

Introduction générale

1. Enjeux agricoles pour l'Afrique sub-Saharienne

1.1. Objectif de sécurité alimentaire

Les projections sur les 100 prochaines années prévoient une diminution globale de la croissance démographique mondiale. Cette diminution devrait se traduire en une réduction de la croissance de la consommation des produits issus de l'agriculture (Alexandratos and Bruinsma, 2012). Cependant, il est important de remarquer que, même si la croissance démographique mondiale est amenée à diminuer du fait du ralentissement – voire du déclin – de cette croissance dans certains pays, les projections prévoient un maintien de cette croissance dans d'autres pays (Figure 1). Ces derniers, principalement situés en Afrique sub-Saharienne, présentent des problèmes de consommation alimentaire et des niveaux importants de malnutrition. Selon les estimations, la production agricole en Afrique sub-Saharienne devra croître de 77% d'ici 2050 pour répondre à la demande alimentaire de sa population grandissante (Alexandratos and Bruinsma, 2012).

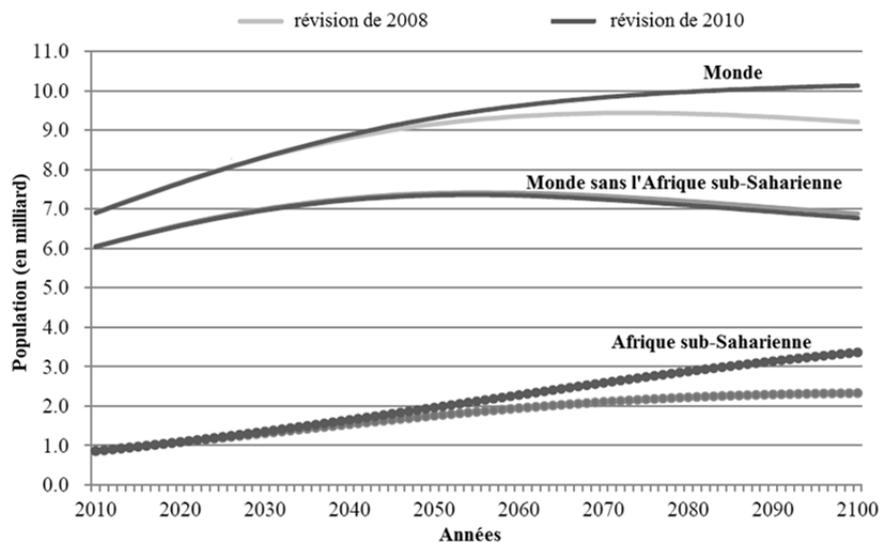


Figure 1: Une forte croissance de la population d'Afrique sub-Saharienne

Projection de l'évolution de la population des 100 prochaines années basée sur les chiffres de 2008 et réactualisée en 2010 (Alexandratos and Bruinsma, 2012).

1.2. Le changement climatique

Le changement climatique fait aujourd'hui consensus au sein de la communauté scientifique. Il est admis par la majorité que les activités humaines, par l'émission de gaz à effet de serre, en sont la principale cause. Parmi ces activités, l'agriculture a été identifiée comme première responsable de

l'enrichissement global de l'atmosphère en méthane (CH₄) et en protoxyde d'azote (N₂O) (IPCC et al., 2013). Ces gaz ont respectivement un pouvoir de réchauffement global 21 fois et 310 fois supérieures à celui du dioxyde de carbone (CO₂). En Afrique sub-Saharienne, les projections indiquent jusqu'à 2°C d'augmentation de la température à la fin de ce siècle. Les prédictions de changements de régimes pluviométriques sont plus incertaines et régionalisées. Néanmoins, elles suggèrent globalement des cumuls de précipitations saisonnières inchangés, un retard du démarrage de la saison des pluies et une augmentation en fréquence et en intensité des événements extrêmes, tels que des épisodes de fortes pluies ou de sécheresse, durant les saisons pluvieuses.

1.3. L'agriculture de conservation

Dans ce contexte de forte croissance démographique et de changement climatique, il est primordial de développer des systèmes de production agricoles qui puissent accroître la production tout en s'adaptant et en atténuant les changements climatiques. Les décideurs, la communauté scientifique et la société civile s'accordent sur la nécessité de mettre en place une démarche durable pour atteindre cet objectif. Parmi les solutions mises en avant, l'intensification écologique (Doré et al., 2011) est de plus en plus considérée comme la solution la plus à même de répondre à l'objectif d'augmentation durable de la production. Dans cette optique, l'agriculture de conservation (AC), qui est une forme d'intensification écologique, est promue et diffusée à grande échelle en Afrique sub-Saharienne à travers des projets de développements. Considérés par la FAO comme adaptés aux contextes des agricultures familiales africaines, très contraints tant du point de vue agro-environnemental que du point de vue socio-économique, les systèmes en AC ont pour objectif de restaurer et maintenir la fertilité des sols en évitant les effets néfastes du labour répété et de la monoculture souvent observés en agriculture traditionnelle. L'AC est basé sur trois principes (<http://www.fao.org/ag/ca/>) :

1. L'absence de travail profond du sol : Idéalement, le sol ne doit jamais être labouré, ou alors le moins perturbé possible, et la culture est installée en semis-direct. L'objectif est de conserver les agrégats du sol, de ralentir la minéralisation de la matière organique et de développer l'activité biologique du sol.
2. Le maintien d'une couverture végétale permanente morte ou vive : Les résidus de culture ou la culture associée à la culture principale ont un rôle de couche protectrice pour le sol. L'objectif est d'améliorer le bilan hydrique par un accroissement de l'infiltration et une diminution de l'évaporation. Cette couche de matière organique permet aussi de limiter le développement des adventices et elle représente un apport d'éléments nutritifs pour le biota du sol et la culture.

3. La gestion de cultures en rotation et/ou en association : Cette gestion est réfléchi de manière à créer des synergies qui permettent le contrôle des adventices et des maladies, mais aussi de manière à diversifier les cultures afin d'optimiser l'utilisation des ressources naturelles, d'équilibrer la répartition des temps de travaux ou encore diversifier les sources de revenus. L'objectif est également de produire plus de biomasse végétative aérienne pour être à même d'en maintenir tout ou partie comme couverture du sol.

Si les bénéfices potentiels énoncés ici semblent en accord avec les objectifs de production à moyen, voire long-terme, l'AC n'est pas pour autant la panacée en Afrique sub-Saharienne (Giller et al., 2009). En effet, l'adoption de ces systèmes par les agriculteurs reste encore limitée à ce jour. Le succès de la diffusion et de l'adoption de systèmes innovants dépend de nombreux facteurs agronomiques, environnementaux, économiques et sociologiques. Mais dans un contexte d'agriculture familiale, souvent de subsistance, ce succès réside aussi dans la capacité des systèmes proposés à répondre aux objectifs des agriculteurs sur le court-terme. Il est donc important de pouvoir évaluer la pertinence de ces systèmes, c'est-à-dire de prendre en compte les spécificités du contexte dans lequel on apporte l'innovation afin de cerner les opportunités et les contraintes pour pouvoir *in fine* proposer des systèmes adaptés, qui répondent aux attentes des agriculteurs. Dans un contexte donné, évaluer de manière complète la pertinence des systèmes en AC fait appel à des compétences multidisciplinaires, à la fois agronomiques, économiques et sociologiques. Les travaux de recherche exposés dans cette thèse participent à cette approche en évaluant la pertinence agronomique de ces systèmes en se basant sur le contexte agro-environnemental particulier du lac Alaotra, Madagascar.

2. Présentation de la zone d'étude

La région du lac Alaotra (17°35'S, 48°30'E) est un graben situé dans la province de Toamasina, à 250 km au nord de la capital Antananarivo, Madagascar (Bakoariniaina et al., 2006). La plaine, à une altitude de 750 m, couvre une surface de 180 000 ha. Elle est entourée de hautes collines ferrallitiques et en son centre se trouve le plus grand lac de Madagascar avec une surface de 25 000 ha pour 2 à 4 m de profondeur. Qualifiée de « grenier à riz de Madagascar », la région a toujours été une zone d'enjeux pour la production rizicole (Devèze, 2006; Teyssier, 1994). On y recense 30 000 ha de rizières irriguées avec une maintenance régulière des canaux d'irrigations, et 72 000 ha de rizières irriguées à gestion de l'eau aléatoire (MAEP, 2004). La région attire de nombreuses familles rurales et enregistre, depuis plus de vingt ans, le taux de croissance démographique annuel le plus haut de Madagascar (4,2% pour une moyenne nationale de 2,7%) (Wilhelm and Ravelomanantsoa, 2006). On estime que la population de la région du lac Alaotra a doublé depuis 1987 pour atteindre 670 000 habitants en 2005 (Devèze, 2006). Depuis cette dernière étude, aucun recensement de la population n'a encore été fait. Les estimations du réseau des observatoires ruraux restent néanmoins du même ordre (communication

personnelle, H. David-Benz, 2014). La production agricole étant centrée autour du riz, la forte croissance démographique a entraîné une saturation des rizières irriguées, forçant les agriculteurs à développer et intensifier la production pluviale. Les cultures pluviales sont pratiquées sur les sols ferrallitiques de collines ou dans les bas-fonds non-irrigués (Annexe 1).

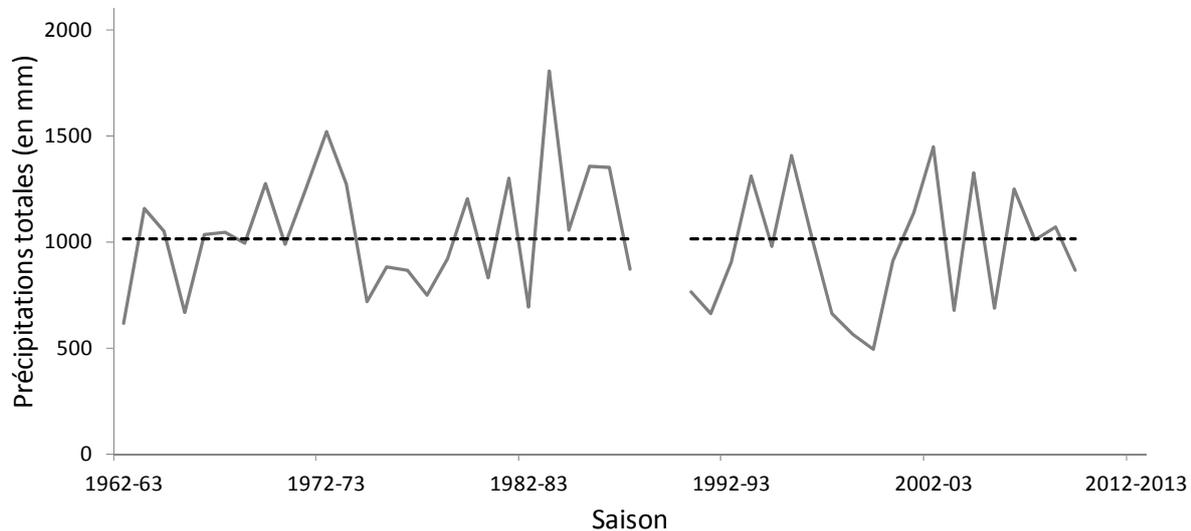


Figure 2 : Une pluviométrie très aléatoire au Lac Alaotra

Evolution des précipitations saisonnières totales à la station de Bevava de 1962 à 1988 et de 1990 à 2010. La ligne en pointillés représente la moyenne sur ces 46 saisons (1013 mm).

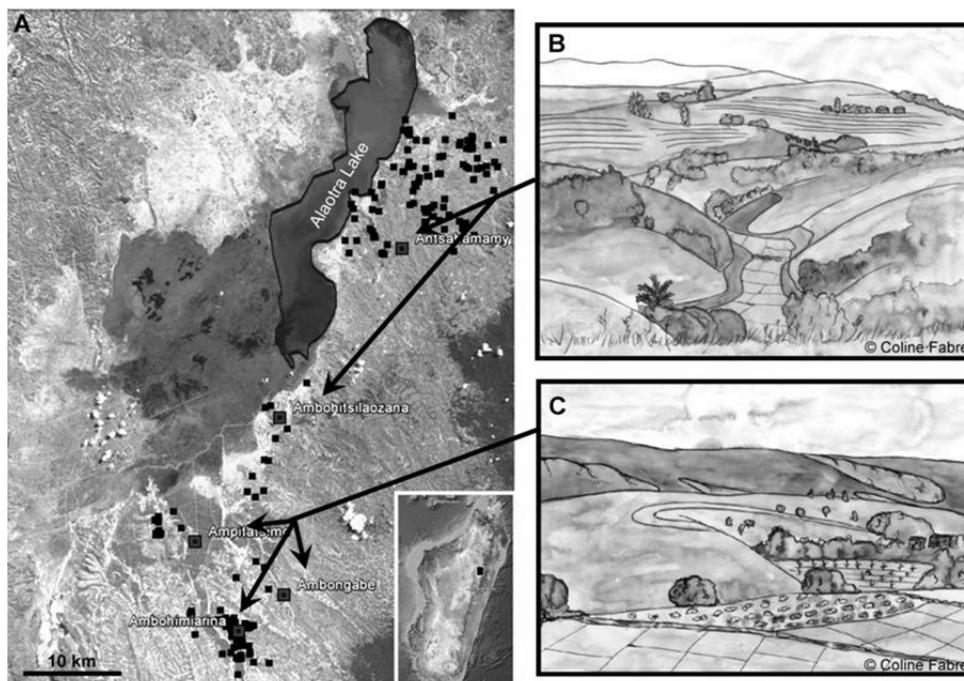


Figure 3 : Présentation de la zone d'étude

Deux zones d'intervention contrastées du projet BV/Lac (A) : Paysages typiques du nord-est (B) et de la vallée du sud-est (C) (Fabre, 2010). Le nord-est est un paysage très vallonné. Dans les bas-fonds, la riziculture est prioritairement implantée en irrigué avec une mauvaise maîtrise de l'eau ou en pluvial sur les sols alluviaux riches. Les collines, à faible pente, sont consacrées à la culture pluviale et la vaine pâture des animaux se fait sur les collines plus éloignées, à pente plus forte. La vallée du sud-est est limitée par de hautes collines qui subissent une érosion profonde, appelée *lavaka*, auxquelles sont joutées des collines et bas-fonds qui assurent la même fonction agricole qu'au nord-est. Ce paysage s'ouvre sur de vastes plaines où la culture du riz irrigué, est pratiquée avec une plus ou moins bonne maîtrise de l'eau.

La région est caractérisée par un climat tropical humide d'altitude avec une température moyenne de 20°C et une saison des pluies, très aléatoire, s'étalant de Novembre à Mars, avec une pluviométrie annuelle moyenne de 1000 mm. Les variations pluviométriques sont d'ordres intra- et interannuelles (**Figure 2**), avec une distribution journalière, un cumul annuel et un début et une fin de saison très aléatoires. Dans ce contexte climatique, étant donné la faible capacité d'investissement des agriculteurs, les niveaux de production pluviale sont faibles et très variables. Nous n'avons pas de chiffre précis sur la variabilité, mais le rendement moyen en riz pluvial sur colline est de 2 t ha⁻¹ et ce rendement peut dépasser les 5 t ha⁻¹ sur certaines parcelles (Penot et al., 2011). De 2003 à 2013, le projet de développement BV/Lac a proposé et diffusé des systèmes en AC (**Figure 3**) dans l'objectif de sécuriser, voire augmenter la production pluviale, en accompagnant les agriculteurs par un suivi et appui technique. En 2010, la surface cultivée en AC au lac Alaotra était estimée entre 970 et 1 420 ha (Penot et al., 2011; Rakotondramanana et al., 2010).

3. Hypothèse et objectifs de l'étude

Les hypothèses principales de cette étude sont les suivantes :

- o Parmi tous les bénéfices potentiels apportés par les systèmes en AC, la capacité du mulch à améliorer le bilan hydrique permet de tamponner le stress hydrique, et donc de sécuriser les rendements, lorsque les pluies sont limitées et/ou aléatoirement distribuées.
- o Le contexte pluviométrique de la région du lac Alaotra est très aléatoire et le stress hydrique, qui influe très fortement sur les niveaux de production en culture pluviale, est tamponné par les systèmes en AC.

La thèse est construite autour de trois objectifs qui structurent les trois chapitres qui suivent. Du plus général au plus spécifique, les objectifs sont les suivants :

1. Evaluer, à l'échelle de l'Afrique sub-Saharienne, le potentiel des systèmes en AC dans des conditions pluviométriques contrastées ;
2. Evaluer, dans une zone agroécologique à forte variabilité pluviométrique, le potentiel des systèmes en AC sur le court-terme ;
3. Identifier, à l'échelle de la culture et pour un climat à variabilité pluviométrique, dans quelles mesures la réduction du ruissellement par les systèmes en AC améliore le bilan hydrique, tamponne le stress hydrique et sécurise la production pluviale.

Dans le chapitre I, nous tentons de répondre au premier objectif dans un contexte plus global. Etant donné les enjeux agricoles pour l'Afrique sub-Saharienne et le changement climatique pour ces prochaines décennies, les systèmes de productions agricoles doivent être adaptés aux contextes

africains actuels et augmenter la production de manière durable en s'adaptant aux changements climatiques à venir : c'est le concept d'agriculture climato-intelligente, auquel on préférera l'anglicisme « *climate-smart* ». A travers une étude bibliographique de la littérature scientifique, nous recensons les articles qui apportent des réponses à la question suivante : L'AC est-elle une option *climate-smart* pour l'agriculture familiale sub-Saharienne ? Pour répondre au deuxième objectif, nous nous focalisons sur une zone d'étude plus réduite, la région du lac Alaotra, Madagascar. Profitant de la grande quantité de données (plus de 3800 parcelles suivies) et du climat très contrasté couvert par la base de données du suivi parcellaire du projet BV/Lac de 2006-07 à 2009-10, nous menons une analyse exploratoire sur les systèmes de cultures pluviales à base de riz afin de mieux comprendre, sur le court- à moyen-terme, comment s'exprime les capacités de l'AC dans un contexte à forte variabilité climatique (chapitre II). Pour répondre au troisième objectif, nous utilisons l'outil de modélisation biophysique PYE-CA afin d'identifier, dans les conditions pluviométrique du lac Alaotra, l'impact d'une diminution du ruissellement sur le stress hydrique et la production pluviale (chapitre III). Nous clôturons cette étude en repositionnant les hypothèses de départ, au regard des résultats obtenus à différentes échelles dans les chapitres précédents, et nous ouvrons la discussion sur la pertinence des systèmes en AC pour l'agriculture familiale, au-delà des impacts sur la ressource en eau.