

ANNEXE 3b

RAPPORT INTERMEDIAIRE
Programme « Modélisation et scénarios de la biodiversité »
Appel à projets 2011

I. Identification du projet

Acronyme: CERISE

Titre du projet: SCENarios of Rodent Invasion in the SahEl: Global change impact on the expansion of the Nigerian Gerbil and the House Mouse in Senegal

N° : Convention n° AAP-SCEN-20B III

Rédacteur du rapport: Laurent GRANJON

E-mail du rédacteur: laurent.granjon@ird.fr

Date de début du projet: 16/06/2014

Date de fin du projet: 16/06/2017

Période faisant l'objet du rapport: décembre 2014-décembre 2015

Résumé du projet: La souris domestique (*Mus musculus*) et la gerbille du Nigeria (*Gerbillus nigeriae*) sont 2 espèces de rongeurs invasives au Sénégal. *Mus musculus*, commensale, a progressé récemment d'ouest en est en suivant le réseau des agglomérations, infrastructures et transports en développement. *Gerbillus nigeriae*, espèce non commensale apparue au nord du pays dans les années 90, progresse en nappe vers le sud avec l'aridification du climat, devenant l'espèce dominante des communautés de rongeurs locales. Ces espèces sont nuisibles en tant que vecteurs potentiels de pathogènes, déprédateurs des denrées stockées et des cultures.

La recherche pluridisciplinaire proposée vise à expliciter les causes et modalités de l'expansion de ces espèces, en relation avec les composantes anthropiques (pour *M. musculus*) et environnementales (pour *G. nigeriae*) des changements globaux affectant le Sahel. Sur la base de données acquises en zone envahie, nous mettrons en œuvre divers modèles de simulation pour analyser les modalités d'invasion de ces espèces au Sénégal. Des scénarios d'évolution de la diversité de petits mammifères (natifs et invasifs) en relation avec les facteurs humains et environnementaux seront élaborés. La validité des scénarios et modèles sera testée par la collecte de données originales en zones à haut risque d'invasion. Un retour d'information visera alors à sensibiliser les acteurs concernés à l'identification des espèces, au contrôle de leurs populations et à l'atténuation de leurs dégâts.

Mots clés: *Mus musculus*, *Gerbillus nigeriae*, Climat, Changement Global, Déprédation, Risque épidémique, Invasion, Colonisation, Usage des Terres, Evaluation des Risques, Modélisation, Simulation, Communication

Terrains d'étude: Ecosystème terrestre de la zone sahéenne, incluant habitats d'extérieur et d'intérieur (domestiques)

Résumé grand-public: Deux espèces de rongeurs, une gerbille vivant dans la nature et la souris des maisons, ont envahi une partie de la moitié nord du Sénégal au cours des 20 dernières années. Les modifications de l'environnement liées au changement climatique et à l'action de l'homme en sont probablement les causes principales. Les conséquences à craindre sont des dégâts (dans les maisons pour la souris, dans les champs pour la gerbille), et des risques de transmission de maladies (par la souris).

Dans ce projet, nous allons essayer de prévoir comment ces deux rongeurs vont évoluer dans les années à venir au Sénégal. Vont-ils envahir de nouvelles zones et si oui lesquelles, à quelle vitesse et de quelle façon ? En nous appuyant sur des modèles informatiques nous allons mettre en commun nos connaissances en biologie, écologie, géographie pour répondre à ces questions. Les modèles sont basés sur les résultats que nous avons déjà sur la localisation actuelle de ces espèces au Sénégal; ils permettent de faire des prévisions sur ce qui pourrait se passer dans l'avenir, grâce à différentes méthodes de calcul et de simulation. Une fois que nous aurons les résultats donnés par ces modèles, nous retournerons sur place pour essayer de piéger les rongeurs en question, afin de vérifier si les prévisions des modèles que nous avons utilisés sont correctes. Nous établirons enfin pendant la durée du projet une communication avec les habitants et institutions concernées pour diffuser de la façon la plus profitable possible les connaissances que nous aurons acquises.

Site web du projet (le cas échéant) :

Equipes partenaires du projet :

Equipe	Nom et Prénom du responsable scientifique	Organisme et unité d'appartenance	Ville/Pays
1	Granjon Laurent	Institut de Recherche pour le Développement (IRD) UMR22 CBGP	Montpellier/France
2	Massamba Thiam	Université Cheikh Anta Diop -IFAN (Laboratoire des Vertébrés Terrestres)	Dakar/Sénégal
3	Olivier Ninot	Institut de Recherche pour le Développement (IRD) UMR 215 PRODIG	Paris/France
4	Karim Konaté	Université Cheikh Anta Diop - MATHINFO	Dakar/Sénégal
A	Abba Sonko	Direction des Eaux et Forêts, Chasse et Conservation des Sols (DEFCCS)	Dakar/Sénégal
B	Khalilou Bâ	Association pour le Développement de Mbarigo (ADEMBA)	Mbarigo (Saint-Louis)/Sénégal

II. Etat d'avancement du projet (environ 400 mots)

- Description des travaux effectués (par rapport à ceux prévus initialement)

Les données d'occurrence des deux espèces de rongeurs-cibles du projet ont été compilées. Celles concernant la souris sont des données de piégeage en milieu commensal et correspondent au jeu de données traité dans le cadre de l'article Dalecky *et al.* (2015). Celles concernant la gerbille sont de deux natures : données de piégeage en milieu extérieur et résultats de tri et identification des proies dans les pelotes de chouettes effraies, un des principaux prédateurs de l'espèce. Les premières ont été compilées/validées dans la Base de données sur les Petits Mammifères (BPM) hébergée au CBGP en reprenant l'ensemble des données de collections (du MNHN Paris en particulier) et des résultats de campagnes de terrain réalisées depuis les années 70 au Sénégal. Les secondes ont fait l'objet d'un travail de M2 à l'université de Dakar (Fall, 2015) qui a repris l'analyse du contenu de plus de 8000 pelotes contenant plus de 20000 proies, pour y identifier celles de l'espèce *G. nigeriae* parmi les plus de 5000 du genre *Gerbillus*.

Les données environnementales concernant les établissements humains (informations démo-socio-économiques) et les voies et moyens de transport (modèle souris) sont en cours de collection. Celles d'extérieur (données climatiques, pédologiques, de végétation, d'occupation des sols ; modèle gerbille) sont en grande partie collectées. Une partie de ce dernier travail a fait l'objet d'un M2 à l'université Paris (Volto, 2015).

La modélisation multi-agent a débuté. Ce travail a fait l'objet d'une adaptation d'un modèle mis en place dans le cadre du projet ANR « CHANCIRA » centré sur une autre espèce invasive au Sénégal, le rat noir (travail de M2 de Malick Diakhaté, université Dakar), avant d'être développé sur la souris domestique, à deux emprises spatiales différentes (voir figure). Le développement de deux simulateurs de la gerbille a été engagé à deux échelles différentes, les deux sont en cours de mise au point, les connexions aux données satellitales sont avancées.

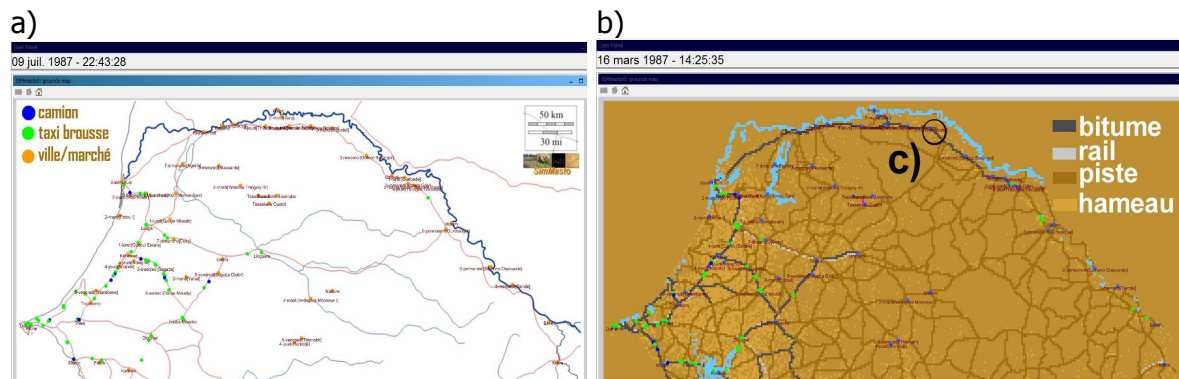


Figure : illustration d'un des simulateurs en cours de développement (résultats non calibrés): colonisation de la souris domestique au nord du Sénégal **a)** version didactique, **b)** structure modélisée sous-jacente. Le réseau de transport sénégalais est représenté en détaillant la nature du revêtement ; les villes et l'évolution de leur population sont identifiées, l'ensemble des 'hameaux' constitue une donnée d'entrée pour la distribution (niche spatiale) de la souris domestique. Les marchés hebdomadaires (voies d'entrée/sortie possibles) sont en cours de numérisation. Les véhicules simulés parcourent ce réseau et ont vocation à transporter des souris simulées. **c)** site pilote de Dodel retenu pour le simulateur à l'échelle de l'écologie urbaine (étude de l'implantation)

- Tableau des livrables (y compris les éventuels livrables abandonnés ou non mentionnés initialement)

Nom du livrable	Equipe responsable	Etat	Commentaire
Bases de données petits mammifères	CBGP / UCAD-IFAN	Complet	Données disponibles sur l'espace de partage du projet et dans la BPM (accès restreint)
Bases de données environnementales « gerbille »	PRODIG	75%	Données disponibles sur l'espace de partage du projet
Bases de données environnementales « souris »	PRODIG / CBGP	25%	En cours d'acquisition
Modélisation multi-agent de la colonisation de la souris à deux échelles	CBGP / PRODIG /	20%	En cours
Modélisation multi-agent de l'expansion de la gerbille à trois échelles	CBGP / PRODIG / UCAD-Mathinfo	25%	En cours (+M2 UGB, Saint-Louis)
Modélisation (de niche / d'occupation de sites) de l'expansion de la souris et de la gerbille	CBGP (collaboration CEFE Montpellier)	Prévu en 2016	Via contrat post-doctoral co-encadré par CBGP et CEFE
Production de médias de communication	Ademba / CBGP (collaboration UGB Saint-Louis)	Prévu en 2016	Via contrat Master 2 « communication » Université Gaston Berger Saint-Louis, Sénégal
Missions de validation-terrain des prévisions de modélisation + retour d'information local	Ademba / DEFCCS / CBGP	2016-2017	

- Résultats scientifiques intermédiaires

Dalecky A., Bâ K., Piry S., Lippens C., Diagne C.A., 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*, 45: 176-190

Fall K., 2015. Identification et chronologie de la progression de *Gerbillus nigeriae* (Thomas et Hinton, 1920) au nord du Sénégal à partir de l'analyse des pelotes de rejection de la Chouette Effraie (*Tyto alba*) (Scopoli, 1769). Mémoire de M2 de l'Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie Animale, Dakar

Volto N., 2015. Approche multi-échelle de la cartographie et du suivi de la production végétale en région sahélienne. Mémoire de Master « Télédétection et géomatique appliquées à l'environnement (TGAE), Université Paris Diderot

- Commentaires sur l'avancement du projet et les difficultés éventuellement rencontrées

Un peu de retard a été pris dans la compilation des données environnementales (modèle « souris » en particulier) que nous espérons pouvoir compléter dans les mois qui viennent. Le démarrage du contrat post-doctoral (6 mois) en vue de la modélisation de niche

et d'occupation de sites ayant lui aussi dû être décalé de 3 mois (début prévu en avril 2016 désormais), ce retard ne devrait pas avoir de conséquences trop importantes. La non-affectation par l'IRD de Jean Le Fur au Sénégal est également une difficulté pour le suivi des étudiants sénégalais participant à la modélisation multi-agents, difficulté partiellement contournée par l'obtention de missions longue durée (une réalisée en 2015, une programmée pour 2016). Les prévisions de modélisation devraient pouvoir faire l'objet de validation-terrain à partir de la fin de l'année 2016.

Enfin, il est à noter que la partie « transfert d'informations » donnera lieu à une collaboration entre l'Ademba, le CBGP et l'Université Gaston Berger de Saint-Louis, via un travail de Master 2 en communication confiée à une étudiante de l'UFR CRAC (Unité de Formation et de Recherche des Civilisations, Religions, Arts et Communication) à partir de début 2016.

III. Planning d'activités jusqu'à la fin du projet (environ 400 mots)

- Décrire succinctement les activités prévues dans la suite du projet

En vue de la constitution de la base de données environnementales, des données NDVI (série NOAA-AVHRR-GIMMS) et pluviométriques (GPCC et TRMM-3B42) de janvier 1982 à décembre 2013 viennent d'être rendues disponibles sur l'espace numérique partagé du projet. Elles concernent la moyenne emprise à une échelle de 4 km. Il est prévu à cette même échelle de rajouter des données pédologiques et de compléter si c'est possible par des données diachroniques d'évolution du *land-cover* sur tout ou partie de cette zone. En particulier, un stage de M1 de 6 mois de l'Université Paris Diderot (1^{er} semestre 2016) permettra de mener une étude diachronique (1990-2015) de l'évolution de l'occupation des sols (avec une attention particulière portée aux surfaces cultivées) à partir d'images satellites.

En matière d'environnement habité, les données produites par l'agence nationale de la statistique et de la démographie, en cours de collecte, doivent nous permettre de mesurer (au moins au niveau des communautés rurales) la densification du peuplement et l'extension des surfaces bâties.

Enfin, la numérisation fine du site pilote de Dodel (en cours) doit être achevée afin de modéliser dans le détail le processus d'installation / expansion de la souris au niveau local.

Dans le domaine de la modélisation les axes initialement prévus ont été tous maintenus, la plupart ont été engagés. Les actions à mener (non compris les actions de restitution) jusqu'au terme du projet sont principalement les suivantes :

Pour la souris domestique :

1. Niche écologique de la souris dans la zone Sénégal Nord : poursuite de l'acquisition des données démo-socio-économiques au niveau des communautés rurales, villes et villages principaux.
2. Colonisation par transport commerciaux de la souris dans la zone Sénégal Nord : poursuite de la calibration des transports, simulation du transport de rongeurs, identification des indicateurs, analyses de sensibilité, scénarios prospectifs.
3. Implantation et dynamique des communautés de souris à l'échelle urbaine (site de Dodel) ; compléments à l'étude bibliographique et proposition d'un prototype orienté sur la perception des rongeurs (odorat,...), développement du modèle, simulations et scénarios.

Pour la gerbille nigériane :

1. Niche écologique de la gerbille à grande emprise : acquisition des données climatiques et environnementales disponibles dans les bases de données globales (WorldClim, GLC-Share...).

2. Dynamique de la gerbille à moyenne emprise modèle de « niches potentielles » croisant les données environnementales du projet pré-citées et si possible premier modèle de propagation de l'espèce *Gerbillus nigeriae*.
3. Dynamique de la gerbille à petite emprise : formalisation de la relation entre dynamique des cultures et des végétaux, dynamique de prédation, compétition interspécifique. Mise en place d'un modèle type fenêtre mobile (zoom) permettant de simuler de cette façon plus détaillée toute zone du domaine. Calibration et analyses de sensibilité, scénarios prospectifs pour des actions locales (utilisation du zoom),

Ainsi que les actions de mise en compatibilité des modèles pour la mise en œuvre des approches comparatives.

- Expliquer les éventuels changements que vous proposez par rapport au projet initial

Pas de changement majeur envisagé pour le moment.

IV. Liens avec les porteurs d'enjeux (le cas échéant)

Des liens avec des porteurs d'enjeux ont-ils été établis jusqu'à présent, ou seront-ils établis dans la suite du projet ? Si oui, bien identifier les porteurs d'enjeux concernés et la façon dont ils seront associés au projet, la façon dont les résultats leur seront transférés.

Via la Direction des Eaux et Forêts, de la Chasse et de la Conservation des Sols (DEFCCS) du Sénégal, partenaire du projet, l'information compilée et les résultats obtenus pendant le projet pourront être disséminés via le réseau des implantations régionales et/ou départementales de la DEFCCS. Les personnels concernés seront associés aux missions de terrain de la dernière année du projet, et serviront de relai secondaire vers les populations des zones dont ils ont la responsabilité...

De même, via l'ADEMBA, un transfert d'information pourra être effectué, en particulier dans la région de Saint-Louis. Ce transfert aura pour cible, entre autre, les autorités administratives locales (conseils municipaux et de communautés rurales) et leur composante de sensibilisation environnementale.

Par ailleurs, le simulateur des transports développé dans le cadre du modèle « souris » a été présenté de façon préliminaire à l'ambassade de France, et des contacts pourraient être pris avec des grands transporteurs privés pour leur présenter l'outil qui a été développé.