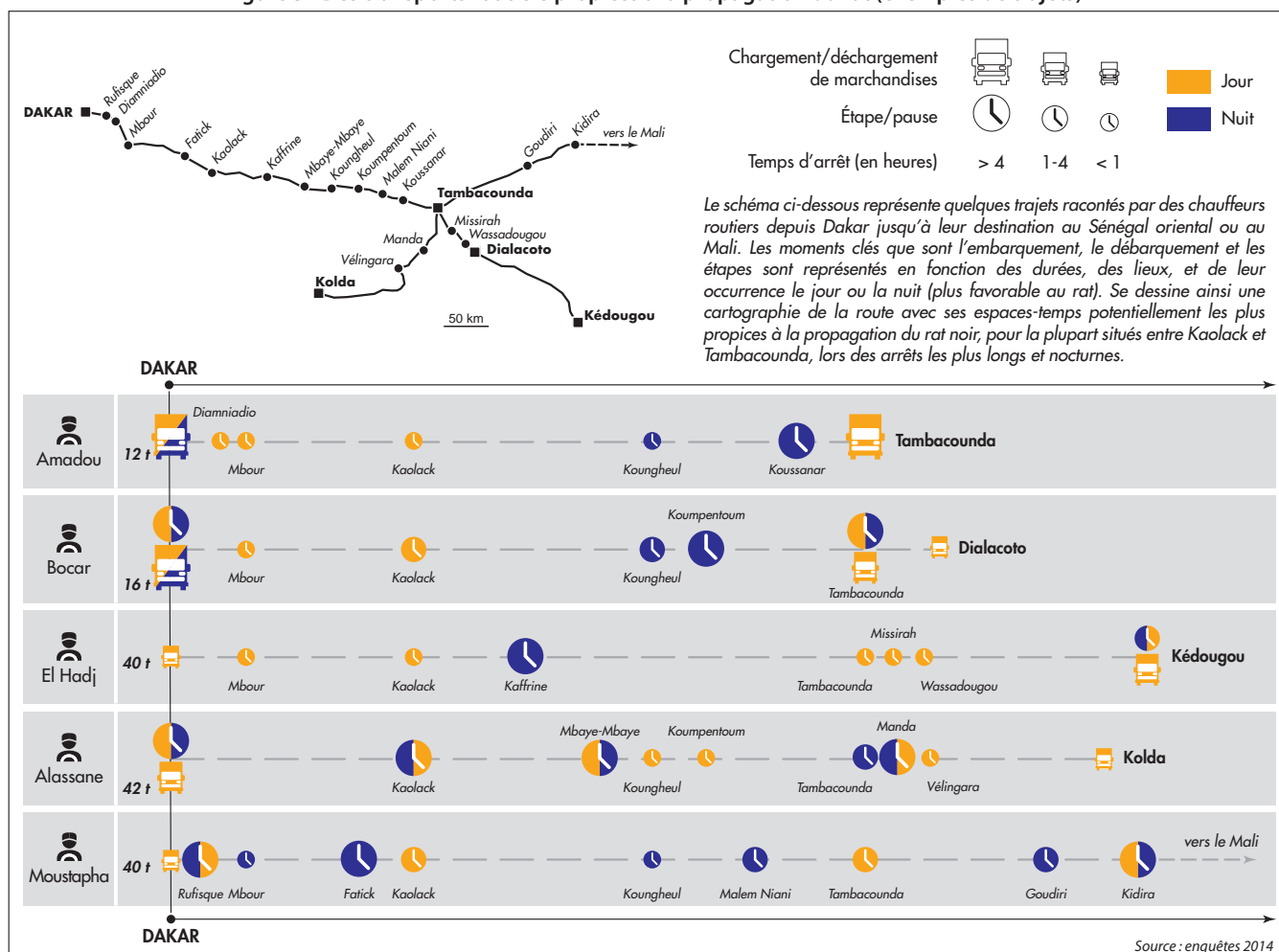
Dernier aspect, le déroulement des transports. L'observation directe (sur les routes, aux abords des entrepôts ou magasins) et les entretiens conduits auprès des chauffeurs routiers révèlent que les trajets entre Dakar et le Sénégal oriental sont, pour la plupart, marqués par plusieurs étapes prévues ou imprévues, plus ou moins longues, de jour comme de nuit. Les entretiens soulignent aussi la prégnance des habitudes (fig. 5). Ainsi arrive-t-il fréquemment que les chauffeurs chargeant dans la journée à Dakar passent la nuit dans l'agglomération, avant de prendre la route. Sur le trajet, les étapes les plus fréquentes ont lieu à Mbour et Kaolack, les plus longues (de nuit souvent) dans les localités situées entre Kaffrine et Koussanar. Or chaque pause, notamment nocturne, représente

une opportunité pour le rat d'embarquer ou de débarquer. Chaque arrêt dans un centre urbain ou semi-urbain constitue un risque de dispersion du rongeur.

L'examen des transports à destination ou traversant le Sénégal oriental révèle ainsi l'existence de conditions favorables à la propagation du rat noir. Plus nombreux, plus fréquents, mettant en lien des couples origine-destination plus variés, les transports de marchandises restent, vraisemblablement, des vecteurs efficaces de la diffusion du rongeur dans l'est du Sénégal.

O. Ninot, O. Sall

Figure 5 - Des transports routiers propices à la propagation du rat (exemples de trajets)





## DISTRIBUTION DE *RATTUS RATTUS* DANS LES VILLES DE TAMBACOUNDA ET KÉDOUGOU. DE L'ANALYSE INTRA-URBAINE AUX LIENS ENTRE LES CAPITALES RÉGIONALES

La ville de Tambacounda a été créée au début du xx<sup>e</sup> siècle à partir du chemin de fer Dakar-Bamako. Lieu d'étape et de passage entre Dakar et le Mali, Tambacounda est aussi la porte de la nouvelle région administrative de Kédougou et de son chef-lieu, la ville de Kédougou. Les liens entre les deux villes ont aidé à la propagation du rat noir à la suite de la mise en service, dans les années 1990, d'une route bitumée offrant au trafic international un second axe vers l'est.

Tambacounda a vu sa population passer de 68155 habitants en 2002 à 127886 en 2018. La ville présente une diversité paysagère et fonctionnelle intra-urbaine favorable au rat noir; elle comporte des lieux proches les uns des autres (marchés, hangars agricoles, magasins), susceptibles de favoriser sa propagation (fig. 1). En 1994, de nombreux piépages ont eu lieu dans le quartier Légal Pont, puis des captures ont été effectuées en septembre 2007 en deux points de la ville, avant qu'un échantillonnage complet ne soit réalisé dans l'ensemble des quartiers, en 2014, pour le programme Chancira (fig. 2). Une typologie de l'occupation de l'espace urbain et de l'habitat humain a permis d'identifier douze sites de piépages représentatifs de la diversité de la ville. L'association systématique de pièges pour musaraignes et souris d'une part, pour rats d'autre part, a permis de capturer plus de 500 micromammifères en 2000 nuits-pièges.

Le rendement moyen de piépage à Tambacounda est de 25,9%, avec de fortes inégalités selon les quartiers (10,4% à la Sodefite, 38% à Quinzambougou; de 29 à 32% dans les quartiers centraux). Les piépages réalisés dans les entrepôts de grands commerçants présentent aussi de fortes disparités d'un lieu à un autre (minimum 20% au marché central, fig. 3; max. 40% dans un cas de la rue Aynina Fall, fig. 4).

Figure 1 - Le rat noir à Tambacounda : localisation et diffusion dans l'espace urbain

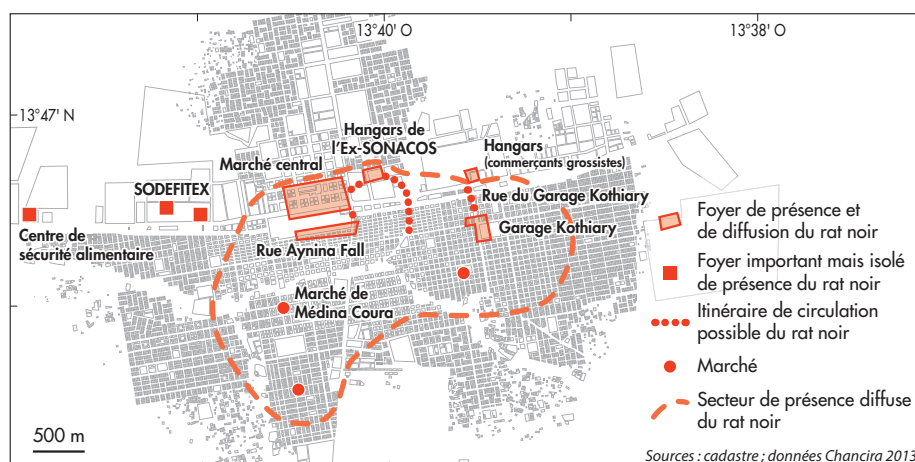


Figure 2 - Abondance relative d'espèces de micromammifères par secteur d'enquêtes à Tambacounda

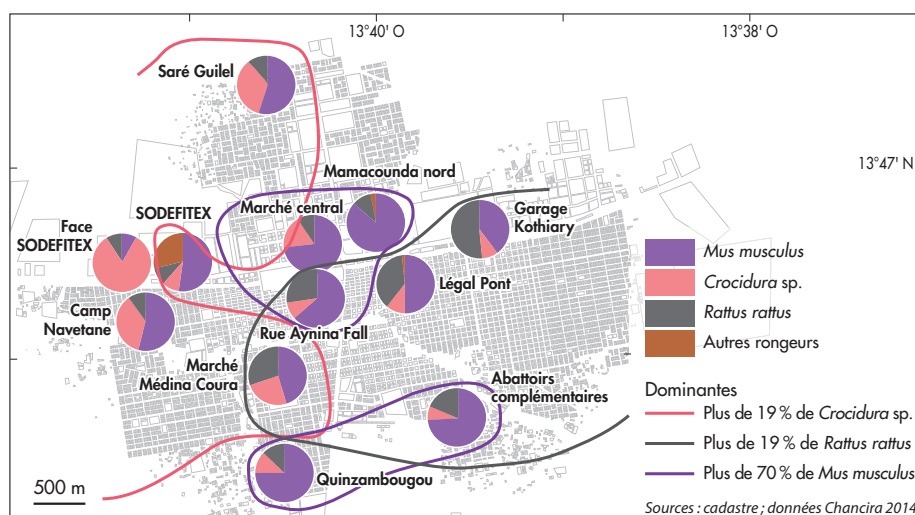


Figure 3 - Étals de petits commerçants au marché central de Tambacounda (abondance moyenne de rats noirs)



Figure 4 - Entrepôts d'un grand commerçant, rue Aynina Fall à Tambacounda (forte abondance de rats noirs)

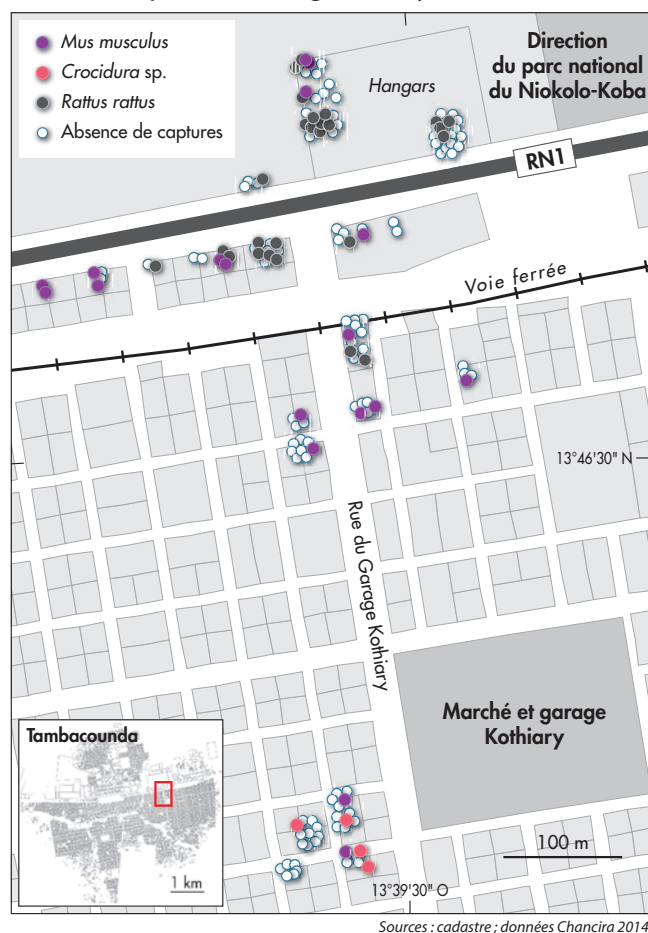




Alors que le rat noir a été le seul rongeur capturé en 1994, en 2012-2013, il apparaît après la souris domestique, devenue l'espèce la plus abondante (61% des captures). Il est présent dans seulement 21% des captures, une espèce de musaraigne dans 16%, et les rongeurs endémiques également dans 16%.

Mais la distribution des espèces est loin d'être uniforme. La souris (*Mus musculus*) est l'espèce dominante dans dix des sites échantillonnés à Tambacounda. Dans cinq secteurs, elle dépasse 70% des captures, à la fois au centre-nord (notamment le marché central et la rue commerçante Aynina Fall, soit le cœur de Tambacounda) et au sud de la ville (Quinzambougou, Abattoirs complémentaires). Rat noir et musaraigne ne dominent chacun que dans un seul quartier. Les musaraignes (*Crocidura* sp.) ne prévalent que dans la périphérie ouest de la ville. À l'inverse, *Rattus rattus* est plus abondant à l'est, notamment à Garage Kothiary (51% des captures), quartier lié aux milieux ruraux environnants situés au nord-est de la ville (fig. 2 et fig. 5). On le trouve dans des poches discontinues et denses, plutôt exclusives des autres espèces. L'une d'elles est constituée par les hangars d'un grand commerçant et exploitant agricole, et leurs abords.

**Figure 5 - Localisation des captures de micromammifères dans le quartier de Garage Kothiary à Tambacounda**



Sources : cadastre ; données Chancira 2014

De son côté, la ville de Kédougou connaît une dynamique urbaine importante autour d'un vieux centre conservé. Son peuplement a profité de la création de la nouvelle région en 2008 et du développement de l'exploitation aurifère : la population est passée de 16 689 habitants en 2002 à 35 394 en 2018 (fig. 6).

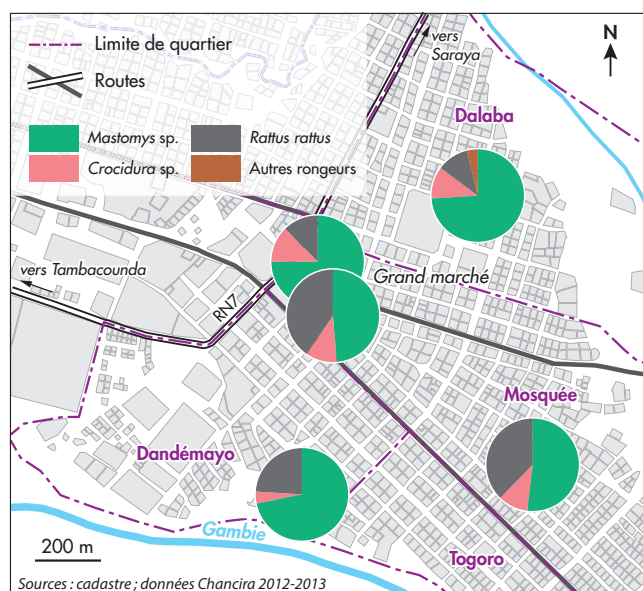
**Figure 6 - Entrepôts de commerçants sur la RN7 dans les environs du grand marché de Kédougou**



© O. Ninot, 2014

Le rat noir n'y trouve pour l'heure qu'un lieu d'accueil, sans s'étendre vers l'arrière-pays. Point d'aboutissement de la diffusion actuelle, la ville de Kédougou a fait l'objet de piégeages depuis plus de vingt ans (fig. 7). *Rattus rattus* a été capturé pour la première fois en 1998 à Dandémayo, présence confirmée en 1999. Il a été piégé aux entrées nord-est (2004), puis nord-ouest de la ville. En 2012-2013, il est présent dans les cinq sites échantillonnés. Il n'a jamais été observé en dehors de la ville.

**Figure 7 - Abondance relative d'espèces de micromammifères par secteur d'enquêtes à Kédougou**



Sources : cadastre ; données Chancira 2012-2013

La propagation du rat noir de Tambacounda vers Kédougou s'appuie sur l'ouverture en 1996 de la route goudronnée, qui a engendré l'augmentation massive du trafic de camions. L'espèce a pu s'installer durablement à Kédougou, malgré la présence du rongeur endémique (*Mastomys natalensis*), avec lequel le rat noir doit partager l'espace urbain. La présence d'une population de *Rattus rattus* dans les quartiers de Tambacounda hébergeant commerces de gros et hangars favorise le maintien de flux de populations murines avec le Sénégal oriental, notamment Kédougou.

J.-L. Piermay, I. Sy, L. Granjon, J.-M. Duplantier, K. Bâ, M. Diallo, P. Gauthier, M. Kane, Y. Niang, A. Sow, P. Handschumacher

## INÉGALITÉS DE DISTRIBUTION DE *RATTUS RATTUS* SELON LES DIFFÉRENTS CONTEXTES URBAINS ET VILLAGEOIS

La distribution du rat noir au Sénégal oriental fait apparaître de fortes disparités entre localités : il peut être soit absent, soit dominant au sein des communautés de petits mammifères commensaux de la région. Ces différences ne paraissent pas répondre à une simple logique géographique. De ce fait, nous avons recherché les facteurs explicatifs des disparités, en développant une approche corrélative entre les données de distribution du rongeur et les données d'organisation et de fonctionnement des localités échantillonnées.

Figure 1 - L'équipe d'enquêtes franco-sénégalaise dans les villages du Sénégal oriental



Entre avril et juin 2013, de multiples données sur les caractéristiques socio-économiques ont été collectées dans 32 localités, dont 26 dans lesquelles le piégeage de petits mammifères a également été réalisé. 19 variables catégorielles ont été renseignées à partir d'entretiens réalisés auprès des personnes-ressources des localités concernées (chefs de village, maires, responsables agricoles, boutiquiers) (fig. 1). Ces variables concernent trois grandes thématiques : activités économiques ; stockage et commerce ; connectivité au réseau routier et de transport (présentées p. 30-31). Les données d'occurrence et d'abondance des petits mammifères ont été collectées selon les principes et protocoles décrits aux pages 32 et 33.

Les localités enquêtées se répartissent en quatre groupes, selon une typologie synthétique de leurs caractéristiques géographiques : degré d'activité commerciale, intégration aux réseaux commerciaux et agricoles, connectivité aux réseaux routier et de transport (fig. 2).

Parmi elles, on distingue les villages qui sont intégrés à l'économie régionale et ceux qui demeurent isolés. Apparaissent des villages où l'économie minière a pris le dessus sur le reste. Quant aux pôles urbains, souvent centres administratifs, ils rayonnent au-delà de leur périmètre traditionnel.

Figure 2 - Typologie géographique des sites d'enquêtes



■ Les «villages ruraux structurants» (fig. 3) présentent, à côté de l'agriculture, une économie diversifiée, favorisée par leur intégration aux divers types de réseaux.

■ Les «villages ruraux marginaux» (fig. 4) reposent sur une économie agricole de subsistance. Plus ou moins intégrés au réseau de transport, ils adoptent des modes de gestion communautaire des stocks agricoles.

■ Les «villages miniers» forment des centres commerciaux locaux actifs qui demeurent isolés des réseaux commerciaux, agricoles, et des infrastructures routières.

■ Les «pôles urbains» (fig. 5) ont un rôle structurant dans les territoires en tant que nœuds commerciaux et de transport majeurs.

Source : enquêtes Chancira 2013

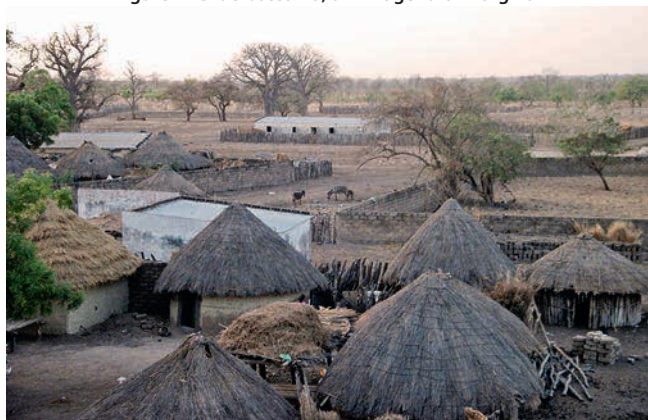


Figure 3 - Youpe Hamady, un village rural structurant



© H. Lucaccioni, 2013

Figure 4 - Dide Gassama, un village rural marginal



© H. Lucaccioni, 2013

Figure 5 - Kidira, pôle urbain structurant les transports régionaux et internationaux

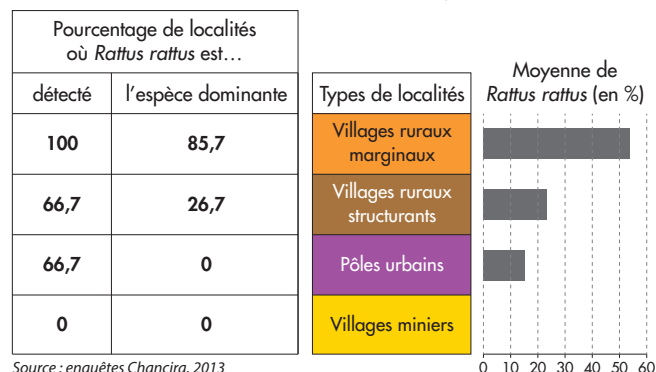


© J. Lombard, 2000

Les données corrélant la présence, la dominance ou la proportion de *Rattus rattus* (par rapport à l'ensemble des petits mammifères commensaux) avec les groupes de localités issus de la typologie synthétique concordent pour indiquer que l'espèce apparaît particulièrement bien représentée dans les localités rurales (fig. 6) :

- en termes de présence (telle que détectée par le piégeage), le rat noir est observé dans tous les villages ruraux marginaux, dans 67 % des localités rurales structurantes, dans 67 % des localités de type urbain, mais dans aucun village minier. Ce dernier résultat tient au fait que ces localités sont situées dans la région de Kédougou où, à l'exception de la ville même de Kédougou, l'espèce est absente ;
- le rat noir est l'espèce dominante du peuplement de rongeurs commensaux dans 27 % des localités rurales structurantes et 86 % des villages ruraux marginaux ;
- enfin, globalement, la proportion moyenne de rat noir dans les peuplements de petits mammifères commensaux décroît depuis

les villages ruraux marginaux (où cette proportion est significativement plus élevée que dans tous les autres types de localités) jusqu'aux pôles urbains.

Figure 6 - Situation de *Rattus rattus* selon la typologie des localités

Même s'il est probable que les axes de déplacement préférentiels du rat noir suivent les routes nationales supportant le trafic routier principal, les pôles urbains, tels que Goudiry ou Kidira, qui constituent des nœuds commerciaux et de transport majeurs dans la région (fig. 7), ne représentent pas des sites d'installation préférentielle de l'espèce. En revanche, les villages, en particulier ceux situés en marge des circuits commerciaux et de transport, apparaissent comme des lieux où le rat noir maintient ses effectifs les plus solides. Parmi les paramètres qui doivent être considérés pour expliquer le succès de la colonisation (*i.e.* établissement et prolifération) de *Rattus rattus*, les caractéristiques propres à chaque localité occupent une place majeure (structure de l'habitat, présence de stocks agricoles). De même, les conditions écologiques sous-jacentes à la composition des communautés de petits mammifères locaux jouent également un rôle. La présence et/ou l'abondance d'espèces potentiellement en compétition avec le rat noir pour les ressources disponibles (souris domestique *Mus musculus*, grande musaraigne *Crocidura olivieri* et rat à mamelles multiples, *Mastomys natalensis* en particulier) représentent sans aucun doute des facteurs prépondérants.

Figure 7 - Route Tambacounda-Goudiry-Kidira, axe de transport national et international au Sénégal oriental



© J. Lombard, 2001

La connaissance précise du territoire régional et des sites d'habitation, qu'ils soient pôle urbain ou village, apparaît indispensable pour préciser les conditions dans lesquelles le rat noir se propage de place en place. Cela ne peut se faire qu'en interaction avec les spécialistes de l'évolution des paysages et les mammalogistes.

H. Lucaccioni, L. Granjon



## ANALYSE SYNTHÉTIQUE DE LA RELATION ENTRE TRANSFORMATIONS TERRITORIALES ET DYNAMIQUES DE L'INVASION DU RAT NOIR

Dans les périphéries en mutation du sud-est du Sénégal, l'émergence et la diffusion spatiale du risque infectieux s'avèrent être le produit d'une interaction complexe entre dynamiques territoriales et dynamiques d'invasion du rat noir, à différentes échelles et selon différentes temporalités. La compréhension de cette interaction conduit à identifier et à hiérarchiser les modalités spatiales et temporelles d'émergence de vulnérabilités territoriales face aux risques sanitaires.

L'approche adoptée dans le programme Chancira a permis de dépasser les conceptions épidémiologiques et médicales du risque infectieux, ainsi que la logique binaire de diffusion dans l'espace (d'un point A à un point B). La méthodologie exploratoire, avec laquelle nous avons dressé la géographie du rat et des hommes, a aidé à développer une approche holistique des relations entre dynamiques territoriales et du risque, tout en surmontant les *a priori* sur les catégories et les modèles sociospatiaux. La démarche ne prétend pas être sans limites, ni s'affranchir de la nécessité d'une approche biomédicale ou pluridisciplinaire.

Les dynamiques spatio-temporelles du rat noir révèlent la géographie complexe d'une périphérie territoriale ouest-africaine en phase d'ouverture. La production et l'organisation des espaces du Sénégal oriental résultent d'héritages et de recompositions mis en œuvre par les multiples opérateurs territoriaux formels et informels, ayant servi de support à la progression inégale de *Rattus rattus*. Ainsi, l'analyse des territoires des hommes et de leurs dynamiques contribue à la compréhension des vulnérabilités face au risque d'émergence infectieuse, dans le contexte actuel de transformation des espaces et des sociétés. L'extension et l'intensification des échanges marchands intrarégionaux (fig. 1) et le développement spectaculaire des centres urbains de Tambacounda et de Kédougou (fig. 2 et fig. 3) créent les conditions favorables à la possible diffusion de *Rattus rattus* et augmentent la vulnérabilité territoriale face au risque infectieux.

Figure 1 - Insertion des localités enquêtées dans les réseaux marchands régionaux

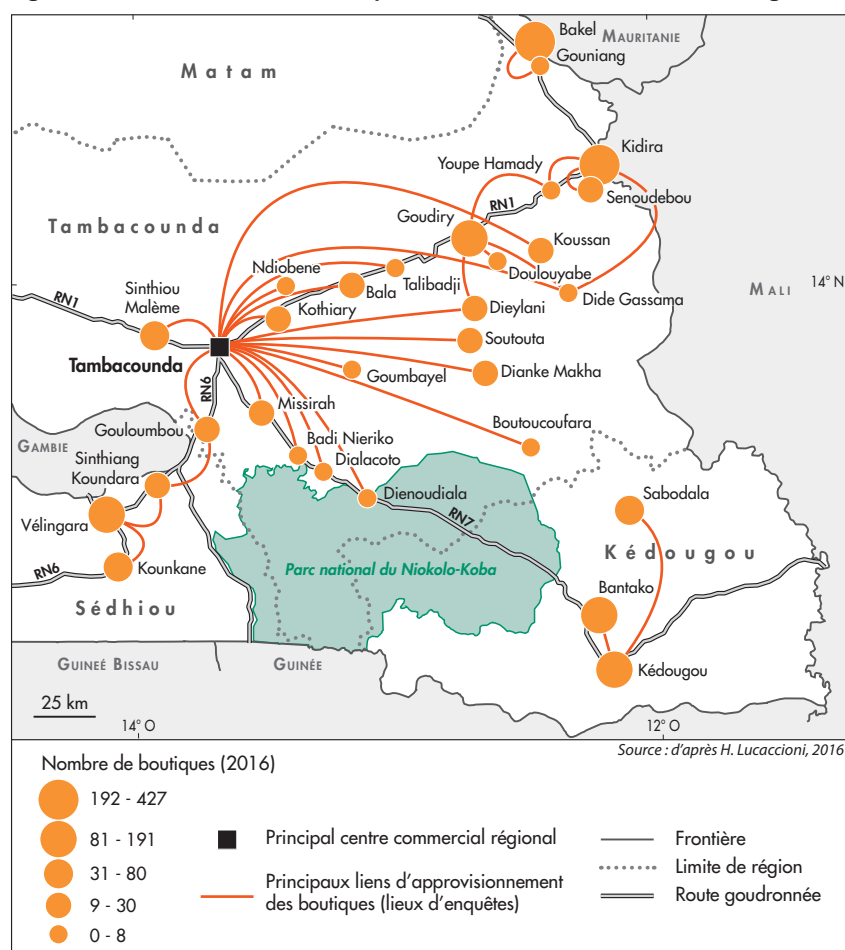


Figure 2 - Étalement urbain de Kédougou (2005-2019)

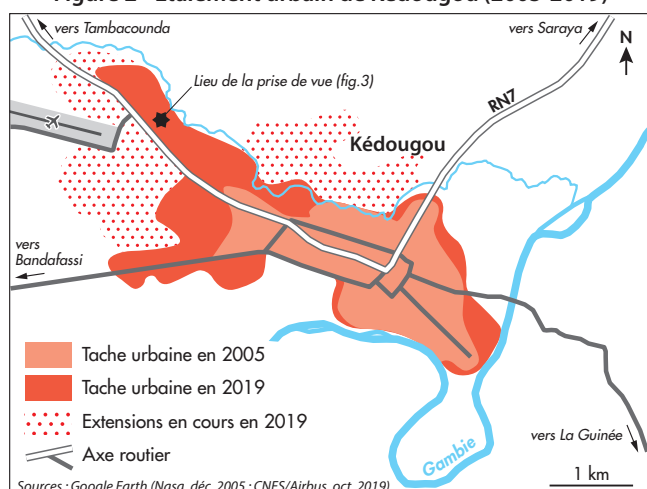


Figure 3 - Lotissement en construction dans la périphérie de Kédougou



En adoptant une approche systémique de la diffusion spatiale au prisme des territoires, il apparaît que l'expansion du rongeur ne répond pas à un simple schéma fondé sur la hiérarchie administrative structurelle ou la distance spatiale entre foyers et lieux d'invasion. C'est plutôt dans l'articulation, à plusieurs échelles, des espaces, des lieux et des liens que nous pouvons comprendre les dynamiques d'invasion du rat noir. La stabilité ou l'instabilité des systèmes territoriaux oriente et module, dans le temps, les formes de la diffusion spatiale du rat noir (fig. 4). Ainsi, l'extension des aires de polarisation intrarégionales et la quasi disparition des zones isolées ont favorisé la diffusion de *Rattus rattus*, sauf dans l'extrême sud-est. Dans cette zone, en proie à des changements brutaux et profonds (boom aurifère, corridor routier international), l'émergence d'un nouveau foyer dans la ville de Kédougou, devenue par ailleurs un centre commercial important, crée les conditions pour le développement d'une nouvelle vague de propagation dans les prochaines années.

Les processus de diffusion qui sous-tendent l'existence du risque infectieux s'expriment au sein de systèmes territoriaux complexes et multiscalaires, qui agissent en combinaison avec des systèmes bioécologiques d'invasion. En outre, les vulnérabilités des systèmes territoriaux à la diffusion de l'hôte zoonotique ne peuvent être transposées d'un lieu à l'autre de manière simple, si l'on souhaite appréhender le risque épidémiologique induit par la présence de l'hôte. Il existe une hiérarchisation des dynamiques spatiales et temporelles du risque infectieux et des vulnérabilités territoriales.

L'analyse géographique des périphéries orientales du Sénégal révèle des différences d'exposition à l'émergence des risques zoonotiques, telles que synthétisées dans la figure 5. Les multiples combinaisons des facteurs en jeu dans les mécanismes de colonisation de *Rattus rattus* produisent des conditions de vulnérabilités inégales entre les quatre catégories de sites d'enquêtes (voir p.46-47).

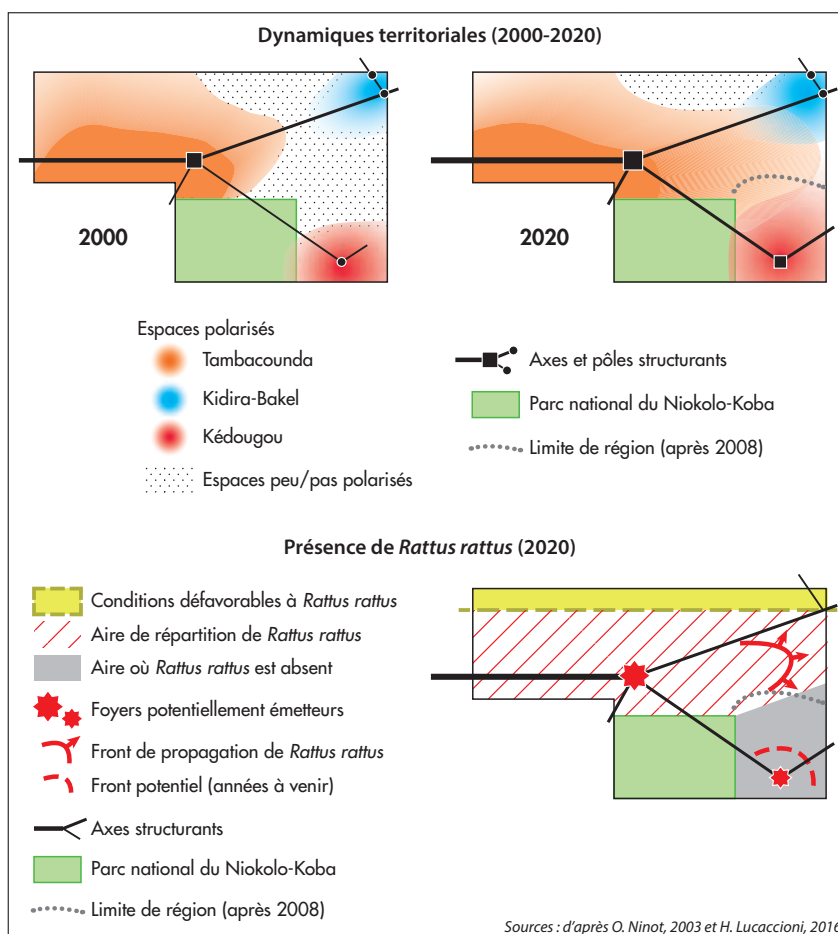
Figure 5 - Synthèse des facteurs de colonisation de *Rattus rattus*

		Villages ruraux marginaux	Villages ruraux structurants	Pôles urbains	Villages miniers
Propagation	Liens directs et réguliers avec un foyer émetteur		●	●	●
	Liens directs occasionnels avec un foyer émetteur	●			
	Position sur ou proche d'un axe goudronné		●	●	
Prolifération	Environnement favorable	●	●	●	●
	Faible compétition avec d'autres espèces commensales	●			
	Taille démographique (stocks de nourriture)	●	●	●	●

● Facteurs environnementaux  
● Facteurs territoriaux  
● Structure (axes, pôles)  
● Fonctionnement (liens, flux)

Source : d'après H. Lucaccioni, 2016

Figure 4 - Dynamiques territoriales et présence de *Rattus rattus*



Sources : d'après O. Ninot, 2003 et H. Lucaccioni, 2016

L'approche systémique du territoire intègre la complexité des processus de production des vulnérabilités territoriales et autorise à dépasser une approche causale et réductrice du risque infectieux et de ses facteurs. Plus encore, elle invite à s'intéresser aux formes des dynamiques spatio-temporelles du risque infectieux plutôt qu'à des niveaux de risque figés. Cette approche ouvre alors des perspectives de réponses aux enjeux sanitaires contemporains par l'interrogation des interrelations entre dynamiques territoriales et émergence de risques.

Dans les pays du Sud, face aux défis de l'incertitude, les mutations contemporaines offrent aux géographes des horizons nouveaux à explorer. Les enjeux sanitaires appellent à l'étude des interrelations entre les dynamiques territoriales et les dynamiques du risque infectieux émergent. Ils invitent à la pluridisciplinarité et à l'engagement des différentes disciplines au service d'un objectif commun et coconstruit.

H. Lucaccioni,  
P. Handschumacher,  
O. Ninot

## L'IMPORTANCE DE LA LOCALISATION DES STRUCTURES DE SOINS SENTINELLES DANS LA SURVEILLANCE DE LA DISTRIBUTION DES PATIENTS FÉBRILES

Un observatoire virologique, destiné à suivre la circulation virale dans la région de Kédougou, a été mis en place par l'Institut Pasteur de Dakar depuis 2009 ; il s'appuie sur les deux hôpitaux de Kédougou (civil et militaire) et sur le centre de soins de Bandafassi. Du fait de l'importance de la patientèle arrivant en consultation, des prélèvements sont effectués chez les patients fébriles, dans le but d'identifier de possibles virus circulant dans la zone. En l'absence de diagnostic paludéen positif, une recherche de virus est réalisée dans les locaux de l'IPD. La capacité à effectuer les prélèvements avec des personnels qualifiés, leur conservation dans de bonnes conditions ainsi que l'accessibilité depuis l'antenne locale de l'IPD expliquent le choix des trois centres médicaux. Une analyse critique de l'aire de chalandise de cet observatoire montre la plus-value apportée par l'introduction de critères d'ordre géographique dans le choix des structures sentinelles, pour une meilleure couverture de la zone surveillée.

Le peuplement humain de la zone de Kédougou est distribué de manière inégale (fig. 1) : la capitale régionale héberge la grande majorité de la population, tandis qu'une grande part de la population rurale se concentre le long des routes. La distribution des populations rurales diminue fortement dès que l'on s'éloigne des axes de transport et de la ville, même si de nombreux petits

villages subsistent sur les contreforts des massifs montagneux, notamment à la frontière avec la Guinée. La répartition de la population de patients fébriles traduit l'inégalité de peuplement et la rugosité de ce territoire hétérogène, ce qui permet de tirer des enseignements sur la prise en compte de l'espace dans la mise en place d'observatoires épidémiologiques.

Figure 1 - Distribution de la population dans la zone d'étude

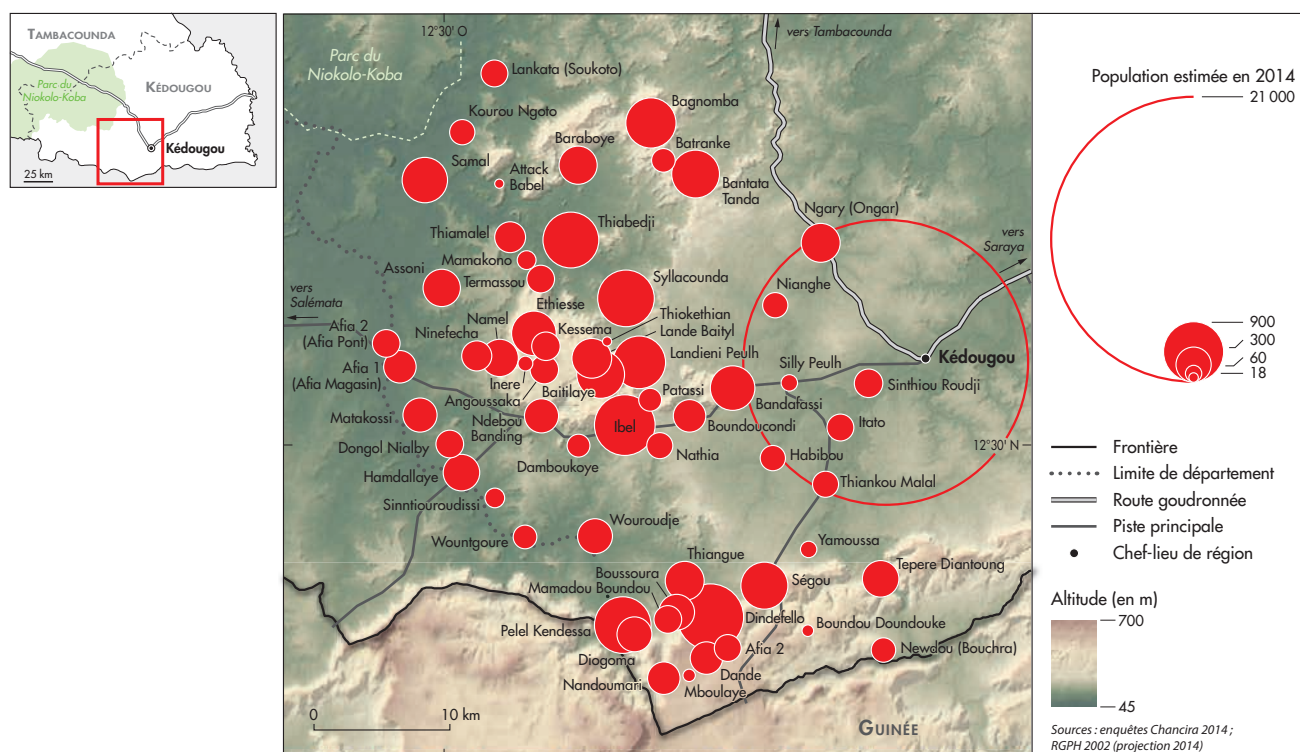


Figure 2 - Guichet d'accueil de l'hôpital de Kédougou



L'analyse de la distribution de l'information épidémiologique, issue des registres des trois structures de santé du réseau de surveillance (fig. 2), illustre la concentration géographique de la patientèle dans certains villages, en décalage avec la réalité du peuplement. Ainsi, nous pouvons observer une prédominance des patients situés à proximité des structures de l'observatoire et des voies goudronnées (fig. 3). Les habitants de Kédougou et de Bandafassi constituent ainsi l'essentiel de la patientèle. Celle-ci diminue rapidement pour les résidents des villages éloignés du réseau routier et plus progressivement pour ceux situés le long des axes bitumés. Les espaces enclavés (de fait l'ensemble des villages distants des axes routiers) n'apparaissent pas dans la distribution des cas fébriles consultant les structures de soins de



Figure 3 - Distribution de l'offre de soins en 2014 autour de Kédougou

l'observatoire (notamment la zone au nord de l'axe routier Bandafassi-Salémata), voire disparaissent du réseau de surveillance (espace montagneux sur la frontière sénégal-guinéenne; fig. 4).

Le dépistage de virus, qui s'appuie sur un nombre de patients quantitativement important, ne rend pas compte de la distribution spatiale réelle de la population humaine et néglige de potentiels virus émergents hors des aires d'attraction des structures de l'observatoire épidémiologique. Une modification des critères de choix des structures sentinelles, s'appuyant au moins autant sur leur représentativité géographique que sur l'importance numérique de leur patientèle, permettrait de mieux rendre compte de la distribution de la population dans l'espace, ainsi que des contraintes de l'accessibilité aux soins (fig. 5). Cette question est particulièrement importante dans le cas d'épidémies soudaines qui demandent une grande réactivité de la part des services de santé locaux, avant que les agents infectieux ne se diffusent plus largement dans les espaces urbains.

Figure 5 - Difficiles conditions de circulation à la frontière entre le Sénégal et la Guinée



Dans un contexte de risque sanitaire majeur, accru par l'existence de la fièvre Ebola en Guinée ou, de façon plus pernicieuse, par la présence latente de la fièvre de Lassa, la connaissance et la compréhension des voies de propagation de maladies, ainsi que celle des espaces potentiellement vulnérables aux maladies émergentes, constituent des enjeux majeurs de santé publique.

Ce regard critique, porté sur l'information épidémiologique dans la zone frontalière de la région de Kédougou, permet de reconsidérer l'organisation des observatoires en général, en intégrant une notion trop rarement prise en compte, la représentativité géographique.

A. Mocquot, P. Handschumacher, A. A. Sall

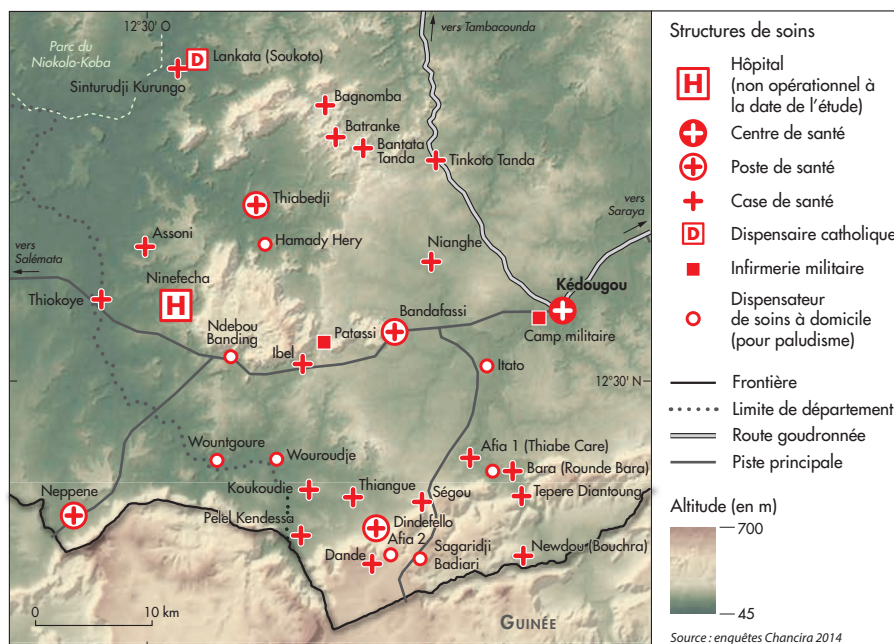
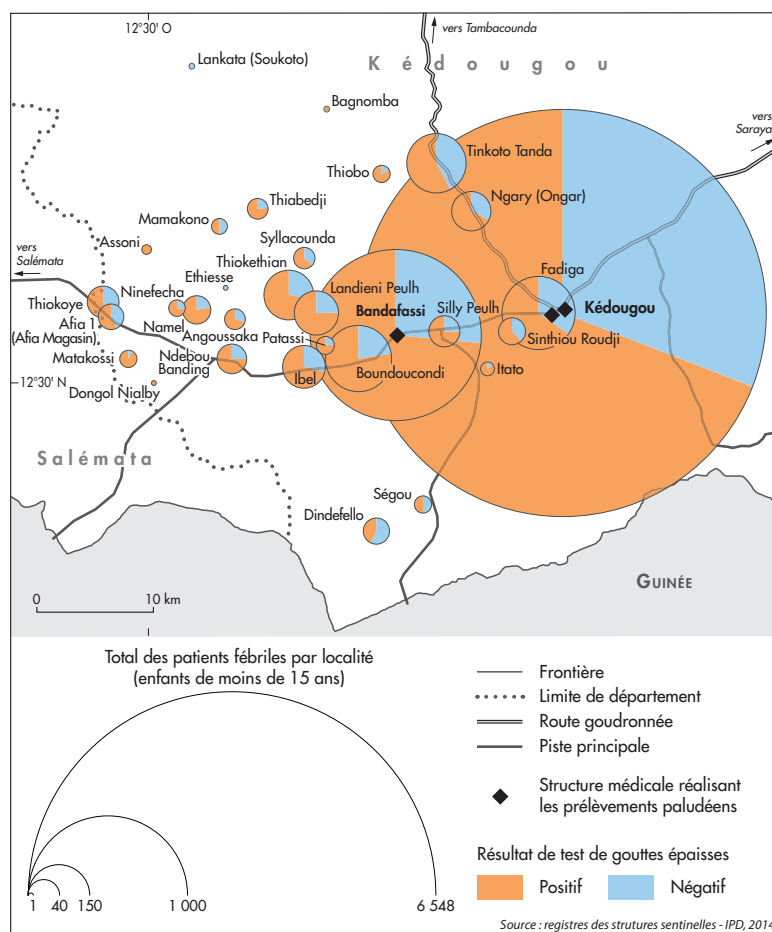


Figure 4 - Origines géographiques des patients fébriles dépistés dans l'une des trois structures sentinelles sur la période 2009-2013





## CONCLUSION

À l'issue du programme interdisciplinaire Chancira, l'*Atlas des relations homme - rat noir - zoonoses au Sénégal* propose un éclairage original sur la complexité des processus régissant la diffusion et à la propagation du vivant, à partir de l'exemple des dynamiques spatiales et temporelles du rat noir, réservoir potentiel de zoonoses dangereuses pour la santé humaine. Profitant des transformations des paysages et de la circulation des hommes et des biens, *Rattus rattus* a modifié son aire de répartition. Au départ présent dans les villes portuaires, il s'est par la suite déployé de manière accélérée jusque dans l'est du pays. Au gré de la progression des axes de transport, de l'accroissement des flux de marchandises, de la transformation des environnements, de la rencontre avec des espèces concurrentes, ce rongeur commensal a conquis de nouveaux territoires. L'extension de son aire d'installation montre que les régions de Tambacounda et Kédougou sont devenues partie prenante des transformations qui ont cours dans l'ensemble du pays. Sa présence dans la région de Kédougou pointe aussi l'émergence d'une nouvelle centralité urbaine, à Kédougou même, qui constitue le point d'aboutissement actuel de *Rattus rattus* vers l'est.

Les transformations géographiques et économiques n'expliquent pas de manière linéaire les dynamiques spatiales et temporelles de *Rattus rattus*. Certains échanges commerciaux ponctuels, développés dans un contexte propice (autour des magasins de grains), favorisent son implantation dans des villages reculés, alors que les flux de marchandises au départ de Tambacounda, pourtant massifs, se révèlent moins porteurs. La proximité n'est pas non plus synonyme de conquête, certains rongeurs pouvant provenir directement de l'ouest du pays, à bord de camions destinés aux campagnes. L'appauvrissement de la végétation arborée ralentit la propagation de *Rattus rattus*. Ce dernier est surtout confronté dans son expansion aux rongeurs endémiques de l'est du Sénégal (*Mastomys natalensis*) et à la souris domestique, qui lui disputent les mêmes espaces.

Les recherches menées dans le cadre du programme Chancira soulèvent de nouvelles questions sur les dynamiques spatiales du rat noir. La contextualisation des processus de conquête s'impose pour mieux comprendre les conditions de succès ou d'échec de son installation et l'émergence d'espaces partagés avec les humains. Une recherche spécifique sur la ville de Kédougou, où le rat noir apparaît freiné par *Mastomys natalensis*, est nécessaire. Des interrogations sur les trafics candidats subsistent, engendrées par l'impossibilité d'observer les rongeurs à bord des camions ou lors des chargements. L'exploitation de données élaborées par un réseau d'observateurs (*Citizen science*) représente une solution possible. Si les travaux ont permis de mieux comprendre les dynamiques spatiales du rat noir et les mécanismes qui les supportent, il n'en a pas été de même concernant le passage à l'homme des agents infectieux dont il est porteur. La comparaison des données virologiques chez les humains rend difficile le repérage de risques liés à la présence de ce rongeur commensal et à l'ancienneté de son implantation. Cela suffit-il pour autant à éliminer la notion de risque en l'absence de tout processus épidémique ? Augmentation de l'échantillon, prise en compte de l'ensemble des réservoirs animaux potentiels qui environnent les habitants des villages étudiés, permettant de relativiser la place du rat noir dans cette communauté, sont autant de pistes à explorer, qui replacent les sociétés humaines au centre du système épidémiologique.

En proposant une valorisation synthétique des travaux de recherche, le présent atlas se veut le reflet des résultats produits et des interrogations qui émergent. En d'autres lieux, à d'autres échelles, avec d'autres modèles, de telles approches interdisciplinaires méritent d'être développées et de nourrir la réflexion comparative sur la production des risques engendrés par la diffusion du vivant.

P. Handschumacher, J. Lombard, M. Diallo, J.-M. Duplantier



## BIBLIOGRAPHIE

Agence nationale de la statistique et de la démographie, 2008. *Résultats définitifs du troisième recensement général de la population et de l'habitat (2002)*. Rapport National de Présentation. Dakar, ANSD, 163 p.

Agence nationale de la statistique et de la démographie, 2014. *Migration et urbanisation*. Rapport définitif RGPHAE 2013. Dakar, ANSD, 418 p.

Aïdara D. C., 2011. *Approche géographique de la santé et du développement au Sénégal: l'exemple de la région de Kédougou*. Thèse de doctorat en Géographie, Université de Rouen, 375 p.

Aplin K. P., Suzuki H., Chinen A. A., Chesser R. T., ten Have J., Donnellan S. C., Austin J., Frost A., Gonzalez J. P., Herbreteau V., Catzeffis F., Soubrier J., Fang Y.-P., Robins J., Matisoo-Smith E., Bastos A. D. S., Maryanto I., Sinaga M. H., Denys C., Van den Bussche R. A., Conroy C., Rowe K., Cooper A., 2011. Multiple Geographic Origins of Commensalism and Complex Dispersal History of Black Rats. *PLoS ONE* [En ligne], vol. 6, n° 11, e26357.  
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0026357>

Atlas du Sénégal, 2000. Paris, Éditions Jeune Afrique, coll. « Les Atlas de l'Afrique », 84 p.

Atlas du Sénégal, 2007. Paris, Éditions Jeune Afrique, coll. « Les Atlas de l'Afrique », 136 p.

Bonnardel R., 1992. *Saint-Louis du Sénégal: mort ou renaissance ?* Paris, L'Harmattan, 424 p.

Cazanove F., 1932. Le problème du rat dans le territoire de Dakar et dépendances. In: Petit G. (ed.), *Actes de la deuxième conférence internationale du rat et de la peste*. Paris, 7-12/10/1931, p. 108-144.  
Facsimilé en ligne: <https://numba.cirad.fr/ark:/12148/bpt6k97339649/f11.item.texteImage>

Copans J., 1980. *Les marabouts de l'arachide*. Paris, Le Sycomore, 263 p.

Cornuet J.-M., Santos F., Beaumont M. A., Robert C. P., Marin J.-M., Balding D. J., Guillemaud T., Estoup A., 2008. Inferring population history with *DIYABC*: a user-friendly approach to approximate Bayesian computation. *Bioinformatics* [En ligne], vol. 24, n° 23, p. 2713-2719.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btn514>

Dalecky A., Bâ K., Piry S., Lippens C., Diagne C., Kane M., Sow A., Diallo M., Niang Y., Konečný A., Sarr N., Artige E., Charbonnel N., Granjon L., Duplantier J.-M., Brouat C., 2015. Range expansion of the invasive house mouse *Mus musculus domesticus* in Senegal, West Africa: a synthesis of trapping data over three decades, 1983-2014. *Mammal Review* [En ligne], n° 45, p. 176-190.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/mam.12043>

Diagne M. M., 2017. *Impact virologique de l'invasion du rat noir (Rattus rattus) au Sénégal oriental*. Thèse de doctorat en Génétique des populations, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 258 p.

Diagne M. M., Gaye A., Ndione M. H. D., Faye M., Fall G., Dieng I., Widen S. G., Wood T. G., Popov V., Guzman H., Bâ Y., Weaver S. C., Diallo M., Tesh R., Faye O., Vasilakis N., Sall A. A., 2019. Dianke virus: a new mesonivirus species isolated from mosquitoes in Eastern Senegal. *Virus Research* [En ligne], vol. 275, 197802.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2019.197802>

Diallo M. L., 2017. *Le Sénégal des mines: les territoires de l'or et du phosphate*. Paris, L'Harmattan, 352 p.

Ehounoud C.B., Fenollar F., Dahmani M., N'Guessan J. D., Raoult D., Mediannikov O., 2017. Bacterial arthropod-borne diseases in West Africa. *Acta Tropica* [En ligne], n° 171, p. 124-137.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.03.029>

Granjon L., Duplantier J.-M., 2009. *Les rongeurs de l'Afrique sahélo-soudanaïenne*. Marseille, IRD Éditions, 240 p.

Konečný A., Estoup A., Duplantier J.-M., Bryja J., Bâ K., Galan M., Tatard C., Cosson J.-F., 2013. Invasion genetics of the introduced black rat (*Rattus rattus*) in Senegal, West Africa. *Molecular Ecology*, vol. 22, n° 2, p. 286-300.

Lake L.-A., Touré S. N., 1985. *L'expansion du bassin arachidier, Sénégal 1954-1979: approche cartographique et interprétation dynamique*. Paris, INSEE [note Amira, n° 48], 102 p.

Le Fur J., Guilavogui A., Teitelbaum A., 2011. Contribution of local fishermen to improving knowledge of the marine ecosystem and resources in the Republic of Guinea, West Africa. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 68, n° 8, p. 1454-1469.

DOI: <https://doi.org/10.1139/f2011-061>

Le Fur J., A. Mboup P., Sall M., 2017. A Simulation Model for Integrating Multidisciplinary Knowledge in Natural Sciences - Heuristic and Application to Wild Rodent Studies. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*. Volume 1: SIMULTECH, p. 340-347.

DOI: 10.5220/0006441803400347

Lombard J., 2015. *Le monde des transports sénégalais : ancrage local et développement international*. Marseille, IRD Éditions, 276 p.

Lucaccioni H., 2016. *Espaces, liens, et santé: dynamiques d'invasion d'un hôte de zoonoses dans un territoire en mutation: cas du rat noir au Sénégal oriental*. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris-Ouest Nanterre-La Défense, 340 p.

Lucaccioni H., 2017. Une géographie des vulnérabilités territoriales face aux risques zoonotiques émergents. *Revue francophone sur la santé des territoires* [En ligne], mars, p. 16-19.

DOI: [https://rfst.hypotheses.org/files/2017/03/Seminaire-Commission-Santé-CNFG\\_jeunes-chercheurs\\_2016-17.pdf](https://rfst.hypotheses.org/files/2017/03/Seminaire-Commission-Santé-CNFG_jeunes-chercheurs_2016-17.pdf)

Lucaccioni H., Granjon L., Dalecky A., Fossati O., Le Fur J., Duplantier J.-M., Handschumacher P., 2016. From Human Geography to Biological Invasions: The Black Rat Distribution in the Changing Southeastern of Senegal. *PLoS ONE* [En ligne], vol. 11, n° 9, e0163547.

DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163547>

Meerburg B. G., Singleton G. R., Kijlstra A., 2009. Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*, vol. 35, n° 3, p. 221-70.

Ministère de l'Équipement et des Transports terrestres, 1996. *Campagne nationale de comptage et d'enquêtes origine-destination*. Volume 2: Présentation des résultats du comptage. Dakar, Direction des Travaux publics/GIC.

Ministère des Infrastructures, des Transports terrestres et du Désenclavement, 2013. *Campagne Nationale de Comptage Routier et d'Enquête Origine/Destination sur l'ensemble du réseau routier classé du Sénégal*. Dakar, Agence des travaux et de gestion des routes/GIC.

Ministère des Infrastructures, des Transports terrestres et du Désenclavement, 2017. *Élaboration d'un mémento de synthèse des transports routiers*. Rapport final. Dakar, Direction des Transports routiers, 98 p.

Mocquot A., 2014. *Système de soins et surveillance épidémiologique au Sénégal oriental*. Master 2 de Géographie, Université de Strasbourg, 157 p.

Ninot O., 2003. *Vie de relations, organisation de l'espace et développement en Afrique de l'Ouest: la région de Tambacounda au Sénégal*. Thèse de doctorat en Géographie, Université de Rouen, 460 p.

Rosevear D. R., 1969. *The Rodents of West Africa*. London, British Museum (Natural History), 604 p.

Sagna P., Ndiaye O., Diop C., Niang A. D., Sambou P. C., 2015. Les variations récentes du climat constatées au Sénégal: sont-elles en phase avec les descriptions données par les scénarios du GIEC ?. *Pollution atmosphérique* [En ligne], n° 227.

DOI: <http://odel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=5320>

Salzer S. J., Silver R., Simone K., Behraves C. B., 2017. Prioritizing Zoonoses for Global Health Capacity Building—Themes from One Health Zoonotic Disease Workshops in 7 Countries, 2014-2016. *Emerging Infectious Diseases* [En ligne], vol. 23, n° 13.

DOI: <https://dx.doi.org/10.3201/eid2313.170418>

Stragier C., Loiseau A., Kane M., Sow A., Diallo M., Niang Y., Gauthier Ph., Galan M., Granjon L., Brouat C., 2017. Biologie des populations urbaines de rongeurs invasifs à Dakar, Sénégal. In: *Journées Rongeurs du CBGP*, 12-13/10/2017, Montpellier. Communication non publiée.

Van Chi Bonnardel R., 1978. *Vie de relations au Sénégal: la circulation des biens*. Dakar, IFAN, Mémoire de l'Institut fondamental d'Afrique noire, n° 90, 927 p.

Van Der Laan H. L., 1981. Modern Inland Transport and the European Trading Firms in Colonial West Africa. *Cahiers d'études africaines*, vol. 21, n° 84, p. 547-575.

Cet ouvrage a été achevé d'imprimer sur les presses de l'imprimerie  
magenta Color à Paris en juillet 2021.  
Imprimé en France

Dépôt legal : 2021





# ATLAS DES RELATIONS HOMME-RAT NOIR-ZOONOSES AU SÉNÉGAL

## CONTRIBUTION INTERDISCIPLINAIRE À L'APPROCHE *ONE HEALTH*

**E**n observant et analysant la propagation du rat noir (*Rattus rattus*) au Sénégal, cet ouvrage souligne la dynamique spatiale d'un réservoir animal emblématique de zoonoses. Dans les confins orientaux du territoire sénégalais, ce rongeur commensal profite de la transformation des environnements et de la croissance des échanges marchands pour s'installer là où il est absent. L'étude du modèle dynamique fournit de nouvelles informations aux acteurs de la santé publique et de l'aménagement du territoire, dans le but de prévenir les risques d'émergence épidémiques.

L'atlas est issu du programme CHANCIRA (CHANGements environnementaux. Circulation de biens et de personnes: de l'invasion de réservoirs à l'apparition d'anthropozoonoses. Le cas du RAT noir dans l'espace sénégalais) et de la collaboration interdisciplinaire entre chercheurs de plusieurs établissements partenaires (l'IRD, l'IPD, l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, l'université de Ziguinchor, l'université Paris Nanterre et l'université de Strasbourg). Les deux premiers ensembles de cartes sont réalisés à partir de documents d'archives, de données d'enquêtes qualitatives et quantitatives et d'entretiens. Les informations ont été réunies et homogénéisées dans un système d'information spatialisé propice au développement de requêtes croisées: sur la durée du xx<sup>e</sup> siècle, pour suivre la diffusion de *Rattus rattus* dans le territoire sénégalais; sur les vingt dernières années, pour affiner l'étude des dynamiques spatiales du rat noir dans l'est du Sénégal. Le troisième ensemble de cartes dévoile la dynamique actuelle du rongeur dans des espaces particuliers des régions de Tambacounda et Kédougou. Les résultats, issus d'enquêtes géographiques, rodentologiques, entomologiques et virologiques restituent différentes informations: environnements domestiques et villageois, modes de vie et mobilités, répartition des espèces de rongeurs dans et hors des habitations, distribution des vecteurs d'arboviroses, prélèvements sérologiques et virologiques sur les populations humaines et animales. Ces données aident à mieux comprendre les processus liés à l'expansion de *Rattus rattus*, susceptibles d'engendrer un risque important de zoonoses pour les populations humaines.

L'Atlas des relations homme-rat noir-zoonoses au Sénégal insiste sur la nécessité de s'affranchir de toute logique déterministe, au profit d'une mise en situation géographique et écologique des acteurs et vecteurs de la transmission et d'une compréhension territoriale globale des processus.

**PRODIG Éditions**

Campus Condorcet  
Bâtiment Recherche Sud  
5 cours des Humanités  
93322 Aubervilliers Cedex  
UMR8586.secretariat@cnrs.fr

[www.prodig.cnrs.fr/nos-ouvrages](http://www.prodig.cnrs.fr/nos-ouvrages)

Cet exemplaire ne peut être vendu

