

Projet

**Changement climatique, environnement et migration au Sahel.
Conditions socio-écologiques des mouvements de la population
au Mali et au Sénégal (micle)**

Partenaires

ISOE – Institut de Recherche Socio-Ecologique (coordination du projet)

PD Dr. Diana Hummel

Dr. Stefan Liehr

Dr. Julia Röhrig

Victoria van der Land

Université de Bayreuth, Institut de Géographie

Prof. Dr. Martin Doevenspeck

Prof. Dr. Cyrus Samimi

Clemens Romankiewicz

Martin Brandt

Coopération

**Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués IIASA,
Laxenburg, Autriche**

Prof. Dr. Wolfgang Lutz; Dr. Samir K.C.

**IFAN – Institut Fondamental d'Afrique Noire (LARTES),
C.A.Diop Université Dakar, Sénégal**

Prof. Dr. Abdou Salam Fall

Point Sud, Centre de recherche sur le savoir local, Bamako, Mali

Dr. Moussa Sissoko

Durée du projet

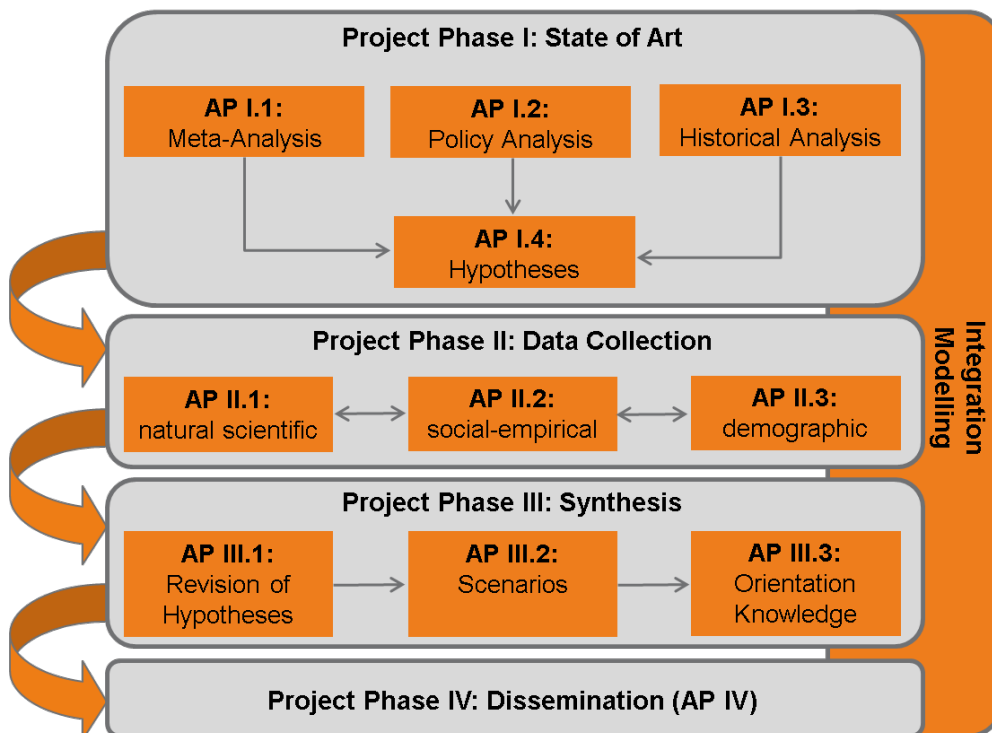
Septembre 2010 à Avril 2014

1. Objectifs du projet

Le projet de recherche *micle* étudie les conditions socio-écologiques des mouvements de la population au Mali et au Sénégal. L'objectif général est de contribuer à une meilleure compréhension des interactions complexes entre les changements climatiques, les modifications de l'environnement et les processus de migration, particulièrement aux niveaux local et régional. Le projet se concentre sur l'aspect dégradation des sols et ce faisant, sur un aspect de changement de l'environnement à effet durable, qui est autant influencé par les changements climatiques que par les actions humaines. Comme zone d'étude, Linguère au Sénégal et Bandiagara au Mali ont été choisis. Les deux régions sont caractérisées par un déficit migratoire important et des phénomènes de dégradation des sols. Le projet de recherche fondamentale utilise une approche de recherche transdisciplinaire avec les objectifs suivants: 1) Génération de connaissance systémique: une meilleure compréhension des interactions socio-écologiques complexes. De façon spécifique, la perception des changements de l'environnement par la population locale a été examinée de même que la tranche de la population qui migre ou non pour quelles raisons. Sur cette base, des informations différenciées devraient être obtenues sur la vulnérabilité sociale spécifique aux changements environnementaux. 2) Développement de méthodes pour le transfert de connaissances et pour l'intégration des approches des sciences naturelles et sociales. 3) Connaissance contextuelle: l'identification de marge de manœuvre de conception et de décision pour les acteurs politiques et sociaux.

2. Conception du projet

Le projet comporte quatre phases: 1) Préparation du niveau de connaissances; 2) collecte des données empiriques; 3) Synthèse et 4) Dissémination (confère Graphique 1).



Graphique 1: Concept de recherche

La méthode est basée sur une approche axée sur les problèmes intégrant plusieurs formes de connaissances (connaissances naturelles et sociales et cadre théorie – pratique). De cette façon, de nouvelles connaissances devraient émerger tant pour la science que pour la société. En employant un mélange de méthodes multiples, différentes pratiques disciplinaires et interdisciplinaires sont appliquées. Les travaux socio-empiriques ont été réalisés en coopération avec les partenaires de recherche locaux au Mali (Point Sud, Bamako, Dr. M. Sissoko) et au Sénégal (IFAN, Université Dakar, Prof. S.A. Fall).

3. Constats et résultats significatifs

Le projet prendra fin en fin Avril. Par conséquent, toutes les tâches du projet ne sont pas encore terminées. Les résultats significatifs des différents modules de travail seront présentés dans la suite.

Cadre conceptuel/théorique

Au démarrage du projet, le cadre conceptuel théorique a été développé sur la base de l'analyse de l'état actuel de la recherche (micle working paper 1, 2012). L'hypothèse de recherche centrale est que les mouvements migratoires ont lieu dans des conditions socio-écologiques spécifiques: ce ne sont pas les conditions écologiques et sociales individuelles qui agissent, mais plutôt des interactions et rétroactions complexes. Les conditions socio-écologiques sont à la base des processus de développement et transformation ; ramené au projet *micle*, il s'agit des changements dans les écosystèmes et les modes de mobilité. Ces conditions sont empreintes des interactions entre les sociétés et les structures écologiques ainsi que des régulations de la société qui y sont liées. Les conditions socio-écologiques à la base des processus de migration ne sont pas à considérer comme de simples structures et processus objectifs, mais plutôt comme des processus soumis à des perceptions de problèmes et de conception de développement précises des acteurs de la société. Conçu comme une relation systémique socio-écologique, il peut être recherché comment des structures écologiques et sociétales s'influencent mutuellement à différents niveaux spatiaux, temporels et sociaux.

L'association utilise une perspective locale et régionale de la migration, du climat et de l'environnement dans les deux zones de recherche au Mali et au Sénégal. Ceci étant, les données climatiques et les tendances locales de végétation ont été contrastées à leur estimation par la population locale d'une part.¹ D'autre part, les modes, dynamismes et motifs de migration de même que le point de vue de la population sur la migration ont été identifiés. L'identification des régions étudiées se modelait sur le principe d'inférence écologique. Avec des statistiques multi-variées et une l'ethnographie multi-sites et sensible à l'emplacement, une approche de triangulation est utilisée pour maximiser la validité des données empiriques.

L'approche conceptuelle est basée sur l'hypothèse théoriquement bien fondée que les facteurs économiques, sociaux et culturels ainsi que l'intégration des migrants dans des réseaux, agissant

¹ Colin T. West/Carla Roncoli/Frederic Ouattara, Local Perceptions and Regional Climate Trends on the Central Plateau of Burkina Faso. *Land Degradation and Development* 19.2008, S. 289–304.

également comme préservateurs et reproducteurs de la mobilité concernant les destinations, ont une grande influence sur les processus de migration étudiés. En mettant l'accent sur un push-facteur « climat/environnement », ni l'immobilité libre ni la différenciation des modes de migration ne se laissent comprendre. Les motifs de migration changent dans le temps, mais peuvent également se reproduire. Pour illustrer ces aspects, Massey (1990) recourut à la notion d'une cause « circulaire et cumulative » de la migration de Myrdal.² Ainsi, la migration provoque ou intensifie la transformation des structures sociales et économiques et occasionne ainsi une migration conséquente. La migration peut être provoquée par des facteurs structurels dans les régions d'origine et de destination, mais se maintenir par suite indépendamment de ces facteurs. En raison de la formation d'infrastructures sociales, ces facteurs perdent leur valeur ou sont remplacés par de nouveaux facteurs spécifiques à l'espace cible. Diverses conditions structurelles dans les contextes d'origine peuvent favoriser les migrations qui se laissent comprendre dans le cadre d'approches théoriques classiques. Ces conditions auxquelles appartiennent également climat et écologie, sont cependant très différemment appréciées et gérées par les êtres humains, raison pour laquelle la migration devient un processus sélectif. Une fois que le processus de migration est mis en place, les mécanismes de formation structurelle sociale entraînent un auto-renforcement tandis que la cumulation des causes de la migration ainsi que leurs variations dans le temps et l'espace contribuent à sa conservation.

Analyse historique

L'analyse historique de l'importance de la migration et des mouvements des populations en Afrique de l'Ouest et dans l'actuel Mali et Sénégal comprend trois périodes: la période précoloniale, la colonisation et la période de l'indépendance des deux pays depuis 1960 à nos jours. Curieusement, cette question – particulièrement concernant la pertinence des facteurs environnementaux – n'a pas été jusqu'à présent abordée systématiquement. L'analyse historique montre que la migration dans les deux pays/régions est ancrée dans la tradition et la culture et représente plutôt un phénomène normal qu'une exception. En tant que pays voisins, le Mali et le Sénégal ont une histoire commune de migration; cependant, les modèles de migrations se différencient historiquement en fonction des conditions socio-écologiques. Un résultat important de l'approche historique est que la migration pour la diversification des revenus et pour la subsistance à pris de l'ampleur dans la région au cours des quinze dernières décennies.

Analyse en sciences naturelles

L'objectif du volet sciences naturelles du projet est l'analyse et l'interprétation des changements physiographiques et climatiques. A cet effet, un certain nombre d'ensembles de données disponibles sont complétées et validées par le travail intensif sur le terrain pour les deux zones d'étude.

² Consulter Douglas S. Massey, *Social Structure, Household Strategies, and the Cumulative Causation of Migration*, in: *Population Index* 56.1990, S. 3–26; Gunnar Myrdal, *Rich Lands and Poor*. New York 1957.

Données et méthodes

Puisque les données des stations climatiques n'étaient disponibles que pour la station de Linguère, des données de précipitation mensuelles GPCC v6 sur la période 1901 – 2010 ont été traitées et utilisées pour l'analyse des tendances à grande échelle. Les changements de température pouvaient être pris dans l'ensemble de données CRU v3.1 à la même échelle brute (0,5°). Les régimes actuels des précipitations pour la période de 1998 à nos jours ont été calculés de façon beaucoup plus précise (0,25°) avec des données TRMM.

Pour faire ressortir les conditions actuelles et les changements de la végétation, des images satellites ont été utilisées à deux échelles et sur deux périodes :

- d'une part, des prises statiques à haute résolution à l'échelle des arbres. Ici, des scènes RapidEye multispectrales pour 2011 et des photos Corona panchromatiques de 1965 sont disponibles sur toute l'étendue du territoire. La très haute résolution permet des comparaisons visuelles, à travers lesquelles des changements sont remarqués par rapport à une époque qui était nettement plus humide et pendant laquelle l'être humain avait de loin peu d'emprise sur la nature. Les zones remarquables ont été ainsi marquées et visitées sur le terrain pour interpréter les changements avec plus de précision et également avec l'aide de la population. Ce faisant, les sages du village ont été interrogés particulièrement sur les changements dans la composition des espèces. En plus de l'analyse visuelle, des cartes de couverture du sol et de recouvrement des arbres ont été élaborées grâce aux images RapidEye et Corona. A ce sujet, des méthodes automatisées orientées vers l'objet ont été appliquées, méthodes qui utilisent la haute résolution pour isoler chaque arbre de son environnement et le transformer en polygone unique. Du fait que Corona et RapidEye ont des structures différentes, les résultats sont à comparer avec précaution, mais les tendances sont très bien identifiables sur les cartes de changement.
- Une autre méthode pour ressortir les changements dans la végétation sur de vastes surfaces est l'analyse de séries chronologiques. A cet effet, des images de faible résolution en partie journalière ont été utilisées. Celles-ci mesurent en infrarouge le « greenness » (reverdissement) d'un milieu. Des images LTDR et SPOT VGT d'une résolution de 5 km pour la période 1982-2010 et MODIS de résolution spatiale 250 m pour la période 2000-2010 étaient disponibles. Au moyen de l'indice de végétation de la différence normalisée (NDVI), il est possible de déterminer sur une longue période la productivité de l'environnement immédiat d'un village, les années et la date précises des chutes et anomalies ainsi que l'évolution des tendances sur une longue période. Les surfaces non productives et dégradées peuvent ainsi être localisées et quantifiées. En outre, les processus de dégradation peuvent être répartis dans le temps. De cette façon, les régions « hot-spot » ont été identifiées, étudiées minutieusement sur les images à haute résolution et ensuite visitées sur le terrain. Grâce aux travaux de recherches intensives de terrain et la collaboration de la population locale, les raisons et détails des changements ont été ressortis de même que l'état actuel de la végétation.

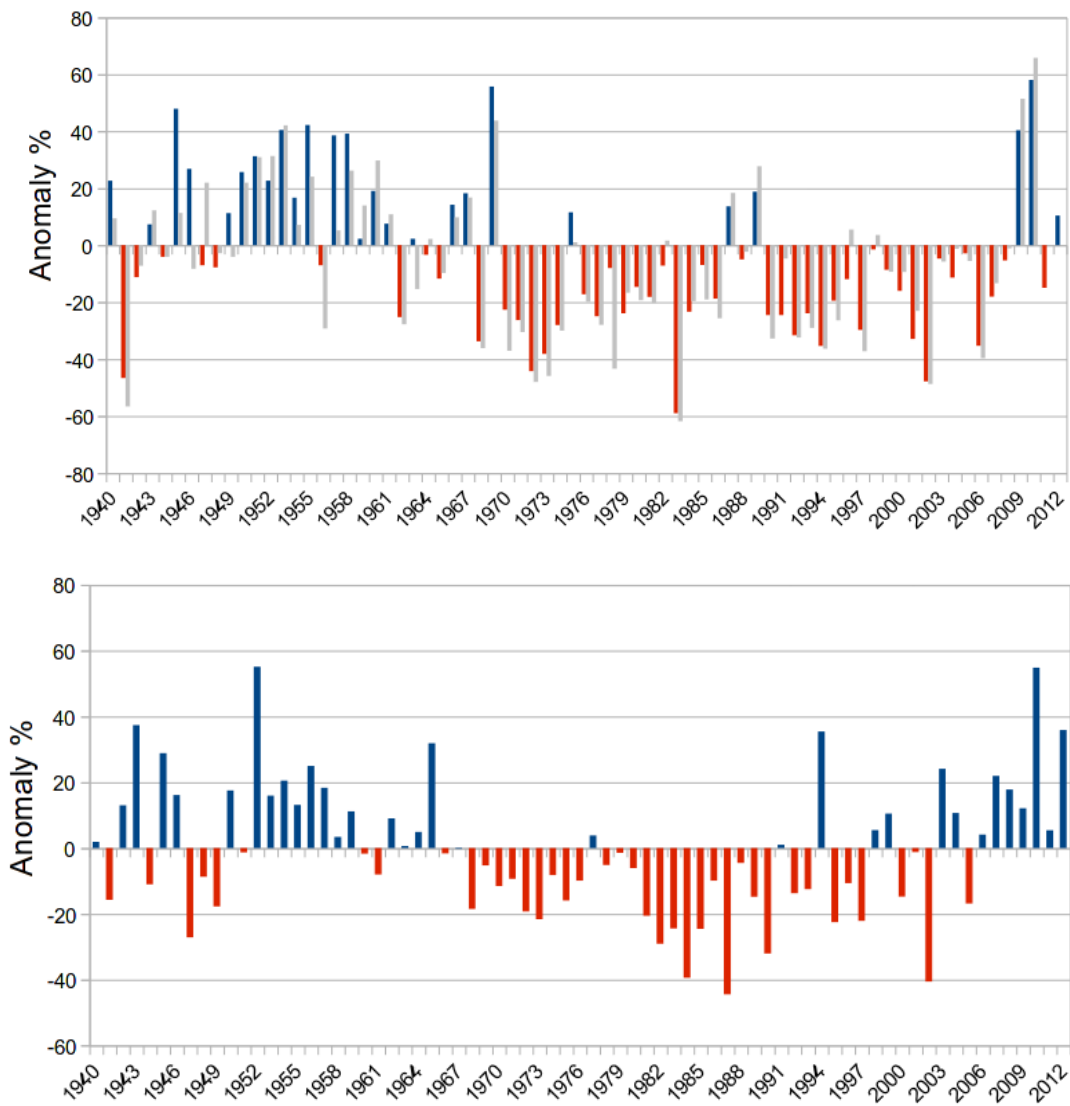
Résultats

Les données GPCC montrent qu'il y a eu dans les deux régions d'études des précipitations en dessous de la moyenne particulièrement dans les années 70 et 80. Bien qu'une augmentation des précipitations annuelles depuis les années 90, particulièrement au Mali, et une absence des sécheresses sont remarquables, la combinaison avec une augmentation significative de la température laisse observer une évolution vers un climat aride. Ceci représente un défi tant pour végétation boisée que pour les hommes. Contrairement au débat dans la littérature sur la désertification et le reverdissement, les résultats du projet *micle* sont extrêmement hétérogènes. Tant l'analyse des séries chronologiques que des images à haute résolution montre une image très diversifiée des processus locaux. De même, les raisons des changements ne peuvent être que difficilement généralisés.

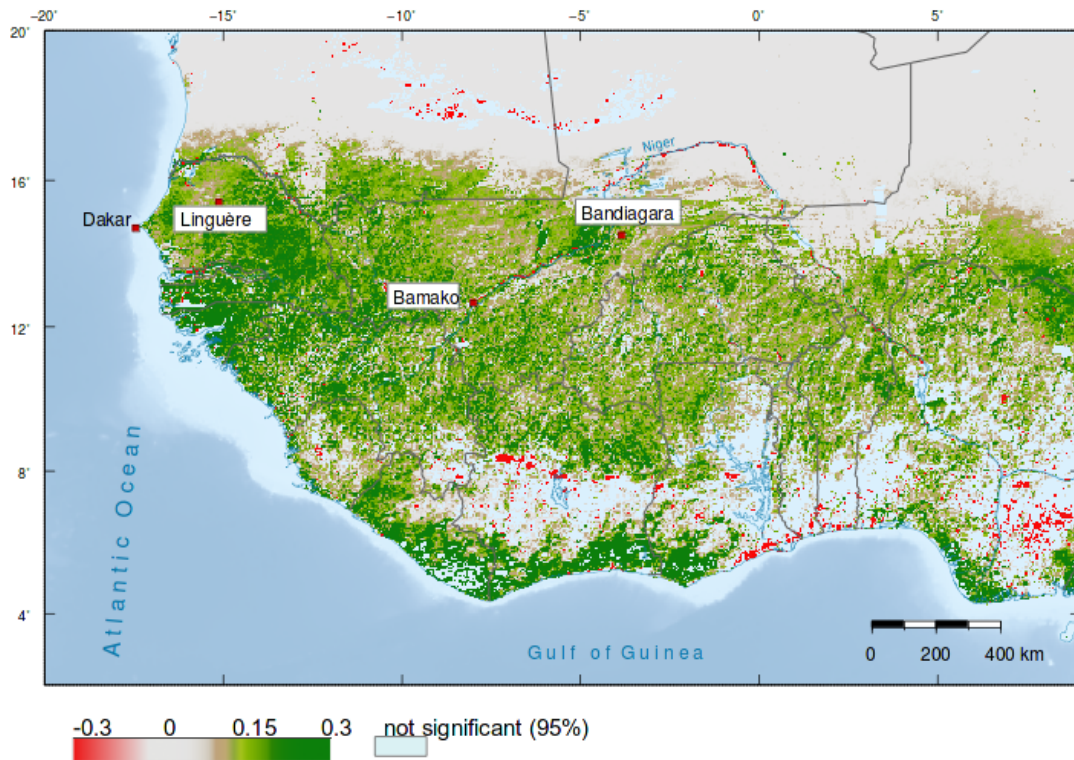
Ainsi, il a été remarqué qu'au cours des 50 dernières années, la densité naturelle de la végétation de brousse a fortement diminué. Si la plaine du Sèno était encore recouverte de 40% de brousses avant les grandes sécheresses des années 60, elle ne l'est plus qu'à 25% de nos jours. Cette évolution est particulièrement reliée au développement rapide de la population et le défrichage pour les cultures et les pâturages qui y sont associés. Mais la sécheresse et le déficit de précipitation en sont également des causes directes et indirectes. C'est ainsi que certaines espèces d'arbres et d'arbustes ne sont pas tolérantes au climat aride. Aussi, les mauvaises récoltes sont compensées par la vente de bois. L'image du paysage actuel est définie par un paysage de cultures. Les producteurs protègent sur leurs champs certaines espèces arboricoles qui augmentent les rendements, protègent contre l'érosion, sont utilisées pour des rituels ou à des fins médicinales. Ceci garantit un peuplement sain et dense, mais spécifiquement pauvre sur les terres agricoles. En outre, des espèces robustes, résistantes à la sécheresse et la pression des pâturages se répandent sur toute l'étendue du paysage, particulièrement *Balanites aegyptiaca* et *Combretum glutinosum*. Combiné aux précipitations croissantes ainsi que les mesures de protection et de reboisement, ceci provoque à l'échelle brute, presque sans exception, une tendance positive de la végétation sur la période 1982-2010. Cependant, cette tendance positive dissimule une régression importante de nombreuses espèces d'arbres et arbustes provoquant la disparition locale de certaines espèces. C'est ainsi que les enquêtes ont révélé que 22 espèces ont totalement disparues ou que leur peuplement est réduit à quelques pieds isolés. Aussi, contrairement aux terres agricoles proches du village, les jachères et pâturages sont peu protégés. Dans ces derniers, les arbres sont coupés et abattus intensément, de façon légale comme illégale. Associée au pâturage intense, la végétation boisée ne peut plus se régénérer que difficilement. Ceci conduit souvent à la déstabilisation des sols, qui se sont érodés à plusieurs endroits. Des déserts de latérites sans végétation se forment hors des villages et occupent de nos jours environ 10% des plateaux avec une tendance croissante.

Le Sahel sénégalais autour de Linguère est certes peu utilisé à des fins agricoles, mais la transformation complète en un paysage agricole se laisse observer également ici. Seule la région Est du Ferlo riche en latérite et peu propice à l'agriculture montre encore une végétation arbustive originale. En général au Mali comme au Sénégal, on peut identifier la déforestation de vastes surfaces, qui étaient jadis inaccessibles. Les événements de sécheresse, une diminution des précipitations et une forte action anthropique ont entraîné une forte réduction de la densité des

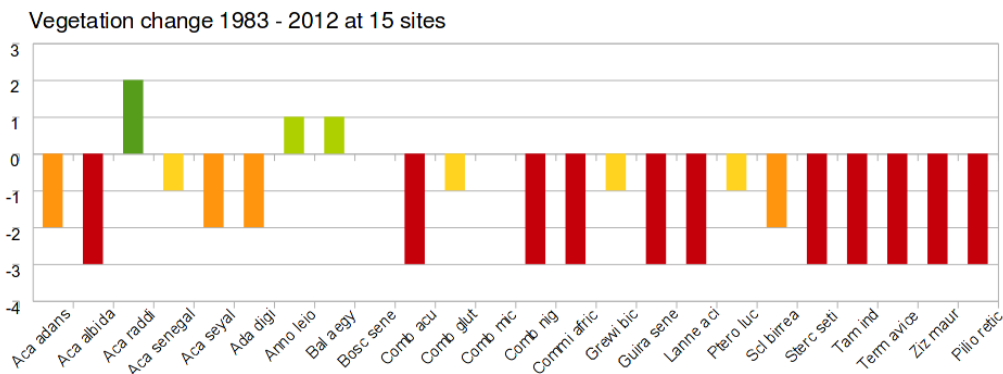
arbres et également la disparition locale de nombreuses espèces. Ici également, les interviews ont révélé la régression de 23 espèces, parmi lesquelles quatre sont de nouveau en augmentation. Particulièrement après les sécheresses, les espèces *Balanites aegyptiaca*, *Acacia tortilis subsp. raddiana* et *Combretum glutinosum* se sont répandues sur de vastes surfaces et occupent actuellement 73% de la végétation totale. Cette propagation s'observe comme « tendance de reverdissement » sur les images satellites de 1982-2010 encore plus intensément qu'au Mali. Des séries chronologiques à haute résolution sur une autre période (2000-2010) révèlent cependant aussi d'autres sources de tendances positives: c'est ainsi que plus de 5000 ha de mesures de reboisement clôturées ont été constatées dans les environnements immédiats de Linguère. Un peu plus loin, dans l'espace Widou Thiengoly, le projet « la grande muraille verte » est implanté. Dans ce dernier, des milliers de pieds d'*Acacia senegal* ont été plantés pour obtenir un « reverdissement » du Sahel. De plus, la coupure des arbres a été strictement interdite. Le bois de feu peut être ramassé seulement dans les zones prévues à cet effet. Ces mesures permettent la régénération d'une bonne partie de la végétation boisée. Pourtant la dégradation est également un problème au Sahel sénégalais. Particulièrement les régosols latéritiques de l'Est du Ferlo tendent à s'éroder en cas de déforestation prononcée. Des paysages proches du désert, qui pendant il y a 50 ans, étaient couverts d'une dense végétation, s'observent spécialement le long des plaines fossiles et dans les environs des villages et sources.



Annual rainfall anomalies. Top: Linguère, below: Bandiagara (blue: GPC data, gray: station data).



Vegetation (FAPAR) change 1982-2010



-3 vanished or very strong decrease, -2 decrease, -1 moderate decrease, 0 stable, 1 increase, 2 strong increase

Extensive change in species composition is observed at 15 sites around Linguère (1982-2012)

Analyse démographique

L'objectif de l'analyse démographique est d'étudier la dynamique de la population dans les deux régions Bandiagara et Linguère. Elle a été faite en coopération avec l'IIASA Laxenburg (W. Lutz, Samir K. C.). Après que toutes les données démographiques disponibles pour les deux régions aient été collectées et analysées dans une première phase du projet, il s'est malheureusement avéré pour diverses raisons que les tabulations officielles des données de recensement de

la population ne conviennent pas comme base de cette étude, particulièrement parce que la population pour les dites régions n'a pas été classée de façon croisée selon l'âge, le sexe et le niveau d'instruction. Heureusement qu'il existe tant pour le Mali que pour le Sénégal des Public Use Samples (échantillons d'utilité publique) du recensement de la population dans le cadre du projet IPUMS (www.ipums.org). Ces données disponibles sur internet ont servi de base empirique pour l'étude.

Déjà pendant les premières analyses des données, il a été remarqué que la pyramide des âges des arrondissements Bandiagara et Linguère est nettement distordue (confère image 1 pour Bandiagara), parce qu'à travers la migration, particulièrement de nombreux jeunes sont absents. A l'aide de méthodes démographiques indirectes comparant la structure mesurée des âges à une structure hypothétique stable sans migration, l'ampleur et la structure d'âges de la migration dans les deux arrondissements a pu être quantifiée. L'étape suivante fût de définir des scénarios alternatifs pour l'évolution démographique future, étape à laquelle des hypothèses particulièrement pour la fertilité et la migration ont été discutées et calculées. La définition du « narratif » des scénarios s'est basée sur les approches SSPs (Shared Socioeconomic Pathways), telle qu'elles ont été développées à l'IIASA dans la cadre des nouveaux scénarios du changement climatique. L'image 2 montre un tel scénario pour Linguère, qui s'est inspiré de SSP2, c'est-à-dire « middle of the road » (milieu du chemin) et qui présente la variante la plus probable.

Actuellement, les scénarios tenant compte explicitement de la structure du niveau d'éducation sont en cours de traitement. Ceux-ci seront terminés et présentés d'ici l'automne 2013.

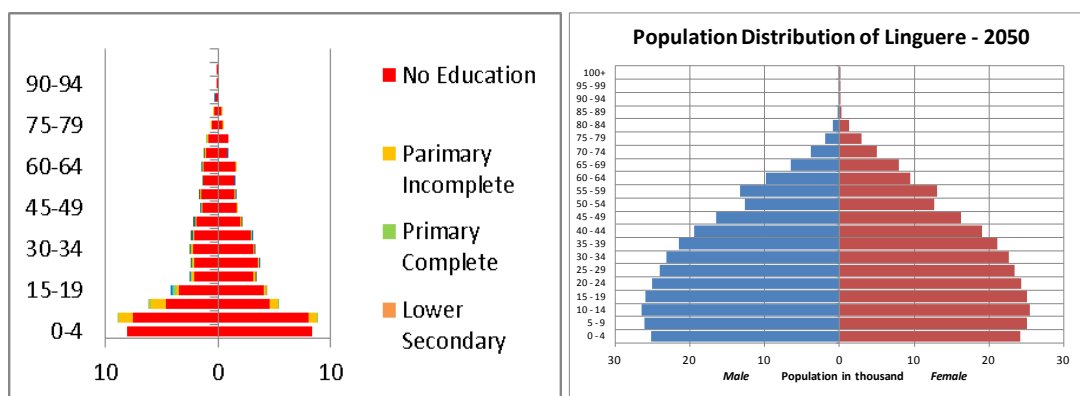


Image 1 (gauche): Pyramide des âges, sexes (hommes à gauche, femmes à droite) et niveau d'instruction (couleur) à Bandiagara en 1998, calculée à partir de IPUMS. L'axe des abscisses présente les pourcentages.

Image 2 (droite): Scénario SSP2 (middle of the road scenario) selon l'âge et le sexe en 2050 pour Linguère.

Analyse socio-empirique

L'objectif de l'analyse socio-empirique est de rechercher dans quelles mesures les changements climatiques et environnementaux influencent la migration dans les deux régions d'étude au Mali et au Sénégal. Pour cela, les habitants des deux régions ont été questionnés concernant leurs motifs et modèles de migration; leur point de vue sur la migration, leur perception des change-

ments environnementaux (précipitation, température et végétation) ainsi que les facteurs qui influencent les récoltes et leur sécurité alimentaire.

Collecte des données

La collecte des données s'est déroulée en deux étapes au cours desquelles des méthodes qualitatives et quantitatives ont été combinées: une phase exploratoire de Février à Avril 2011 et une phase principale de terrain de Novembre 2011 à Avril 2012. Au cours de la phase exploratoire, des interviews qualitatifs et l'observation participante ont été réalisés dans les deux régions d'étude – Bandiagara au Mali et Linguère au Sénégal – pour préparer la phase de terrain principale de 2012. Lors de la phase de terrain principale, 905 personnes originaires des deux régions d'étude ont été interviewées à l'aide de questionnaires standardisés. En plus, 100 interviews semi-structurées ont été réalisées à l'aide de guide d'entretien pendant plusieurs mois. Les entretiens et les questionnaires ont été déroulés tant dans les deux régions rurales qu'à Dakar et Bamako. Dans les zones rurales, les enquêtés ont été choisis arbitrairement et se différencient par l'âge, le niveau d'éducation, l'ethnie, le sexe et l'expérience de migration. Dans les deux capitales, une combinaison des méthodes « migrant tracking » et « principe boule de neige » a été choisie pour détecter les migrants originaires des zones rurales des deux régions d'étude. L'interprétation des données quantitatives et qualitatives a été opérée sur la base des questions centrales du projet et des hypothèses développées. Pour le dépouillement, les données des interviews standardisées ont été entrées dans un programme statistique (SPSS), préparées, corrigées puis ensuite traitées. Les interviews qualitatifs ont été transcrites puis soumis à une analyse du contenu. Les données qualitatives sont utilisées dans le but de mieux comprendre les conditions de vie, les motifs de migration respectifs, les particularités culturelles et l'estimation changements climatiques et environnementaux. En outre, les interviews qualitatives servent à interpréter et compléter les résultats des questionnaires standardisés.

Perception et évaluation des changements climatiques et environnementaux

La majorité des répondants perçoit une évolution négative sur une longue période (les dernières 20 à 30 années) des précipitations annuelles qui diminuent ainsi qu'une répartition des pluies de moins en moins propices à la culture. Le temps de la grande sécheresse est décrit comme le tournant avant lequel les conditions pluviométriques étaient nettement meilleures. La citation de Ali, un Sénégalais de 65 ans illustre cette perception de l'évolution des précipitations depuis les grandes sécheresses.

« [...] le manque de pluie, il ne pleut plus comme avant, il n'y a pas assez de pluie, pas assez d'eau, souvent la saison sèche est longue » (Ali/65/m/Sénégal)

Les précipitations conditionnent les rendements. Cependant, les techniques culturales y jouent également un rôle important. Plusieurs répondants se plaignent que la fertilité des sols a diminué au cours des dernières décennies. Ceci est attribué d'une part aux conditions des stations, c'est-à-dire différents types de sols et leurs caractéristiques, d'autre part à l'importance de l'utilisation de fertilisants pour de bonnes récoltes. En outre, les répondants mettent l'accent sur le fait que la répartition des pluies pendant la saison pluvieuse est plus importante pour de bonnes récoltes

que la quantité totale des pluies. Des coupures très longues ou manquantes des pluies agissent négativement sur la croissance des cultures et peuvent conduire à la perte des récoltes malgré des quantités totales de pluies abondantes.

Dans les deux régions d'étude, les populations perçoivent une nette baisse de la densité des arbres et une régression de diversité spécifique depuis les grandes sécheresses. Cette forte régression est attribuée non pas seulement à la disparition des arbres après des périodes prolongées de sécheresse, mais également à la coupe du bois pour la compensation des récoltes.

Modèles temporels et spatiaux de la migration

Lors des enquêtes, les gens ont été questionnés sur leur première et leur dernière migration. La migration a été définie dans ce cas comme « une absence de son lieu d'origine pour plus de 3 mois ». La majorité des enquêtés (87%) a une expérience personnelle de migration.

L'hypothèse selon laquelle le type dominant de migration pour la dimension temporelle dans les régions d'étude est la migration saisonnière (3-9 mois) peut être confirmée.³ La citation issue d'une discussion en groupe au Mali illustre bien les résultats de l'enquête: la plupart des migrants quittent le village en saison sèche, mais reviennent pour les récoltes en saison pluvieuse.

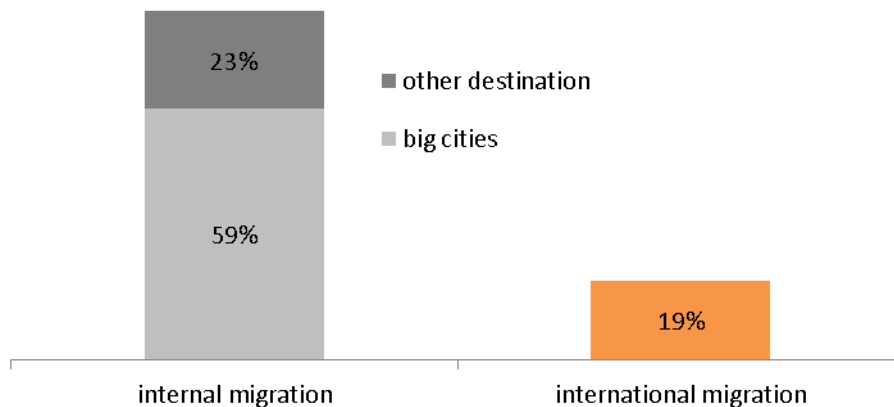
« Les gens du village partent et reviennent pour l'hivernage. Les gens qui habitent là-bas sont pas nombreux » (Discussion de groupe/Sali/Mali)

La migration dans les deux régions d'étude a principalement lieu à l'intérieur des pays: plus de 80% des répondants ont migré pour la première et la dernière fois à l'intérieur du pays.

L'hypothèse stipulant que la forme dominante de migration pour la dimension spatiale dans les deux régions est la migration intérieure vers les grandes villes (confère figure 1) est également confirmée. En général, la migration a lieu vers les villes, surtout vers les capitales Dakar et Bamako. Dans la région d'étude malienne, la part de la migration internationale est relativement élevée avec 25% et se concentre sur le pays voisin, la Côte d'Ivoire. Parmi les répondants sénégalais, 4% ont eu des destinations internationales, comme l'Europe et les Etats-Unis.

³ Pendant les enquêtes, la durée de la migration a été demandée seulement pour la première migration.

Figure 1: Migration interne et internationale



Les réseaux sociaux, particulièrement les relations de parenté, jouent un rôle important dans le choix de la destination (53% des répondants). Les résultats font ressortir une hétérogénéité croissante des modes de migration spatiaux et temporels.

Motifs pour la migration et la différenciation sociale

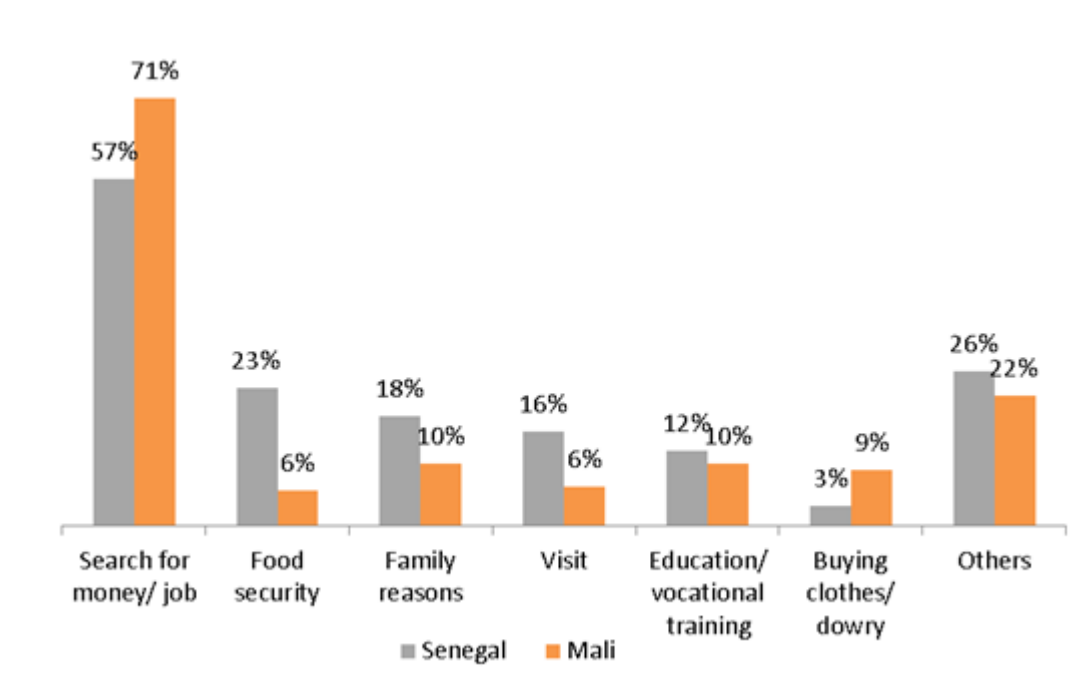
Le motif de migration le plus important pour le premier et le dernier départ des répondants dans les deux régions d'étude est la quête de travail ou le gain d'argent. La sécurité alimentaire a été désignée comme motif par 15% des enquêtés (confère figure 2).

Les motifs de migration sont cependant différents en fonction du sexe et du niveau d'éducation. La quête du travail et de l'argent est certes le motif le plus important pour les deux sexes, mais les hommes donnent ce motif plus fréquemment que les femmes (67% pour 46% pour la première migration et 80% pour 52% pour la dernière migration). D'autres raisons pour les femmes concernent la famille (35% et 29% respectivement) et les visites (19% et 17% respectivement).

L'hypothèse selon laquelle les femmes migrent en général pour des raisons familiales et que leur migration est plutôt une co-migration avec leur mari ou selon le lieu de résidence de ce dernier peut être réfutée, car les femmes ont également donné comme motif de migration le plus important le travail et le gain d'argent. Les femmes utilisent la migration particulièrement pour s'acheter des habits et du matériel pour leur mariage futur, comme le montre la citation suivante :

« Quand les filles se marient, elles veulent toujours se marier bien habillées, avoir le matériel. Donc c'est ce qui les a poussées à aller en exode » (Abdulai/65/m/Mali)

Figure 2: Motifs de migration selon le pays



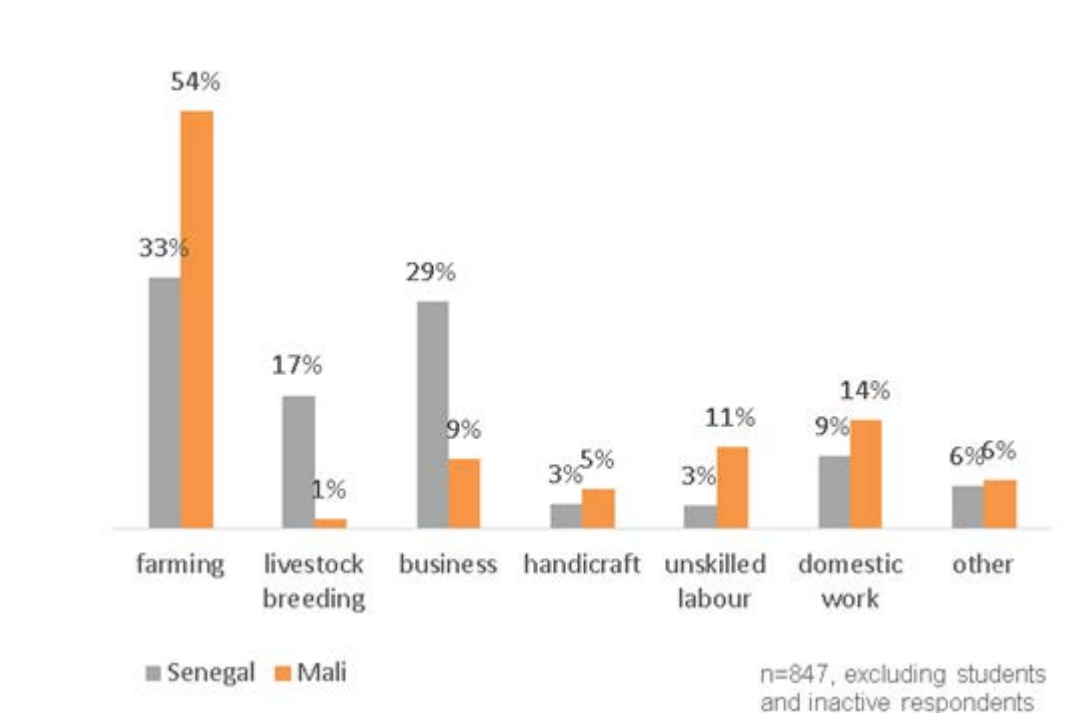
Le niveau d’instruction est très bas dans les deux régions d’étude, 76% des enquêtés ne disposent d’aucune instruction scolaire. L’hypothèse stipulant que plus le niveau d’instruction est élevé, plus l’éducation et la formation professionnelle jouent un rôle déterminant dans la décision de migrer, a été confirmée. En effet, les répondants sans niveau d’instruction scolaire ou seulement avec le niveau d’éducation primaire migrent plus fréquemment pour la quête de travail et d’argent (respectivement 64% pour la première et 75% ou 75% pour la dernière migration) que ceux ayant un niveau d’éducation secondaire (17% et 39% respectivement). Les études comme raison de la première migration n’est pas surprenante, car dans la plupart des cas, les régions d’origine ne disposent d’aucun collègue. Ce qui est par contre intéressant est le fait que l’éducation et la formation professionnelle soient désignées comme motif de la dernière migration.

Influence des changements environnementaux sur les décisions de migration

Dans les zones rurales, 67% des enquêtés indiquent l’agriculture – production végétale et élevage – comme activité économique principale. La part des ménages des enquêtés qui ne pratiquent que l’agriculture est même plus élevée et atteint 89%.

En tenant compte des enquêtés dans les capitales, plus de la moitié des répondants dépend encore de l’agriculture en tant que source principale de revenu. La production végétale est l’activité principale des enquêtés dans les zones rurales des régions d’étude avec un pourcentage plus élevé au Mali qu’au Sénégal (54% contre 33%), où l’élevage représente pour 17% des enquêtés la source de revenu la plus importante (confère figure 3).

Figure 3: activité économique principale des répondants selon le pays



La part importante des enquêtés et leurs familles dans les deux régions d'étude, dont l'activité économique principale est l'agriculture, permet de conclure qu'ils sont très vulnérables aux changements environnementaux. Ceci transparait particulièrement dans les récoltes.

A la question de savoir si les récoltes ou le revenu issu de l'agriculture en 2010 et 2011 étaient suffisants pour les besoins de la famille, la majorité des enquêtés (72%) a répondu que les récoltes de 2011 n'étaient pas suffisantes. Les récoltes de 2010 étaient manifestement meilleures à celles de 2011. Pour l'année 2010, plus de la moitié des enquêtés indiquaient que les récoltes n'étaient pas suffisantes pendant que de manière surprenante, « seulement » 28% au Sénégal confirmaient cette réponse.

Le manque (77%) et la mauvaise répartition des pluies (51%) ont été désignés comme les facteurs les plus importants provoquant une mauvaise récolte en 2011. En plus la fertilité du sol et la disponibilité des engrais jouent un rôle important pour de bonnes récoltes. Au Sénégal, le manque de semences, l'invasion d'insectes ravageurs et les oiseaux ont aussi contribué aux mauvaises récoltes.

L'hypothèse suivante peut ainsi être confirmée: l'agriculture est l'activité économique la plus importante dans les régions d'étude rurales. La réduction des précipitations et la dégradation des sols menace directement la base de revenu des ménages ruraux en affectant les rendements agricoles. C'est pour cette raison que les conditions climatiques et environnementales influencent fortement les moyens d'existence (livelihoods) des populations rurales. Cependant, la vulnérabilité aux changements environnementaux dépend aussi fortement des facteurs sociaux et locaux.

La population a développé depuis très longtemps des pratiques et stratégies qui peuvent influencer de façon déterminante les rendements et compenser les mauvaises récoltes. A ces pratiques

appartiennent la vente de bétail, de bois (charbon), de fruits sauvages ou de fourrage, mais également l'investissement dans les engrais, les techniques agricoles et irrigation agricole de même que le petit commerce. La migration est une stratégie importante des moyens d'existence; au Mali, l'augmentation de l'assistance financière des membres de la famille en migration (59% contre 39% au Sénégal) et l'augmentation du nombre de migrants (40% contre 17%) sont des stratégies importantes pour compenser les pertes de récoltes. La migration contribue donc considérablement à la diversification du revenu et ainsi à une résilience accrue des ménages. La citation suivante issue d'une discussion en groupe au Mali illustre que la migration est une stratégie importante de compensation des mauvaises récoltes, mais aussi pour épargner quand les récoltes étaient bonnes.

« Même si la récolte est bonne, il y a des gens qui partent dès que les récoltes sont terminées pour économiser » (discussion de groupe/Nianangali/Mali)

Dans l'ensemble, les résultats de la recherche socio-empirique confirment de nombreux résultats d'études existantes sur la migration liée à l'environnement au Sahel (projets actuels : « Where the rain falls » (<http://wheretherainfalls.org>); « EACH-FOR – Environmental Change and Forced Migration Scenarios » (www.each-for.eu) ; « Foresight – Migration and Global Environmental Change » (<http://www.bis.gov.uk/foresight/migration>)).

Analyse des politiques

L'objectif de l'analyse de politique est d'étudier l'importance des arrangements institutionnels et du spectre des acteurs politiques et aménagements dans le contexte des conditions socio-écologiques des mouvements de la population dans le Sahel. Pour cela, dans le cadre d'une analyse à plusieurs niveaux, la politique climatique et environnementale, la politique de développement et celle de migration ont été étudiées : sur le plan international, les institutions concernées (par exemple Accords dans le cadre de la CEDEAO, politique européenne de migration, etc.), sur le plan national et régional, la signification de la politique agricole (par exemple les programmes pour le développement des zones rurales et les lois concernées), le développement rural régional, les programmes de protection du climat et de l'environnement ainsi que les institutions de politique de migration.

Les résultats montrent que de nombreux champs politiques agissent sur la migration et interagissent entre eux. Au niveau national, pour les conditions socio-écologiques des mouvements de la population au Mali et Sénégal, les programmes de développement dans le cadre de Poverty Reduction Strategy Papers (Papiers de la stratégie de réduction de la pauvreté PRSP) et les Programmes National d'Adaptation aux Changement Climatique (NAPA) respectifs sont particulièrement d'une grande importance pour les mesures régulatrices. L'enquête et les interviews d'experts font ressortir que les programmes de développement et les stratégies de lutte contre la pauvreté à Bandiagara et Linguère ne sont implémentés que partiellement et que la population locale en profite peu en général. Par rapport à la politique de migration, il y a des différences importantes entre le Mali et le Sénégal. Il faut distinguer ici la politique de migration interne et celle internationale : au Sénégal par exemple, il existe le programme plan REVA qui aimerait remédier à l'exode rural, dont le succès est cependant fortement controversé. Concernant la

migration internationale, les résultats indiquent des effets positifs dans le cadre des accords européens/bi-nationaux (ici surtout avec la France et l'Espagne, ledit Programme de co-développement⁴).

En principe, il s'avère difficile de pouvoir apprécier les effets des différentes mesures politiques sur le processus de migration, sans compter que beaucoup de programme existent depuis peu de temps et les documents d'évaluation ne sont disponibles et ne pouvaient donc être pris en compte dans l'analyse que partiellement. Un résultat primordial de l'analyse de politiques est que les mesures d'éducation sont peu prises en compte dans tous les champs politiques importants (politique de l'environnement, du climat, de développement et de l'agriculture), mais jouent cependant un rôle central dans la migration liée à l'environnement. Un autre résultat est le manque de propriété et de participation, c'est-à-dire une gouvernance insuffisante dans la conception et la réalisation des mesures politiques. Cependant il existe aussi des succès dans le domaine de la politique de l'environnement, particulièrement dans le domaine de la protection de la biodiversité, qui ont pu être ressortis dans l'étude en sciences naturelles. Les résultats de l'analyse politique sont utilisés dans la suite du projet dans la modélisation et le développement des scénarios.

Intégration inter- et transdisciplinaire

Intégration des données empiriques

Pour pouvoir analyser comment les conditions socio-écologiques influencent la migration, les résultats des enquêtes ont été intégrés avec les données spatiales pertinentes. Les références spatiales et temporelles ont été établies à travers le lieu et le moment de départ de la première migration des répondants. Les données spatiales choisies sur un rayon de trois kilomètres et une période de deux ans avant l'évènement ont été agrégées. En plus, les tendances sur de longues périodes ont été calculées pour les lieux de départ, afin d'apprécier l'évolution générale des conditions spatiales et d'évaluer leur influence sur les décisions de migration. La base de données commune qui en a résultée est en elle-même très précieuse, mise à la disposition de toutes les parties prenantes du projet et sert de base pour la modélisation.

Modélisation

Plusieurs fonctions sont attribuées à la modélisation dans *micle* : en tant qu'instrument d'intégration, elle fusionne les travaux et les connaissances des sciences naturelles et sociologiques ; en tant qu'instrument d'analyse, elle contribue à la compréhension d'interactions complexes et présente celles-ci en tenant compte des incertitudes; en tant que base pour les scénarios, elle fournit une estimation des migrations futures sous l'influence de divers facteurs, pour en déduire et évaluer les stratégies d'action à promouvoir. Dans la phase initiale d'un modèle conceptuel basé sur les hypothèses et des recherches littéraires, la distinction entre les facteurs individuels et structurels agissant sur la décision migration a été ressortie comme élément structu-

⁴ Scheffran, J.; E. Marmer, P. Sow (2011): Migration as a contribution to resilience and innovation in climate adaptation: Social networks and co-development in Northwest Africa.

rant essentiel de la modélisation. Avec la disponibilité des premiers résultats empiriques de la collecte des données propres au projet, la modélisation formelle a commencé. A cet effet, les réseaux bayésiens (BBN) ont été utilisés comme méthode de modélisation statistique. Avec eux, les conditions qui de par leur alternance contribuent à la migration ou la non-migration, devraient être appréhendées et étudiées pour les régions du projet au Mali et au Sénégal. La migration est caractérisée ici par rapport à ses modalités temporelles et spatiales. A travers les analyses de sensibilité de l'adaptation de la structure du modèle et l'estimation de paramètres, les facteurs d'influence principaux suivants ont d'abord été identifiés à partir des données d'enquêtes socio-empiriques. Pour le Sénégal, l'âge, l'ethnie et l'activité économique représentent les facteurs d'influence principaux (les migrants sont surtout des jeunes Wolofs âgés de 20 à 30 ans, dont la famille pratique l'agriculture). D'autres facteurs sont le niveau d'instruction, la situation matrimoniale, le sexe et la perception de la politique de migration nationale. Pour le Mali, plutôt l'âge, le sexe et la situation matrimoniale sont les facteurs déterminant de la migration (les migrants sont surtout des hommes célibataires âgés de 20 à 30 ans). D'autres facteurs d'influence sont le niveau d'instruction, la situation économique, l'activité économique et la perception de la politique de migration nationale.

Par analogie aux données socio-empiriques, les facteurs d'influence principaux à partir des données de science naturelle ont également été établis. L'importance des facteurs environnementaux se remarque surtout chez les migrants qui quittent leur zone natale pour des raisons d'assurance de l'alimentation ou de quête de travail. En outre, les facteurs environnementaux influencent également les migrants qui indiquent quitter leur zone d'origine pour des raisons familiales. Ici, on retrouve – tant au Mali qu'au Sénégal – les facteurs les plus sensibles dans la tendance et la moyenne du NDVI annuel, qui est à son tour fortement lié aux conditions de précipitation. Ceci se montre pour le Sénégal à travers l'évolution de longue date des précipitations entre 1950 et 2010 et pour le Mali dans les quantités de pluie annuelles moyennes des années 2000 à 2010. En plus, les anomalies dans les quantités de pluie représentent un autre facteur d'influence important. Actuellement, un modèle basé sur l'agent (ABM) mettant les réseaux bayésiens au centre de la décision individuelle est développé. Il reconstitue les processus démographiques à petite échelle et par rapport aux trois déterminants clés fertilité, mortalité et migration, il signifie surtout pour cette dernière, un accès clairement différencié aux structures de dépendance fondamentales. Les deux approches complémentaires de modélisation permettent de représenter des couloirs d'insécurité pour soutenir dans la suite l'élaboration des recommandations.

Scénarios

Les connaissances du projet sont confluées dans les scénarios pour formuler des conclusions et recommandations, particulièrement aux acteurs de la politique de migration et de développement. Dans le cadre du processus de développement des scénarios, les deux dimensions « politique et économie » et « climat » ont été conceptualisées et quatre scénarios contrastants ont été élaborés sur cette base. Avec les modalités opposées « croissance économique et stabilité institutionnelle » versus « stagnation économique et instabilité institutionnelle » ainsi que « changements climatique régionales amplifiées » versus « aucun changement climatique significatif ».

dans la région », quatre scénarios issus de leurs combinaisons peuvent être délimités. Sur cette base, les quatre scénarios ont été fixés et leur contenu caractérisé.

La caractérisation s'opère actuellement dans l'association par rapport aux développements dans le cadre des conditions spécifiques suivantes : économie (sans agriculture), agriculture, politique, démographie et qualité de vie, environnement. Comme champ d'application pertinent, l'association a identifié les domaines éducation, développement rural, développement urbain, politique de l'environnement, migration et coopération pour le développement. Les storylines de différents scénarios exploratoires sur une période de 50 ans récapitulent de façon intégrative les résultats, comme plausibles, et illustrant de manière consistante l'évolution future. Dans une étape ultérieure, les interfaces (pilote) pour la modélisation sont définies. Au cours de l'atelier prévu à Dakar, les scénarios seront discutés avec d'autres résultats du projet et les parties prenantes, puis améliorés.

Publications importantes et documents de travail

- Brandt, M., Romankiewicz, C. Spiekermann, R. & C. Samimi: Environmental change in time series and high resolution imagery - An interdisciplinary study in the Sahel of Mali and Senegal. *Journal of Arid Environments*, (in review).
- Brandt, M., Paeth, H. & C. Samimi: Vegetationsveränderungen in Westafrika im Spiegel des Klimawandels und der Landnutzung. *Geographische Rundschau* 65(9), (accepted).
- Brandt, M., Grau, T., Mbow, C. & C. Samimi: Modeling soil and woody vegetation in the Senegalese Sahel in the context of environmental change. *Journal of Arid Environments*, (in review).
- Brandt, M., Verger, A., Baret, F. & C. Samimi: Local Vegetation Trends in the Sahel of Mali and Senegal using Long Time Series FAPAR Satellite Products and field measurements. *Global and Planetary Change*, (in preparation).
- Doevenspeck, M. & J. Laske (2012): Klima, Umwelt und Migration im westafrikanischen Sahel. Eine andere Perspektive auf eine große Erzählung. In: *Praxis Geographie* 42.12: 32-38.
- Fournier, A.; Hummel, D.; van der Land, V. (in preparation) Policy analysis in micle: Migration policies. Frankfurt/Main: ISOE (working title of micle working paper)
- Hummel, D.; Doevenspeck, M. & C. Samimi (Hrsg.) (2012): Climate Change, Environment and Migration in the Sahel. Selected Issues with a Focus on Senegal and Mali. MICLE WP 1. Frankfurt a.M. <http://www.micle-project.net/uploads/media/micle-wp1-2012-en.pdf>
- Hummel, D. Kaiser, D.(in preparation): Policy analysis in micle: Environment and Development policies. Frankfurt/Main: ISOE (working title of micle working paper, in preparation)
- Hummel, D.; Sow, M., Fopa, O., van der Land, V. (in preparation): Historical Analysis in micle. Frankfurt/Main: ISOE (working title of micle working paper)
- Land, V. van der; Hummel, D. (2013): Vulnerability and the Role of Education in Environmentally Induced Migration in Mali and Senegal. In: *Ecology and Society*, 18(4):14. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05830-180414>

-
- Land, V. van der/ Hummel, D. (2012): Gender Dimensions of Environmentally Induced Migration: Evidence from Mali and Senegal. Conference Paper presented at ESF (European Science Foundation)-Zif (Zentrum für interdisziplinäre Forschung)-Conference „Tracing Social Inequalities in Environmental-Induced Migration“, Bielefeld, Germany, 9. bis 13. Dezember 2012
- Land, V. van der/ D. Hummel (2012): Climate change, Land Degradation, and Mobility in Mali and Senegal: Examining the Social-Ecological Conditions of Migration, Paper presented on The Sixth Environmental Symposium of German-Arab Scientific Forum for Environmental Studies ‘Environmental Protection in the Middle East and North Africa’, Aachen, Germany, October, 1st and 2nd, 2012
- Romankiewicz, C.; Doevenspeck, M (2013): Climate and mobility in the West African Sahel: conceptualizing the local dimensions of the environment and migration nexus. In: Greschke, Heike & Tischler, Julia (Hrsg.): The Challenges of Global Climate Change. Locally Grounded Interdisciplinary Approaches: Springer, 2013 (in print).
- Romankiewicz, C. und Doevenspeck, M.(2013): Migration und Umwelt im westafrikanischen Sahel: methodische Überlegungen. In: Felgentreff, C. und Aufenvenne, P. (Hrsg.): Migration und Umwelt, Osnabrück: IMIS, 2013. (in print).
- Romankiewicz, C; Müller, A.: Mobilität zwischen westafrikanischer Freizügigkeit und europäischer Grenzziehung In: Geographische Rundschau 9, 2013, 12-18. (in print)
- Weisser, F.; Bollig, M.; Doevenspeck, M.; & D. Müller-Mahn: Translating the adaptation to climate change paradigm - the politics of a travelling idea in Africa. In: Geographical Journal (in print)