



Commission néerlandaise pour  
l'évaluation environnementale

# La sécurité alimentaire et l'emploi sous des conditions climatiques changeantes au Mali: Quelles sont les options?

## MALI



15 novembre 2017  
Ref: 7227



---

## Conseil par la CNEE

---

**Sujet** La sécurité alimentaire et l'emploi sous des conditions climatiques changeantes au Mali: Quelles sont les options?

**Attn.** M. VAN WINDEN, Michel- Ministère des Affaires étrangères au Pays-Bas  
M. HOOGVELD, Felix - Ambassade du Royaume des Pays-Bas au Mali

**CC** Mme VAN SCHAIK, Louise - Clingendael

**De** la Commission Néerlandaise pour l'Evaluation Environnementale (la CNEE) - *Sustainability Advice Programme* ( Programme Conseil pour un Développement Durable)

Secrétaire Technique M. NOOTEBOOM, Sibout  
Contrôle de qualité M. VERHEEM, Rob

**Experts** M. BINDRABAN, Prem S.; M. GROOT, Robert

**Référence** 7227

---

Contact:

W: [www.eia.nl](http://www.eia.nl)

T: +31 30 2347660

E: [ncea@eia.nl](mailto:ncea@eia.nl)

## Liste des sigles et abréviations (en anglais)

EKN	Embassy of the Kingdom of the Netherlands / Ambassade du Royaume des Pays-Bas
GCM	Global Circulation Model / modèle de circulation générale (MCG)
GDP	Gross Domestic Product / produit intérieur brut (PIB)
GE	Grain Equivalent (a measure for caloric nutrition) / équivalent céréales (EC)
Ha	Hectare
IFDC	International Fertilizer Development Center
IPPC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Kha	1000 ha
Kton	1000 ton (1000000 kg)
MFA	Ministry of Foreign Affairs / Ministère des Affaires étrangères
Mha	million hectare
Mm	Millimetre
NCEA	Netherlands Commission for Environmental Assessment/ Commission Néerlandaise pour l'Evaluation Environnementale (la CNEE)
NPK	Nutrients Nitrogen, Phosphate and Potassium (Kalium) / éléments fertilisants azote, phosphates et sulfates (Kalium)
PSI	Planetary Security Initiative / Initiative pour la Sécurité Planétaire (ISP)
SMEs	Small and Medium sized Enterprises / petites et moyennes entreprises (PME)
SWOT	Strengths Weaknesses Opportunities Threats / forces, faiblesses, opportunités, menaces
UTL	Unit of Tropical Livestock / unité de bétail tropical (UBT)
WUE	Water Use Efficiency / utilisation efficace de l'eau

## Table des matières

Liste des sigles et abréviations (en anglais) .....	1
1. Introduction.....	3
Résumé .....	4
2. Quelle est la situation de la sécurité alimentaire au Mali ?.....	5
3. De quelles possibilités dispose le Mali pour produire davantage de nourriture ?.....	5
3.1 Agriculture pluviale.....	6
3.2 Le riz et la culture irriguée .....	8
3.3 Le Delta du Niger .....	9
3.4 Élevage et Pêche .....	9
3.5 Grandes cultures et commerce .....	10
4. Comment le changement climatique affecte-t-il ce potentiel ?.....	11
5. Conditions préalables pour la réalisation du potentiel et la création d'emplois – Une stratégie globale de développement agricole.....	11
6. Synthèse.....	13
7. Lectures supplémentaires.....	14
Annexe 1: Références .....	21
Annexe 2: Données de la variable alimentaire et agricole pour le Mali (en anglais) .....	25

# 1. Introduction

Le Ministère néerlandais des Affaires étrangères a lancé en 2015 la première Initiative pour la Sécurité Planétaire (ISP), suivie par une deuxième en 2016. Les 12 et 13 décembre 2017, l'ISP organise à La Haye une conférence intitulée « De l'Analyse à l'Action ». Un atelier intitulé « Les sols du Mali : terreau propice aux conflits – Changement climatique et pression sur les ressources » (en abrégé L'atelier Mali) se tiendra le 12 décembre. Le [site web](#) de l'ISP donne davantage de détails sur les discussions de l'atelier Mali.

Le 10 novembre 2017, l'ambassade du Royaume des Pays-Bas au Mali et la Direction générale de la Coopération internationale du Ministère des Affaires étrangères ont demandé des conseils au service de « Conseil sur la durabilité » de la Commission Néerlandaise pour l'Évaluation Environnementale (CNEE). Elles souhaitent en particulier discuter du développement durable au Mali à la lueur du changement climatique, de l'insécurité et de la migration. Du fait de la pénurie d'eau, du changement climatique prévu et de l'estimation de la croissance de la population, la pénurie alimentaire et le chômage deviendraient les principaux facteurs qui influencent le développement du Mali, et donc sa durabilité. On présume que l'amélioration de la sécurité alimentaire et de l'emploi, avec des chaînes de valeurs efficaces dans l'utilisation des ressources, contribue à une meilleure égalité sociale, moins de conflits sur les ressources naturelles, et de façon plus générale, davantage de sécurité. Une plus grande égalité et une meilleure sécurité devraient permettre une gouvernance plus durable, avec des contributions potentielles à de nombreux objectifs de développement durable.

C'est dans ce but que les questions suivantes ont été posées à la CNEE :

- Quelle est la situation de la sécurité alimentaire au Mali ?
- De quel potentiel dispose le Mali pour produire davantage de nourriture et créer les emplois qui y sont associés ?
- Comment le changement climatique affecte-t-il ce potentiel ?
- Quelles sont les conditions préalables pour la réalisation de ce potentiel et la création d'emplois ?

## Résumé

*Quelle est la situation de la sécurité alimentaire au Mali ?* En 2016, près de 2,5 millions d'habitants vivent dans l'insécurité alimentaire, c'est-à-dire près de 15 % de la population.

*De quel potentiel dispose le Mali pour produire davantage de nourriture ?* Le Mali dispose de systèmes de production agricole assez distincts qui peuvent, ensemble, assurer une autosuffisance alimentaire. Un approvisionnement sain, bien que modéré, en nourriture pour tous en 2050 et 2100 exigerait une disponibilité de denrées alimentaires respectivement de 3 à 6 fois plus importante qu'en 2015. Il n'est pas impossible de réaliser cela de façon durable en associant différentes options parmi les suivantes :

- L'agriculture pluviale peut suffire à apporter à la population une alimentation en quantité modérée jusqu'à 2100 (en particulier maïs, millet et sorgho). L'efficacité de l'utilisation des ressources en eau peut être considérablement améliorée grâce à un ensemble de mesures agronomiques.
- Le riz et la culture irriguée peuvent être fortement améliorés, en particulier en investissant dans une utilisation plus efficace de l'eau et l'amélioration d'autres pratiques. Le riz irrigué reste cependant un système de culture qui utilise l'eau de façon inefficace, alors que d'autres cultures peuvent utiliser l'eau de façon plus efficace.
- Le delta intérieur du Niger produit de grandes quantités de riz irrigué, de viande et de poisson. Une irrigation à plus grande échelle risquerait de s'y faire aux dépens de moyens de subsistance actuels dépendant de l'eau, même si quelques améliorations sont possibles. Une estimation fiable du potentiel total de cette zone nécessite une évaluation plus poussée. Proportionnellement, le riz irrigué à grande échelle crée moins d'emplois.
- Il reste possible d'améliorer l'élevage mais cela dépend fortement des innovations dans l'approvisionnement en fourrage. L'aquaculture peut permettre d'augmenter la production de poisson.
- Les cultures commerciales ont encore un potentiel de croissance considérable ; pas tellement pour le coton, déjà très important, mais plus pour les produits exotiques ; ce potentiel n'a pas pu être évalué dans cette étude.

*Comment le changement climatique affecte-t-il ce potentiel ?* Avec les scénarios actuels du GIEC, le potentiel décrit ci-dessus peut toujours être réalisé, même s'il nécessite des coûts d'investissements plus importants pour des mesures d'adaptation supplémentaires. De bonnes connaissances en gestion de l'exploitation agricole et en gestion des infrastructures collectives deviennent plus cruciales.

*Quelles sont les conditions préalables pour la réalisation de ce potentiel et la création d'emplois ?* La réalisation du potentiel de production de denrées alimentaires est l'option la plus réaliste pour augmenter les moyens de subsistance et l'emploi au Mali.

Des emplois seront créés dans la production primaire, mais en particulier le long de la chaîne de valeurs, comme dans le secteur des intrants pour les fournisseurs de service et les négociants agricoles, et dans l'industrie agroalimentaire.

Ensemble, les acteurs privés et publics peuvent accorder la priorité aux chaînes de valeurs qui leur offrent le meilleur rendement, tout en contribuant davantage au développement durable.

## 2. Quelle est la situation de la sécurité alimentaire au Mali ?

Le Mali est un pays sans littoral, mais géographiquement très varié. Il s'étend sur 124 millions d'hectares et compte une population de 18 millions d'habitants, dont environ 10 % habitent les régions arides du nord. Il fait partie des pays les plus pauvres du monde, bien que la pauvreté soit passée de 55,6 % en 2001 à 43,6 % en 2010, avant de remonter cependant à 45 % en 2013. Le taux de croissance économique s'est maintenu autour de 4,5 % au cours des dix dernières années, et devrait augmenter jusqu'à 5 % entre 2017 et 2019 (Banque Mondiale). Le secteur agricole contribue approximativement à 40 % du PIB, et emploie environ 70 % de la population. En 2016, près de 2,5 millions d'habitants vivaient dans l'insécurité alimentaire, dont 315.000 souffraient d'une insécurité alimentaire grave. Environ 1 enfant sur 3 âgé de moins de 5 ans présente un retard de croissance dû à une alimentation insuffisante qui affecte le développement physique et cognitif. L'insécurité alimentaire est liée aux aléas environnementaux (S1) et l'état actuel de la sécurité alimentaire reste médiocre et précaire (S2). Le développement du secteur agricole est considéré comme la seule issue à la pauvreté (Banque Mondiale, 2015).

## 3. De quelles possibilités dispose le Mali pour produire davantage de nourriture ?

Sur un total de 124 millions d'ha de terres, 41 millions d'ha sont considérés comme des terres agricoles, dont 35 millions d'ha de pâturages permanents et une superficie extrêmement variable de 5 à 7 millions d'ha de terres cultivables (Tableau A1, Fig. A2a). Si cette variation est en partie due à des statistiques médiocres, elle est aussi liée au climat : les paysans évitent de semer quand l'arrivée des pluies tarde trop, plus encore pour le maïs que pour le millet et le sorgho. L'importation de céréales varie également beaucoup, sans toutefois suffire à compenser les fluctuations de la production nationale (Fig. A2c). La variabilité des récoltes, de la superficie, et donc de la production est liée aux aléas environnementaux et nuit à la sécurité alimentaire nationale (S1). La zone potentiellement appropriée à la culture arable est estimée à 12 millions d'ha (p.ex. FAO, 2003), ce qui implique que l'augmentation de la production est limitée par la superficie cultivable (Banque Mondiale, 2015). Avec le développement d'infrastructures d'irrigation depuis les années 1980, la superficie totale équipée pour l'irrigation à grande échelle a augmenté jusqu'à 380 kha en 2014 (Fig. A3) ; la superficie totale de culture du riz est passée à 640 kha, comprenant le riz de montagne et les autres petites surfaces de riz irrigué des bas-fonds intérieurs.

Le Mali dispose de systèmes de production agricole assez distincts (Fig. 1) qui peuvent, ensemble, assurer une autosuffisance alimentaire. Un accent particulier devrait être mis sur le développement équilibré de différents systèmes pour répondre aux besoins des différents groupes de population. Création d'emplois, prévention des troubles de la société, systèmes agricoles en harmonie avec le fonctionnement de l'écosystème, adaptation au changement climatique et nécessité de services non alimentaires sont quelques-uns des principaux objectifs de développement. Ceci demande absolument une approche intégrée. Une demande

croissante en nourriture due à une urbanisation rapide, ainsi qu'une région au déficit alimentaire structurel, garantissent une forte commercialisation des augmentations de la production agricole et animale (Banque Mondiale, 2015)

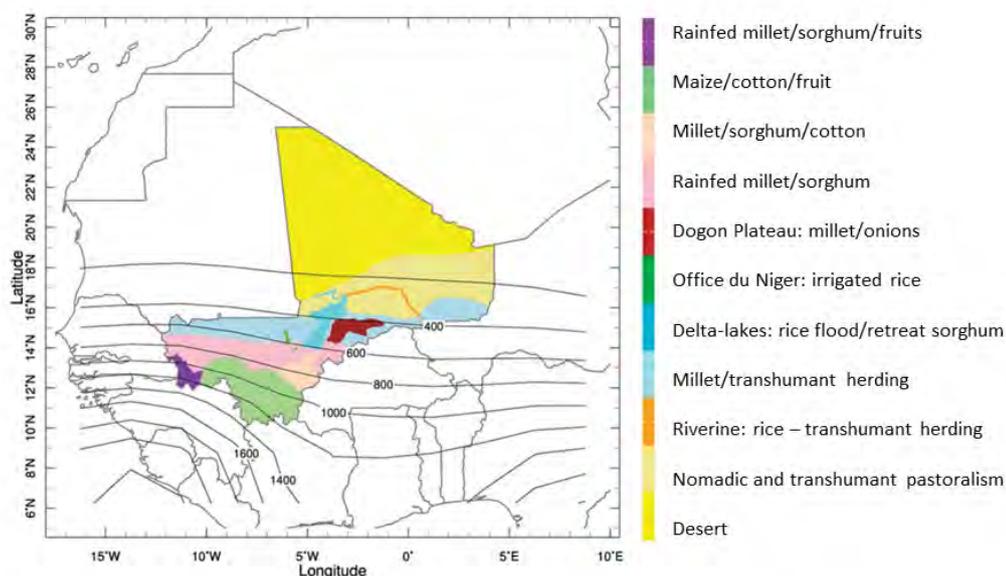


Figure 1 : Zones d'économie alimentaire définies par le Réseau des systèmes d'alerte précoce contre la famine en 2005, en couleur, superposées avec les précipitations de 1979–2007 (mm/an). De Giannini et al. (2017).

Au Mali, les cultures céréalières occupent 80 % de la totalité des terres arables, et la production d'environ 7 millions de tonnes (Tableau 1) implique une production totale en équivalent céréales (EC ; WRR, 1995) d'environ 8,5 millions de tonnes. La production de viande et de poisson de 3 à 400 kt (Fig. A4a) s'approche de 2 à 3 millions de EC. L'EC total d'environ 11 à 12 sur 18 millions d'habitants suggère une consommation d'environ 1,7 à 1,8 kg EC/p/j, ce qui ressemble plutôt à un régime végétarien avec un peu de viande. Un régime (plus sain) de 2 kg EC pour le Mali fait augmenter, d'après le scénario moyen de croissance de la population, la demande en alimentation de 33 Mt d'EC pour les 45 millions d'habitants prévus à l'horizon 2050, et de 68 Mt d'EC pour les 93 millions d'habitants prévus pour 2100.

### 3.1 Agriculture pluviale

Pour augmenter la production alimentaire, l'accent est principalement mis sur le développement du système d'irrigation le long des zones inondables du fleuve Niger (S5), mais c'est en réduisant l'écart de rendement entre le maïs, le millet et le sorgho qu'on obtiendra la plus grande hausse de production. Pour ces cultures, des récoltes pluviales de respectivement 8, 5 et 5 t/ha peuvent être obtenues, alors qu'elles sont actuellement de 2,2, 1,0 et 1,0 t/ha (Fig. A5a–e). Ceci implique, théoriquement, qu'au Mali la production agricole sous agriculture pluviale peut suffire à apporter à la population une alimentation en quantité modérée jusqu'à 2100 (Tableau 1).

Une gestion adéquate de p.ex. 500 mm de précipitations dans la saison permet de récolter jusqu'à 4 ou 5 t/ha de céréales, mais la faible fertilité naturelle des sols en diminue énormément le rendement. L'utilisation d'engrais au Mali était de 550 kt en 2016, équivalent à environ 310 kt d'éléments fertilisants NPK, dont 80 kt pour le riz, 40 kt pour le maïs, 80 kt pour

le coton, et le reste pour la canne à sucre et les autres cultures. Les taux d'application par hectare atteignent respectivement 120, 60 et 110 kg/ha pour le riz, le maïs et le coton, alors que le sorgho et le millet ne reçoivent en moyenne que 2 et 5 kg/ha (IFDC, 2017a). L'application de 120 kg pour le riz peut favoriser un rendement de 6 à 7 t/ha, et 60 kg pour le maïs peut assurer environ 3 t/ha. Le taux d'application pour le sorgho et le millet peut être complété par environ 10 kg/ha maximum d'azote provenant du fumier, si disponible (Conijn et al., 2011), ce qui permet d'envisager une tonne de rendement. L'utilisation d'engrais prouve clairement son impact considérable sur les rendements, mais les récoltes actuelles plus faibles malgré le taux d'application conseillé suggèrent qu'il doit y avoir des possibilités d'améliorer l'efficacité. L'IFDC (2017) témoigne que plus de 100.000 paysans qui utilisent les engrais appropriés peuvent considérablement augmenter leurs récoltes de riz, de millet et de sorgho, avec une marge brute à la ferme augmentant respectivement de 578 \$US, 105 et 148 \$US par hectare.

Tableau 1 : Estimations de production actuelle et potentielle (moyenne sur 2010–2014 si disponible)

Cultures	Superficie actuelle :	Récolte ac- tuelle :	Production actuelle :	Superficie arable po- tentielle <sup>2</sup>	Rendement potentiel /li- mité par l'eau	Production potentielle
	kha	t/ha	kt	Mha	t/ha	Mt
Maïs	690	2,3	1587	2 (1–10)	6–10	12–20
Sorgho	1260	0,9	1134	4 (2–10)	4–8	16–32
Millet	1760	0,9	1584	3 (2–10)	2–6	8–24
Riz	640	3,4	2176	2	8–11	16–22
Arachide	350	1,3	455	1		
Total (2010–2014)	5000–7000		6900			
Potentiel Cé- réales				11.000	5–10	55–110
Potentiel (toutes cul- tures)				12.000	5–10	60–120

<sup>2</sup>Le potentiel total de 12 Mha de terres arables appropriées est réparti arbitrairement entre le maïs, le sorgho, le millet et les autres céréales à respectivement 2, 4, 3, et 1 Mha, avec 2 Mha en plus pour le riz (S4)

Une récupération appropriée des eaux de pluies est essentielle pour couvrir les périodes de sécheresse et éviter le ruissellement. Par exemple au moyen de petites infrastructures (captages et digues) et de systèmes de micro-bassins pour la récupération des eaux de pluie (tels que techniques de demi-lunes 'zai', bourrelets de niveau et lignes de pierres). Ce type d'approches s'est avéré permettre de doubler les rendements ou même de permettre une double récolte dans les vallées intérieures du Mali (Katic et al., 2014). Ces auteurs rapportent également que l'utilisation des eaux souterraines, abondantes dans cette région (S4), peut permettre la double récolte et contribuer considérablement à l'augmentation des revenus agricoles. La Banque Mondiale (2015) avance également que les périmètres d'irrigation à petite échelle sont particulièrement intéressants pour la réduction de la pauvreté puisqu'ils profitent aux petits exploitants et ont les taux les plus élevés de retour sur investissements (cf.

S3). Cependant, sur le plan économique, les ressources en eau ne s'avèrent pas exploitables pour l'agriculture (Passip, 2017). Nous recommandons de réévaluer ces options en vue des synergies dans l'écologie de production.

Des niveaux élevés de synergies écologiques peuvent être atteints par le biais de pratiques de gestion intégrée pour les engrais, l'eau, la protection des plantes, les semences et la mécanisation. Ceci peut provoquer une meilleure efficacité de l'utilisation des intrants (Fig. A6), et en même temps, une diminution des pertes ou émissions par unité de produit et une augmentation des retours économiques. On a par exemple besoin de 5000 litres d'eau ou plus pour produire 1 kg de céréales pour un rendement d' 1 t/ha, ce qui peut être réduit à 2000 litres, et même à 1000 litres pour des récoltes excédant 5 t/ha. De plus, la gestion intégrée peut améliorer la matière organique du sol pendant les 20 à 30 premières années en séquestrant 200 à 1000 kg de carbone par hectare par an pour se stabiliser à zéro en 40 ou 50 ans. Hengsdijk et Keulen (2002) expliquent l'ensemble des mesures de gestion agronomique permettant d'augmenter le rendement et de réduire la variabilité de production du millet. Une approche agronomique globale pourrait aider à atteindre la sécurité alimentaire et une meilleure utilisation de l'eau par des systèmes de production résilients, comme précisé dans les plans de l'Ambassade des Pays-Bas au Mali (EKN\_Mali, 2014).

### 3.2 Le riz et la culture irriguée

Environ la moitié de la superficie de culture de riz est sous culture pluviale dans les vallées intérieures du Mali septentrional, avec des variétés telles que Gambiaka et quelques lignées de Nerica. Le faible rendement des cultures pluviales est principalement dû au médiocre contrôle des eaux, à l'envahissement par les mauvaises herbes et à un faible taux d'utilisation d'engrais. La culture irriguée est supposée échapper aux aléas des précipitations, et de gros investissements du gouvernement malien (et de ses partenaires de développement) dans l'infrastructure d'irrigation du delta du Niger depuis les années 1980 ont permis de quadrupler la production de riz. Le potentiel pour la culture irriguée est estimé à 2,2 millions d'hectares, avec environ 456 kha en 2016 (Passip, 2017 ; Fig. A3 ; bien que les chiffres présentés ne semblent pas entièrement cohérents – cf. S3), qui ne sont pas mis en culture dans leur totalité chaque année.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) dans la culture du riz dans (les périmètres extérieurs) du delta intérieur du Niger peut être améliorée par l'entretien et les investissements dans les systèmes actuels d'irrigation et de drainage. L'irrigation dans les parties extérieures du delta pourrait être étendue grâce aux économies d'eau dues à l'amélioration de l'utilisation de l'eau, plutôt que par l'augmentation des prélèvements d'eau. De plus, les pratiques agronomiques améliorées – comme une nutrition équilibrée des cultures, le placement profond des engrais, des espèces plus productives, la gestion des mauvaises herbes – peuvent facilement améliorer la productivité de 25 % ou plus. Sous un aspect plus pratique, 100 kha de terres pourraient être mis sous irrigation dans les zones de production extérieures du delta produisant (S3). Les améliorations des structures de retenue des eaux peuvent améliorer l'irrigation par inondation, ce qui permet d'augmenter considérablement la production de légumes à la saison sèche.

### 3.3 Le Delta du Niger

Les zones humides du delta intérieur du Niger d'une zone aussi grande que la Belgique, représentant 1,6 % de la superficie du Mali, fournissent des pâturages pour un tiers du bétail et produisent 8 % du PIB (Wetlands International, 2017). Les périodes sèches suivies d'inondations à la saison des pluies sont une des principales sources de biodiversité, de pêche, de bois de feu et de fibres, de sols humides pour les cultures et pâturages au retrait des eaux des parties inondées. Wetlands International (2017) estime que ces systèmes de production agroécologiques du delta peuvent fournir des moyens de subsistance pour près de 2 millions d'habitants. Des conséquences imprévues de la construction de digues et de détournement des eaux pour la culture irriguée (riz) ont réduit la variation du débit d'eau et ont fortement affecté les moyens de subsistance des pêcheurs, des nomades et des cultivateurs qui dépendent des plaines d'inondation (S5). Une approche intégrée, comprenant les infrastructures de gestion de l'eau telles que digues et canaux permettant de maintenir les cycles saisonniers d'inondation et de sécheresse, pourrait en partie rétablir la coexistence entre les pêcheurs, les cultivateurs et les bergers. Ce système comprend des cultures pluviales sur les zones élevées, une culture de saison sèche le long de la ligne de crue, des cultures de décrue sur les zones saisonnièrement inondées, et du riz sur les zones inondées. Les pâturages au cours de la saison sèche et la haute graminée Bourgou qui pousse dans les zones inondées sont essentiels pour l'élevage nomade. Le riz irrigué pousse dans les périmètres plats 'extérieurs' du Niger.

### 3.4 Élevage et Pêche

La production de viande de l'élevage indigène, principalement gros bétail, moutons et chèvres, est passée de 150 kt en 1990 à plus de 300 kt en 2014 (fig. A4a). Cette augmentation est entièrement due au nombre supérieur de bêtes abattues, vu que le poids des carcasses est resté inchangé : environ 130 kg par tête de gros bétail, et dix fois moins pour les chèvres et les moutons. Le taux de charge actuel d'environ 13 millions de têtes de bétail (qui ont d'autres utilités que la seule production de viande), dépasse déjà la capacité de charge maximale des pâturages (S6). L'amélioration de l'élevage implique une augmentation de la productivité des pâturages ou l'intégration des systèmes nomades et des parcs d'engraissement, ce qui crée un énorme potentiel pour l'amélioration la productivité totale (cf. S7) Les parcs d'engraissement peuvent être situés à proximité des zones urbaines où la demande en produits d'origine animale est la plus élevée. Ceci demande une intensification agricole pour améliorer la qualité des résidus de culture (comme le tourteau de coton et éventuellement les légumineuses fourragères) et des pâturages. Sans innovations dans les systèmes d'élevage, les nomades, continuellement à la recherche de pâturages, vont se déplacer de plus en plus vers le sud, ce qui ne pourrait être en partie arrêté que par la mouche tsétsé.

La FAO ne présente des « données normalisées » que pour la pêche de poissons d'eau douce, ce qui montre une répartition fluctuante avec un déclin rigoureux dans les années 1980 et 1990 pour remonter après l'an 2000 au niveau des années 1970 (Fig. A4a). Passip (2017) suggère que la production totale des lacs et des rivières pourrait atteindre 180 kt, ce qui est pratiquement deux fois la quantité rapportée par la FAO. L'aquaculture, si elle semble assez modeste avec seulement 2,4 kt en 2015, a cependant pour ambition d'atteindre 37 kt en 2020 (Passip, 2017), avec une production potentielle estimée à 200 kt de poisson par an par le Ministère de l'Agriculture (PDA, 2013 ; S4). Les conséquences de l'augmentation de la production doivent être clairement cernées compte tenu des ressources en eau limitées.

### 3.5 Grandes cultures et commerce

Le Mali est à peine intégré dans le commerce international, et les chaînes de valeurs de l'agriculture nationale sont également peu développées (S8). Seul produit d'exportation important (tableau a2), le coton est cultivé par de petits exploitants à orientation commerciale dans le sud du Mali. Le produit fait face à des défis importants tels qu'une intégration insuffisante sur le marché mondial, des systèmes contrôlés par l'Etat, et peu de possibilités d'y ajouter de la valeur comme par le commerce équitable en plus de la production de graine, coque et fibre de coton. Alors que le coton est considéré comme le fer de lance de la réduction de la pauvreté, la région connaît un taux de malnutrition étonnamment élevé (S9).

Les autres produits importants pour l'exportation sont la noix de cajou, le sésame (bien qu'il ne soit pas repris dans les données de la FAO de 2013), et les mangues. Les secteurs informels comprennent les produits d'arbres indigènes comme la noix et le beurre de karité, et des produits tels que le soumbala (épice très populaire provenant du néré) et les produits du baobab au potentiel considérable. La viande nomade de bœuf, de chèvre ou de mouton pourrait-elle aussi représenter un marché 'exotique' lucratif ? La plupart des produits sont cependant exportés à l'état brut avec peu de valeur ajoutée. Le riz est considéré comme une culture commerciale dont les débouchés sur le marché local sont garantis. Les produits les plus importants sont les cultures vivrières, y compris le blé, le riz, la pomme de terre et le sorgho.

Curieusement, les Pays-Bas exportent vers le Mali et l'Afrique occidentale plusieurs produits qui pourraient être cultivés sur place, tels que les oignons, les pommes de terre et les produits laitiers. Les Pays-Bas pourraient soutenir par leur savoir-faire une augmentation de la production locale, comme l'avait plaidé l'ambassadeur des Pays-Bas au Ghana et comme l'ont réalisé Friesland-Campina au Nigéria et Heineken au Nigéria et en Côte d'Ivoire (S10). Le Mali attribue à la mangue, la papaye, la pomme de terre, l'échalotte et l'oignon, la banane, la noix de cajou et le sésame un avantage concurrentiel et des débouchés commerciaux (S4).

#### 4. Comment le changement climatique affecte-t-il ce potentiel ?

Une grande partie de la population dépend de l'agriculture et est de ce fait directement sujette à la variabilité du climat. La pauvreté limite les options pour l'adaptation, ce qui pourrait augmenter l'insécurité alimentaire, comme pendant les périodes de sécheresse intensive dans les années 1970 et 1980. Les précipitations sont cependant revenues à leur valeur normale au cours des dernières décennies. Les Modèles de Circulation Générale (MCG) prévoient que le changement climatique n'affectera pas les pluies saisonnières au Mali (GIEC, 2014). Les températures maximales et minimales devraient augmenter de 2,9 °C et 3,3 °C (S11). Les mesures d'atténuation pour éviter une baisse du potentiel de rendement comprennent une gestion adéquate de la fertilité des sols et de la matière organique, des variétés adaptées à la température, une gestion intégrée de l'eau, etc., mesures qui ressemblent aux interventions visant à augmenter la productivité totale et à améliorer la résilience des systèmes.

Les systèmes d'élevage nomade peuvent être plus résistants aux températures plus élevées que les cultures arables si les zones humides sont conservées (Pedersen et Benjaminsen, 2008 ; Mertz et al., 2011). Le GIEC (2014) a également appelé à une amélioration de la résilience au changement climatique par la protection et le renforcement des écosystèmes naturels qui permettent d'amortir les conditions climatiques extrêmes. Des pratiques avancées de gestion de l'eau, qui garantissent un bassin du Niger 'vivant' où le rythme des crues est maintenu pour soutenir les différents services aux pêcheurs, agriculteurs et bergers, pourraient atténuer quelques-uns des principaux problèmes provoqués par les digues et les systèmes d'irrigation à grande échelle.

#### 5. Conditions préalables pour la réalisation du potentiel et la création d'emplois – Une stratégie globale de développement agricole

Le Mali a un faible indice de complexité économique. Cela reflète une économie basée principalement sur des produits de base et suggère que les opportunités pour une diversification future se situent principalement dans l'industrie agroalimentaire. La Banque Mondiale (2015) indique clairement que les possibilités de transformation économique sont limitées jusqu'à 2030, et que les possibilités de réduction de la pauvreté doivent se faire dans le secteur rural. Une stratégie de réduction de la pauvreté efficace devra donc commencer par augmenter les revenus des acteurs du secteur primaire et par mettre en place les fondations d'une transformation économique. Pour l'élaboration d'une stratégie globale de développement, il ne faut pas oublier que le continent africain, y compris le Mali, n'est pas handicapé par l'avance des pays développés et peut sauter des étapes de développement. Les TIC et les services mobiles peuvent aider à optimiser l'utilisation d'intrants et les services (S13). Les panneaux solaires peuvent réduire l'utilisation de bois de feu qui dégrade un environnement déjà fragile et réduire les risques pour la santé causés par la fumée (S14). De plus, des technologies performantes, comme pour l'élevage et les nouveaux engrais, peuvent stimuler la

productivité et l'efficacité (S15). Enfin, des méthodes de modélisation peuvent aider à une identification systématique des possibilités de développement agricole autant dans le temps que dans l'espace. Un exemple en est le "Geopolitical Lens to Climate Smart Food Security Interventions" (CNEE, 2016), qui vise à identifier les zones ayant un grand potentiel pour une aide climato-intelligente et des interventions commerciales efficaces (S16).

Il existe de multiples preuves que le potentiel agronomique sera atteint s'il est appuyé par de solides politiques économiques et s'il permet des initiatives qui posent les fondations micro-économiques pour la transformation. Ceci peut entraîner des chaînes agroalimentaires nationales et internationales qui contribuent de façon structurelle à une croissance économique inclusive (Maatman et al., 2011). Falconnier (2016) a d'ailleurs trouvé que ni des politiques isolées ni des stratégies agricoles seules ne peuvent aider la population agricole à dépasser le seuil de pauvreté et à améliorer la sécurité alimentaire de plusieurs types d'exploitations dans le sud du Mali. Il faut plutôt mettre en œuvre simultanément un ensemble d'interventions ; dans son analyse, elles comprennent des subventions aux intrants et à la production pour le coton et le lait + le planning familial + une gestion intégrée des ravageurs et des mauvaises herbes avec une petite mécanisation et d'importantes subventions pour les engrais destinés au sorgho et au millet. Pour cela, les politiques et les interventions devraient passer d'un objectif isolé d'intensification agricole à une approche multisectorielle. Ces approches globales sont conformes aux connaissances sur le développement des chaînes de valeurs qui nécessitent de nouvelles formes de production, de technologies, de logistique, de processus de travail, de relations interorganisations et de réseaux (Trienekens, 2011).

La création d'emplois, en particulier pour les jeunes et les femmes dans le secteur agroalimentaire, est essentielle pour faire progresser l'économie rurale. Toutefois, les données sur le travail de la plupart des institutions sont présentées comme des résultats groupés pour le secteur agricole. Il n'existe pratiquement pas de données sur les besoins en main d'œuvre par activité dans les systèmes de production agricole (S12 en mentionne quelques-unes). Les preuves initiales des programmes en cours suggèrent cependant un grand potentiel de création d'emplois grâce au développement de chaînes de valeurs multisectorielles.

2SCALE (2SCALE, 2017) est une initiative de développement soutenue par les Pays-Bas qui travaille avec des champions de modèles d'affaires inclusifs - d'origine africaine ou autre - et d'autres partenaires compétents, publics ou privés. L'initiative vise à développer des modèles de partenariat et des modèles commerciaux qui favorisent l'inclusivité, qui élaborent de (nouveaux) avantages concurrentiels, et qui ont un potentiel d'extension. Les activités de 2SCALE comprennent :

- identification des possibilités de marché ;
- soutien aux innovations technologiques et organisationnelles dans l'agriculture, le traitement après récolte et la transformation ;
- renforcement des capacités des groupes d'agriculteurs et des petites entreprises ;
- courtage, confiance et développement des relations au sein des clusters agroindustriels et des chaînes de valeurs ;
- intermédiation financière ;
- interventions ciblées pour les consommateurs du bas de la pyramide.

Plusieurs exemples de réussite de 'modèles d'affaires inclusifs' ont été élaborés et sont prêts à être appliqués à plus grande échelle et reproduits. Au Mali, le portfolio de 2SCALE comprend :

- le sésame, avec PROSEMA comme champion de modèle d'affaire ;
- maïs/ SONAF ; cassave (*attiéké*)/ femmes transformatrices ;
- riz étuvé/ femmes transformatrices ;
- légumes/ East West Seed International et groupes de producteurs ;
- pommes de terre/ groupes de producteurs ;

A ce jour, les résultats montrent que près de 100.000 petits agriculteurs ont été touchés. Ces agriculteurs bénéficient de chaînes de valeurs cibles, et ils ont renforcé leur capacité de production et leurs aptitudes à négocier des conditions avantageuses. La productivité de l'oignon par exemple, a augmenté de 300 % jusqu'à 30 tonnes/ha ; plus de 150 PME ont été renforcées (dont 25 % dirigées par des femmes) et ont participé de façon efficace à des chaînes de valeurs commercialement viables ; 0,5 millions d'Euros en prêts/crédits ont été mobilisés rien que sur 2016. L'investissement total dans ces six partenariats représente environ 5 millions d'Euros, de juin 2012 à 2016, dont 2,5 millions d'Euros de co-investissement du secteur privé. Cet investissement d'environ 50 \$US par agriculteur s'accompagne de bénéfices immatériels, comme l'inclusivité, les liens sociaux, la confiance, la volonté de co-investir et les bénéfices qui se poursuivent au-delà de la durée du programme. C'est un capital social, l'un des atouts essentiels des stratégies de subsistance des ménages agricoles (Amartya Sen), et le ciment du développement sociétal.

## 6. Synthèse

L'information ci-dessus sur les caractéristiques actuelles et potentielles des différents systèmes de production peut être reprise dans un schéma en toile d'araignée (Fig. 2), qui représente une analyse SWOT modifiée reposant sur l'information présentée et l'évaluation d'experts. Le diagramme projette les caractéristiques actuelles (à gauche) et potentielles (à droite) de sept systèmes de production agricole (le sorgho et le millet étant considérés ensemble). La culture du riz a été scindée entre l'irrigation à grande échelle et les systèmes des vallées intérieures, qui sont très différents. La toile d'araignée est actuellement petite, mais elle s'agrandit, montrant qu'une grande partie du potentiel reste à débloquer. Le manque de contrôle actuel sur les facteurs de production a pour résultat de faibles rendements et une stabilité médiocre dus à une forte sensibilité au climat. Ceci a pour conséquence une faible efficacité de l'utilisation des ressources et une faible productivité du travail. L'approche de gestion intégrée peut cependant améliorer considérablement la plupart de ces facteurs.

La contribution à la sécurité alimentaire peut être la plus élevée pour le maïs, le millet et le sorgho. Les investissements dans les cultures pluviales sont censés générer davantage d'emplois que la culture de riz irrigué à grande échelle. De plus, ceci entraîne davantage de possibilités pour l'implication des jeunes et des femmes, en particulier par le développement des chaînes de valeurs. La valeur commerciale des grandes cultures pourrait encore être améliorée, davantage pour les produits exotiques que pour le coton. Cependant, la contribution absolue à la sécurité alimentaire pourrait rester faible. L'efficacité de l'utilisation des ressources en eau peut être radicalement améliorée par le biais d'un ensemble de mesures agronomiques – aussi et surtout pour les systèmes pluviaux – alors que le riz irrigué reste un système peu efficace d'utilisation de l'eau.

Le développement de l'agriculture pluviale requiert des interventions à long terme, globales et permanentes, avec des améliorations progressives de la productivité. Ceci engendrera de nombreux emplois dans l'agriculture, et encore davantage dans la chaîne de valeurs alimentaire. De plus, le développement des systèmes pluviaux sera climato-intelligent du fait de la nécessité d'augmenter la matière organique du sol, ce qui implique une séquestration du carbone. Pourtant, cette voie est moins prestigieuse, et avec moins de gains rapides que les interventions à grande échelle sur l'infrastructure comme les digues et les périmètres d'irrigation, malgré que celles-ci aient un rapport coûts-avantages plus élevé et génère moins d'emplois.

Dans le cas du Mali, l'étendue géographique des différents systèmes de production garantit plus d'importance au développement des systèmes pluviaux dans le sud, la partie la plus densément peuplée du Mali. La production animale est considérablement limitée si elle n'est pas intégrée aux systèmes de culture. L'augmentation de la capacité de charge du Delta intérieur du Niger restera limitée et exigera des stratégies équilibrées.

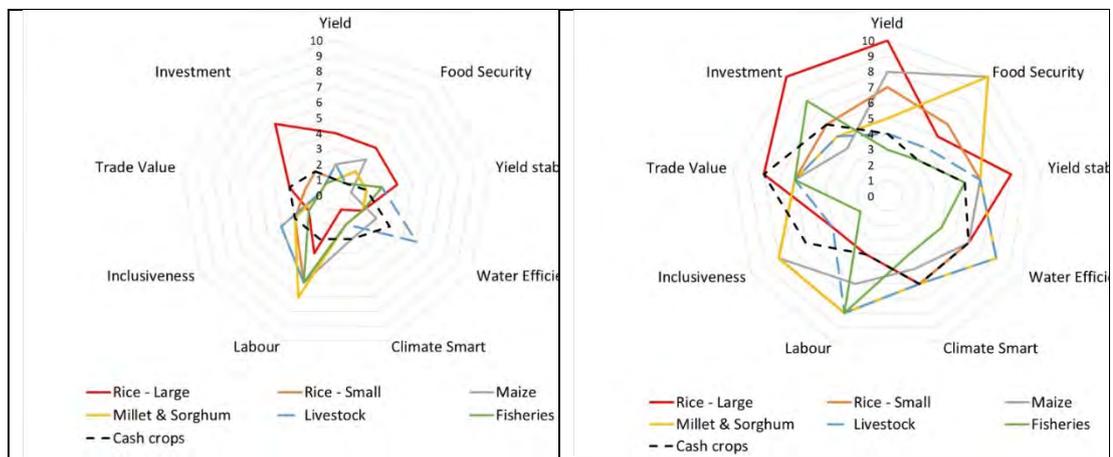


Figure 2 : Le schéma en toile d'araignée présente la SWOT de sept systèmes de production pour un ensemble de caractéristiques pertinentes pour cette étude.

## 7. Lectures supplémentaires

S1. Johnson et Brown (2014) ont trouvé une corrélation entre la variation dans l'IVDN (p.ex. l'indice de verdissement des terres observé par les satellites) dans quatre pays d'Afrique occidentale et la croissance des enfants (p.ex. une taille trop petite par rapport à l'âge qui reflète le médiocre statut nutritionnel de l'enfant à long terme) ; pour le Mali cette corrélation existe même avec la maigreur des enfants (p.ex. un poids trop faible par rapport à l'âge, ce qui reflète un statut nutritionnel médiocre de l'enfant à court terme. Ceci prouve les implications à long terme, et même à court terme, de la sécheresse et de la variabilité du climat sur la santé et la nutrition, rendant urgentes les mesures d'atténuation pour les aléas environnementaux.

S2. FAO-GIEWS (2017) et FEWSnet (2017) ont prévu que la croissance de la production totale de céréales en 2016 atteindrait, grâce aux conditions météorologiques favorables au cours de la saison de culture, 9,0 millions de tonnes, après avoir été de 8,1 Mt en 2015 et d'environ 6 à 7 Mt dans les 5 années précédentes. Une 'insécurité alimentaire minimale' persiste dans

la plus grande partie du pays, mais d'après ces références, les ménages pauvres des zones précédemment inondables, et ceux de l'ouest du Sahel qui ont vécu une saison creuse précoce et ont dû avoir recours à des prêts et réduire leurs achats non alimentaires, sont « stressés » de mai à septembre 2017.

S3. La gestion de l'eau est essentielle pour la sécurité alimentaire et un plan national d'irrigation est en cours d'élaboration. Il faut clairement distinguer le contrôle total de l'eau, tel que l'Office du Niger le pratique pour la culture du riz, et le contrôle partiel de l'eau dans des systèmes à petite échelle, comme par des petits réservoirs ou l'irrigation par inondation des vallées intérieures. Les plans actuels pour une extension à grande échelle à 10 kha/an dans l'Office semble irréaliste du fait que le taux d'extension n'a jusqu'à présent jamais excédé 5 kha (Pers. Comm., R. Groot IFDC), avec des coûts de mise en œuvre de 8 000 à 27 000 \$US/ha pour les périmètres d'irrigation (Becker et Johnson, 2001). La zone de 120 kha actuellement irriguée peut être étendue à 200–250 kha sans prélèvement supplémentaire d'eau, ce qui montre la faible efficacité de l'utilisation de l'eau. Une surface d'irrigation dépassant 400 kha risquerait d'entraîner d'importantes conséquences indésirables. Cultiver dans la saison sèche une deuxième culture autre que le riz, comme des légumes, sur l'humidité résiduelle des périmètres irrigués, pourrait améliorer de façon significative l'utilisation des ressources en terres et en eau, et pourrait être essentielle pour assurer les moyens de subsistance des agricultures ayant peu de terres (p.ex. Connor et al., 2008). L'efficacité de l'utilisation de l'eau dans des exploitations à petite échelle est souvent supérieure à celle des infrastructures à grande échelle, et peut contribuer à des volumes de production supérieurs et des retours économiques (aussi sur investissements) plus élevés avec la participation d'un grand nombre de petits exploitants et donc davantage d'emplois. Ces exploitations à petite échelle permettent une plus grande diversité de cultures, depuis le maïs, et même le sorgho et le millet, jusqu'à des cultures de plus grande valeur comme les fruits et légumes. Les pratiques intégrées entraînent des pratiques climato-intelligentes puisque l'augmentation de la biomasse par la fertilisation peut être incorporée au sol là où les taux de 1 à 6 t/ha peuvent améliorer la matière organique du sol pendant les 2 ou 3 premières décennies, séquestrant 200 à 1000 kg de carbone par hectare pour se stabiliser en 4 à 5 décennies à zéro. Becker and Johnson (2001) ont montré que l'intensification de la culture du riz dans les marais des vallées intérieures peuvent produire jusqu'à 6 t/ha (cf. également Fu et al., 2009).

S4. Le Ministère de l'Agriculture (PDA, 2013) vise, dans son plan stratégique, à faire du Mali un pays émergent où le secteur agricole est le moteur de l'économie nationale et garantit la souveraineté alimentaire. Le développement des systèmes d'irrigation est considéré comme prioritaire, et des stratégies sont présentées pour l'amélioration de l'élevage et pour la pêche. Il n'est pratiquement fait aucune mention du maïs, du millet et du sorgho, mis à part « un secteur de semences basé sur une forte mobilisation des organisations socio-professionnelles et des acteurs économiques du secteur privé sera renforcé ». Le plan mentionne des périmètres d'irrigation à petite échelle pour la réduction de la pauvreté au niveau local, mais pas dans le contexte des systèmes de culture. Outre les eaux de surface, les ressources en eaux souterraines sont estimées à 2720 milliards de m<sup>3</sup> avec un taux de recharge de 66 millions de m<sup>3</sup>/an. Curieusement, ils estiment un énorme potentiel d'aquaculture avec 5500 sites couvrant une superficie de 895 000 ha de basses terres, d'étangs et de plaines qui sont à peine développés, mais pourraient potentiellement produire 200 kt de poisson par an. On estime que le Mali a un avantage concurrentiel et des débouchés commerciaux pour la mangue, la papaye, la pomme de terre, l'échalotte et l'oignon, la banane, la noix de cajou et

le sésame. Signalons que le *Jatropha* est mentionné dans la politique énergétique, mais pas la technologie solaire (même si cela a pu être envisagé en dehors du cadre de l'agriculture).

S5. A la suite de la grande sécheresse des années 1970, le gouvernement et les organismes d'aide ont investi dans la construction d'une digue pour l'hydroélectricité et pour la gestion des crues en vue d'une production agricole contrôlée. On signale cependant que le nombre d'espèces de poissons va en diminuant et que le nombre d'oiseaux migrateurs en provenance d'Europe est en déclin (Zwart et al., 2009) ; la déforestation et l'agriculture sur les sols fragiles provoquent une sédimentation du lit des rivières ; et la baisse de la disponibilité de l'eau a forcé les communautés rurales à se déplacer vers le sud pour trouver un climat plus humide (Tayaa, 2005). Une aggravation progressive de la dégradation de l'écosystème a affecté l'utilisation équilibrée des agroécosystèmes du delta et a menacé les moyens de subsistance de nombreuses personnes, du fait de leur faible production de poisson, de riz et de bétail (Zwart et al., 2009 ; Brouwer et al., 2014). De plus, les périodes d'intense sécheresse, dues en partie aux conséquences imprévues de la gestion de l'eau à grande échelle, provoquent des conflits régionaux (p.ex. Benjaminsen, 2008 pour le Mali, mais aussi Tayaa, 2005). Les migrations humaines depuis la région – l'une des stratégies d'adaptation pour lutter contre l'appauvrissement – ont été imputées à la désertification après les sécheresses des années 1970 et 1980, mais depuis, les pluies se sont rétablies alors que les zones humides ont continué à diminuer. Les migrants ne restent pas tous dans la région, mais partent aussi pour l'Europe. On estime qu'environ 300.000 personnes ont quitté la région du Sahel entre janvier et novembre 2016, pratiquement tous des hommes (OIM, 2016). Plus de la moitié de ceux-ci viennent des zones humides avec près de dix mille venant du Mali au cours de cette période (Wetlands International 2017).

S6. Breman (1975) a estimé que le taux de charge maximum de bétail pour le Mali était de 12 millions UBT<sup>1</sup> avec un taux d'environ 6 millions avant la sécheresse des années 1970. Le nombre total de têtes d'environ 15 à 17 millions à la fin des années 1960 atteignait environ 6 millions d'UBT<sup>2</sup>, et le nombre de têtes de 40 à 45 millions en 2012–2014 (Fig. A4b) équivalait à environ 13 millions d'UBT, ce qui dépassait déjà la capacité de charge maximale des pâturages.

S7. L'intégration des systèmes de culture et d'élevage constituent un grand potentiel pour l'amélioration de la productivité totale. Cependant, autant les systèmes nomades que sédentaires sont confrontés à des difficultés majeures. L'empiètement des systèmes d'agriculture sédentaire sur les pâturages « traditionnels » de saison sèche dans les zones de savane empêche l'utilisation optimale des pâturages de haute qualité en saison des pluies dans le nord du Sahel. En intégrant l'élevage à l'agriculture, les systèmes semi-nomades traditionnels pourraient servir de « salle d'accouchement », les jeunes animaux pouvant être engraisés dans la savane (Fig. 3). Pourtant, la spécialisation et la mobilité pastorales s'avèrent être la stratégie de survie la plus efficace pour les éleveurs du Sahel de l'Afrique de l'Ouest (Pedersen et Benjaminsen, 2008). Ils ont trouvé des enfants d'éleveurs qui étaient mieux nourris que des enfants d'agriculteurs sédentaires et que les enfants des nomades sédentarisés semblaient être les plus mal lotis. Ils affirment que la diversification est faussée pour les éleveurs nomades dans le nord du Mali parce que les frais de logistique et d'organisation pour

---

<sup>1</sup>Unité de Bétail Tropical = poids d'un animal hypothétique de 250 kg

<sup>2</sup> 1 tête de gros bétail = 1 UBT pour 60 % du bétail et 1/2 UBT pour les 40 % restant ; 1 mouton = 1 chèvre = 1/10 UBT. 1 cheval = 1 camélidé = 1 UBT.

associer différents modes de subsistance sont élevés et insurmontables pour un ménage seul. Ceci suggère que les chaînes de valeurs qui relient les éleveurs aux agriculteurs pourraient être plus efficaces, mais qu'elles exigent des modifications majeures du système dans l'écologie de la production et le comportement humain, principalement la confiance dans l'interdépendance mutuelle.

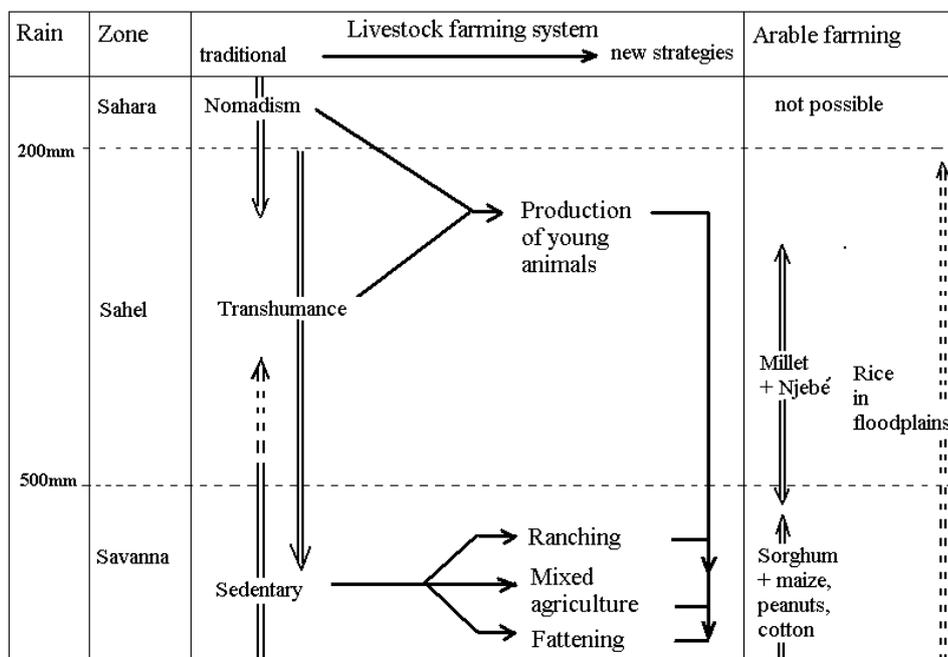


Figure 3 : Intégration des systèmes nomades, semi-nomades (transhumance) et sédentaires pour l'amélioration de la productivité. Source : Van Keulen and Schiere, 2004.

S8. Le Mali est à peine intégré dans le commerce international et les chaînes de valeurs de l'agriculture nationale sont également peu développées. Le coton, de loin la principale culture d'exportation du Mali, ne connaît par exemple qu'une intégration médiocre sur le marché mondial en raison de la situation enclavée du Mali, de la piètre qualité du réseau routier, et du contrôle de l'Etat sur l'industrie cotonnière (Baquedano et al., 2011). Les petites et moyennes entreprises sont rares parce qu'il est difficile de rivaliser avec plusieurs niveaux de commerçants informels qui ne paient par exemple pas de taxes, qu'il n'y a pas de normes de qualité, pas de pesage, et seulement de petites quantités de produit par exploitation, ce qui freine la mise en place d'installations de stockage (Banque Mondiale, 2015). Par conséquent, des coopératives agricoles solides pourraient se regrouper pour avoir un meilleur accès aux marchés et obtenir de meilleurs accords commerciaux pour les entrées et les sorties et les autres services tels que l'accès à la finance et à la formation.

S9. La Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles (CMDT) a mis en place l'intégration verticale de la chaîne de valeurs et a dirigé les ressources vers les écoles, l'alphabétisation des adultes, les services de vulgarisation, les cliniques et l'entretien des routes. Alors que le coton est perçu comme le fer de lance de la réduction de la pauvreté, la région de Sikasso connaît un taux de malnutrition étonnamment élevé, même si Cooper et West (2017) ne pouvaient pas l'attribuer directement à la culture du coton. La production de coton a atteint environ 500 000 tonnes en 2014/2015. Basset (2010) a constaté qu'au Mali, les

programmes de coton certifié commerce équitable ne pouvaient pas améliorer les revenus agricoles, parce que ce marché n'élimine pas les inégalités fondamentales du commerce international ni les rapports de force, même s'il stimule la participation des femmes dans la production de cultures commerciales et améliore la qualité du coton.

S10. Les Pays-Bas exportent de grandes quantités d'oignons vers les pays d'Afrique Occidentale, dont le Sénégal (168 810 t), la côte d'Ivoire (73 089 t), la Guinée (39 776 t), et de plus petites quantités vers le Mali, qui pourrait aussi les produire lui-même. L'ambassadeur des Pays-Bas a notamment mentionné que l'exportation d'oignons des Pays-Bas vers le Ghana est inacceptable, vu que ceux-ci peuvent être produits localement. Les Pays-Bas pourraient soutenir le pays par leur savoir-faire afin de stimuler la production locale, p.ex. en exportant des semences de haute qualité ainsi que des recommandations agronomiques.

S11. La hausse des températures peut faire baisser considérablement les récoltes (p.ex. Sultan et al., 2013). Traore et al. (2017) ont modélisé une diminution des récoltes de grains de maïs d'environ 50 % sous les pratiques agricoles actuelles pour la zone soudano-sahélienne du Mali ; elle pourrait être en partie atténuée par l'utilisation d'engrais appropriés. Si les récoltes de millet n'ont baissé que de 7 à 12 %, elles pourraient ne plus baisser ou même augmenter en utilisant des engrais minéraux. L'analyse montre de plus que la disponibilité de denrées alimentaires risque de diminuer pour tous les types d'exploitation agricole, mais que les grandes et moyennes exploitations peuvent encore atteindre une auto-suffisance alimentaire si elles appliquent les plantations précoces et les taux d'engrais recommandés. De façon générale, les mesures pour faire face à la variabilité naturelle des précipitations et pour atténuer l'impact des températures sur l'agriculture malienne comprennent : des variétés appropriées (p.ex. Sultan et al., 2013), des engrais contenant des micronutriments, (Dimkpa et al., 2017), la gestion intégrée de l'eau, etc., qui ressemblent aux interventions pour augmenter la productivité et la résilience générales.

S12. Les besoins en main d'œuvre dans les systèmes de production agricole pour le cas spécifique du Mali sont difficiles à identifier, mais on peut déduire quelques chiffres indicatifs de différentes publications. La culture du millet nécessite entre 50 et 100 jours-homme par hectare (Hengsdijk et van Keulen, 2002). La culture du maïs peut nécessiter jusqu'à 50-60 jours de travail par hectare, alors que les fruits et légumes tels que la pastèque peuvent dépasser les 160 jours (même si c'est en Chine ; Huang et al., 2015). Des systèmes plus intégrés tels que les cultures intercalaires font souvent augmenter les besoins en main d'œuvre. Il est clair que le travail doit être rémunérateur, ce qui doit être assuré par une augmentation de la productivité économique, avec en règle générale une augmentation des récoltes comme facteur déterminant. De plus, l'intensité du travail diminue au fur et à mesure que la mécanisation s'intensifie (p.ex. Rodenburg et al., 2015).

S13. L'utilisation de TIC perfectionnés, y compris proxidtection et télédtection, ainsi que les téléphones portables, a un grand potentiel pour aider à cibler les interventions dans l'environnement abiotique de production très diversifié des sols pauvres et des précipitations irrégulières. L'efficacité des interventions agronomiques augmentera considérablement si les pluies attendues et les stress biotiques menaçants peuvent être anticipés, par exemple par les prévisions météorologiques à court terme par satellite et par la dispersion des maladies. Ces technologies pourraient par exemple réduire considérablement les coûts des programmes météorologiques au sol qui se sont révélés très coûteux par le passé (Passip, 2017).

Un bon exemple est cité par Ignitia (<http://www.ignitia.se>) : une compagnie commerciale fournit des prévisions de précipitations précises pouvant être consultées sur téléphone portable ; les agriculteurs peuvent les acheter pour ajuster aux périodes de pluie leurs types de travaux, comme la préparation des terres ou les semailles. Les images satellites permettent même le suivi de la malnutrition des enfants en relation avec les stress environnementaux, ce qui permet des interventions en temps opportun pour éviter les souffrances humaines et élaborer une réponse adaptée à la variabilité climatique. Les TIC facilitent l'élaboration de systèmes administratifs perfectionnés tels que les vouchers pour les subventions.

S14. Au Mali, l'abondance du rayonnement solaire permet un investissement intéressant dans l'énergie solaire. La production de petites quantités de biocarburants pour utilisation locale, comme par le *Jatropha* cultivé en haies, peut aider à relancer le développement rural tout comme l'utilisation de pompes d'irrigation ou de légers véhicules de transport (Favretto et al., 2013). Les systèmes énergétiques décentralisés de panneaux solaires et de petits bioréacteurs communautaires peuvent fournir de l'énergie dans les régions isolées, libérant la main d'œuvre actuellement nécessaire à la récolte du bois de chauffage qui se fait rare, améliorant la cuisson et réduisant le besoin en combustibles fossiles, tout en évitant que la dégradation du paysage ne s'accroisse. L'amélioration des conditions de cuisson peut considérablement réduire les risques pour la santé dus à la fumée.

S15. Les investissements agrotechniques essentiels pour stimuler la productivité et créer des emplois tout au long de la chaîne de valeurs incluent des engrais innovants et des technologies de fertilisation innovantes (Bindraban et al., 2015), des réservoirs à petite échelle, l'amélioration de l'indice de récolte du millet et du sorgho (ICRISAT, 2017), l'introduction de petites machines pour une gestion efficace du sol, des mauvaises herbes et des maladies.

S16. L'Unité néerlandaise pour la durabilité de la Commission Néerlandaise pour l'Évaluation Environnementale (MER, 2016) a élaboré le "Geopolitical Lens to Climate Smart Food Security Interventions" pour identifier les zones ayant un grand potentiel pour une aide climato-intelligente efficace et pour des interventions commerciales. Les connaissances devraient aider à élaborer des plans stratégiques de donateurs, des plans d'investissement dans la sécurité alimentaire, et à alimenter l'estimation des externalités géopolitiques potentielles de la résilience climatique, telles que les conséquences de la migration. Cette méthodologie superpose 1) les cartes des régions avec des systèmes alimentaires dynamiques, c'est-à-dire une demande faible/élevée due à la proximité de villes ou de ports, des infrastructures de marché peu/fort développées et la présence limitée/importante d'investisseurs privés, avec 2) les cartes des régions avec un système de production fortement/peu vulnérable au changement climatique prévu, et avec 3) les cartes des zones menacées de conflits. La vulnérabilité des systèmes de production résulte de la superposition des cartes des précipitations et de leur variabilité, de la proximité des lacs et rivières pour l'irrigation, du partage des terres agricoles dans une cellule de la grille etc. (Ruben et al., 2016). La méthodologie suggère que la plupart des systèmes alimentaires dynamiques avec une faible dynamique du climat se trouvent près de Bamako, Sikasso et Ségou (Fig. A7), alors que le reste du Mali pourrait être classé comme région moins efficace pour l'aide et les interventions commerciales qui peuvent être considérées comme climato-intelligentes. On sait que l'infrastructure a une influence significative sur le développement du marché, mais dans le cas du Mali, les facteurs à l'origine de la migration ou du manque d'intensification agricole n'ont pas été inclus dans cette méthode. Le potentiel pour l'intensification de l'agriculture, les conséquences inattendues des interventions

d'irrigation à grande échelle qui ont provoqué des migrations, les discours sur les marchés de niche pour le développement des zones rurales et de la chaîne de valeurs, ainsi que la notion que le développement rural est la meilleure voie pour établir les fondations vers une croissance économique et la réduction de la pauvreté, présentent une vision plus motivante et prometteuse pour la réalisation de la sécurité alimentaire et nutritionnelle pour la population malienne sous des conditions climatiques changeantes, y compris les débouchés commerciaux, que ce que suggère la méthodologie. Le scénario de l'accroissement de la population en 2030 étend les zones propices à l'investissement proches des villes, mais les changements dans l'infrastructure, la technologie et la politique peuvent rapidement modifier les résultats de la méthodologie.

## Annexe 1: Références

- Bassett, T.J., 2010. Slim pickings: Fairtrade cotton in West Africa. *Geoform* 41 (1): 44–55.
- Baquedano, F.G., W. Liefert, S. Shapouri, 2011. World market integration for export and food crops in developing countries: a case study for Mali and Nicaragua. *Agricultural Economics* 42 (2011) 619–630.
- Becker, M; Johnson, DE, 2001. Improved water control and crop management effects on low-land rice productivity in West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59 (2): 119–127.
- Benjaminsen, T.A. 2008. Does supply-induced scarcity drive violent conflicts in the African Sahel? The case of the Tuareg rebellion in northern Mali. *Journal of Peace Research* 45 (6): 819–836.
- Bindraban, P.S., Dimkpa, C., Nagarajan, L., Roy, A., Rabbinge, R., 2015. Revisiting Fertilisers and Fertilisation Strategies for Improved Nutrient Uptake by Plants. *Biology and Fertility of Soils*, Vol. 51, Issue 8, pp 897–911.
- Breman, H., 1975. Evaluation and mapping of tropical African rangelands. Proceedings of the Seminar. Bamako – Mali. 3–8 March 1975. International Livestock Center for Africa. <http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5543B/x5543b10.htm#TopOfPage>
- Brouwer, J., H.A.A. Kader and T. Sommerhalter, 2014. Wetlands help maintain wetlands and dryland biodiversity in the Sahel, but that role is under threat: an example from 80 years of changes at lake Tabalak in Niger. *Biodiversity* 15 (2–3): 203–219.
- Conijn, J.G., Querner, E., Rau, M.L., Hengsdijk, H., Kuhlman, T., Meijerink, G., Rutgers, B., Bindraban, P.S., 2011. Agricultural resource scarcity and distribution. A case study of crop production in Africa. *Plant Research International*. Report 380.
- Connor, David; Comas, Jordi; Macpherson, Helena-Gomez; et al., 2008. Impact of small-holder irrigation on the agricultural production, food supply and economic prosperity of a representative village beside the Senegal River, Mauritania. *Agricultural Systems* 96 (1–3): 1–15.
- Cooper, M.W., C.T. West, 2017. Unraveling the Sikasso Paradox: Agricultural Change and Malnutrition in Sikasso, Mali. *Ecology of Food and Nutrition*. 56:2, 101–123, DOI: 10.1080/03670244.2016.1263947.
- Dimkpa, C.O., P.S. Bindraban, J. Fugice, S. Agyin-Birikorang, U. Singh, D. Hellums, 2017. Composite micronutrient nanoparticles and salts decrease drought stress in soybean. *Agron. Sustain. Dev.* 37:5.
- EKN\_Mali, 2014. Multi-Annual Strategic Plan Mali 2014 – 2017. Embassy of the Kingdom of the Netherlands Bamako, January 2014.
- Falconnier, G.N., 2016. Trajectories of agricultural change in southern Mali. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. 209 pages.

FAO, 2003. Mali Pasture Profile. <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/coun-prof/Mali/mali.htm>

FAO-GIEWS, 2017. Global Information and Early Warning System. Mali Country Analysis. <http://www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp?code=MLI>

Favretto, N., L.C. Stringer, A.J. Dougill, 2013. Unpacking livelihood challenges and opportunities in energy crop cultivation: perspectives on *Jatropha curcas* projects in Mali. *The Geographical Journal*, Vol. 180, No. 4, December 2014, pp. 365–376, doi: 10.1111/geoj.12053  
FEWSnet, 2017. Famine Early Warning System network. Mali Food Insecurity Update. <http://www.fews.net/west-africa/mali>

Fu, Regina Hoi Yee; Maruyama, Makoto; Oladele, O. Idowu; et al., 2009. Farmers adoption and propensity to abandoned adoption of sawah-based rice farming in the inland valley of central Nigeria. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7 (2): 379–382.

Giannini, P.K. Krishnamurthy, R. Cousin, et al., 2017. Climate risk and food security in Mali: A historical perspective on adaptation. *Earths Future* 5 (2): 144–157.

Hengsdijk, H; van Keulen, H., 2002. The effect of temporal variation on inputs and outputs of future-oriented land use systems in West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 91 (1–3): 245–259.

Huang C, Liu Q, Heerink N, Stomph T, Li B, Liu R, et al. (2015) Economic Performance and Sustainability of a Novel Intercropping System on the North China Plain. *PLoS ONE* 10(8): e0135518. doi:10.1371/journal.pone.0135518

ICRISAT, 2017. <http://www.icrisat.org/research-development/>.

IFDC, 2017. FTF USAID Mali Fertilizer Deep Placement and Micro-Dosing Scaling Up Project.

Annual Report: October 2015 – September 2016. Muscle Shoals, Alabama 35662 USA.

IFDC, 2017a. Analyse et validation des statistiques 2016 sur les engrais au Burkina Faso, au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Mali, au Sénégal et au Togo. Rapport Technique.

IOM (International Organization for Migration), 2016. Statistical Report Overview. Niger Flow Monitoring Points. <http://www.globaldtm.info/dtm-niger-flow-monitoring-statistical-report-november-2016/>

IPCC 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects*. Barros, V.R. et al. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Johnson, K., Brown, M.E., 2014. Environmental risk factors and child nutritional status and survival in a context of climate variability and change. *Applied Geography* 54: 209–221.

Katic, P., Lautze, J., Namara, R.E., 2014. Impacts of small built infrastructure in inland valleys in Burkina Faso and Mali: Rationale for a systems approach that thinks beyond rice? *Physics and Chemistry of the Earth* 76–78: 83–97.

Maatman, A. et al., 2011. Competitive agricultural systems and enterprises. A grassroots approach to agribusiness development in sub-Saharan Africa. IFDC, CTA, Wageningen; FAO. 2016. Public-private partnerships for agribusiness development – A review of international experiences, by Rankin, M., Gálvez Nogales, E., Santacoloma, P., Mhlanga, N. & Rizzo, C. Rome, Italy.

NCEA, 2016. [A Geopolitical Lens to Climate Smart Food Security Interventions](#). The Dutch Sustainability Unit of the Netherlands Commission for Environmental Assessment. The Netherlands.

Mertz, O., Mbow, C., Reenberg, A., Genesio, L., Lambin, E.F., D'haen, S., Zorom, M., Rasmussen, K., Diallo, D., Barbier, B. and Moussa, I.B. 2011. Adaptation strategies and climate vulnerability in the Sudano-Saharan region of West Africa. *Atmospheric Science Letters* 12 (1): 104–108.

PASSIP, 2017(?). Etude d'Élaboration de la Politique National de Maîtrise de L'eau Agricole. Etat des lieux et diagnostic de la mobilisation et de la maîtrise de l'eau pour l'agriculture. Ministère de l'Agriculture, Direction Nationale du Génie Rural. Programma d'Appui au Sous-Secteur de l'Irrigation de Proximité. GIZ.

PDA, 2013. Politique de Développement Agricole du Mali, 2013. République du Mali (Document provisoire).

Pedersen, J., T.A. Benjaminsen, 2008. One leg or two? Food security and pastoralism in the northern Sahel. *Human Ecology* 36 (1): 43–57.

Rodenburg, Jonne; Saito, Kazuki; Irakiza, Runyambo; et al., 2015. Labor-Saving Weed Technologies for Lowland Rice Farmers in sub-Saharan Africa. *Weed Technology* 29 (4): 751–757.

Ruerd Ruben, Wil Hennen, Marcel van Asseldonk, 2016. Towards Climate Proof Food and Nutrition Security. Mapping high/low food system dynamics and high/low climate dynamics. Wageningen Economic Research, WUR. Internal Concept Report.

Sultan, B., P. Roudier, P. Quirion, A. Alhassane, B. Muller, M. Dingkuhn, P. Ciais, M. Guimberteau, S. Traore and C. Baron, 2013. Assessing climate change impacts on sorghum and millet yields in the Sudanian and Sahelian savannas of West Africa. *Environmental Research Letters* 8 (1): 014040.

Tayaa, M. 2005. Stream flow modification – Senegal River Basin. In GIWA Regional Assessment 41 Canary Current. [http://apps.unep.org/redirect.php?file=/publications/pmtdocuments/-Assessment%20of%20transboundary%20Freshwater%20Vulnerability%20in%20Africa%20to%20Climate%20ChangeAssessment\\_of\\_Transboundary\\_Freshwater\\_Vulnerability\\_revised.pdf](http://apps.unep.org/redirect.php?file=/publications/pmtdocuments/-Assessment%20of%20transboundary%20Freshwater%20Vulnerability%20in%20Africa%20to%20Climate%20ChangeAssessment_of_Transboundary_Freshwater_Vulnerability_revised.pdf)

Traore, B., Descheemaeker, K., van Wijk, M.T., Corbeels, M., Supit, I., Giller, K.E., 2017. Modelling cereal crops to assess future climate risk for family food self-sufficiency in southern Mali. *Field Crops Research* 201: 133–145.

Trienekens, J.H., 2011. Agricultural Value Chains in Developing Countries A Framework for Analysis. *International Food and Agribusiness Management Review* 14 (2), 2011.

Wetlands International, 2017. *Water Shocks: Wetlands and Human Migration in the Sahel*. Wetlands International, the Netherlands.

World Bank, 2015. Republic of Mali: Priorities for ending poverty and boosting shared prosperity. Systematic Country Diagnostics (SCD). Report No. 94191-ML  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/101991468188651405/pdf/94191-CAS-IDA-SecM2015-0144-IFC-SecM2015-0101-MIGA-SecM2015-0058-Bpx391497B-OUO-9.pdf>

WRR (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid), 1995. *Sustained risks: A lasting phenomenon*. The Hague, The Netherlands: Scientific Council for Government Policy.

Zwarts, L., R.G. Bijlsma, J. van der Kamp, E. Wymenga, 2009. Living on the edge: wetlands and birds in a changing Sahel (p. 564). Zeist: KNNV Publishing, the Netherlands.

## Annexe 2: Données de la variable alimentaire et agricole pour le Mali (en anglais)

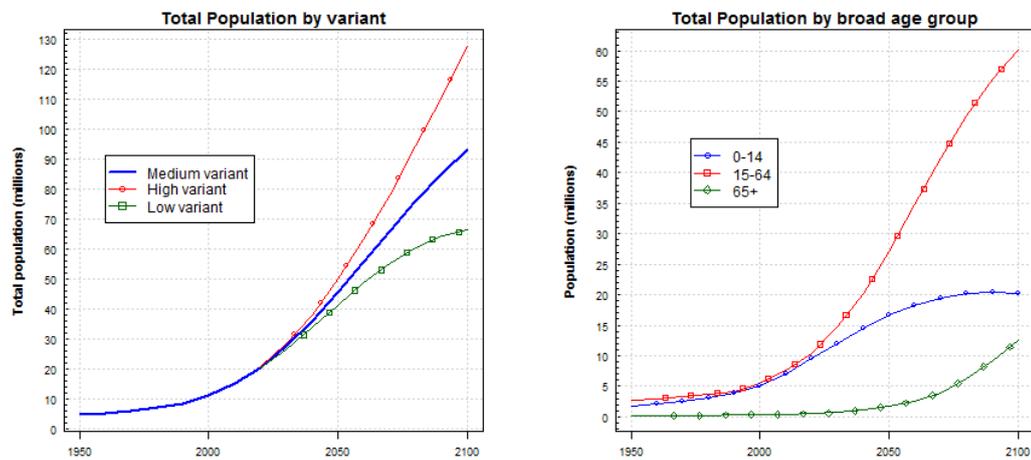


Figure A1 : Population projections Mali. Source <https://esa.un.org/unpd/wpp/Graphs/DemographicPro-files/>

Table A1: Highly varying cropping acreage (\*1000 ha) of largest crops in Mali

	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Millet	1463	2284	1874	1437	1743	100	156	128	98	119
Sorghum	1220	1685	1246	938	1205	100	138	102	77	99
Maize	504	925	579	641	803	100	183	115	127	159
Rice, paddy	472	830	617	605	684	100	176	131	128	145
Groundnuts	337	340	344	373	352	100	101	102	111	104
Seed cotton	250	478	521	481	540	100	191	208	192	216
Cowpeas, dry	239	262	265	254	353	100	110	111	106	148
Sheanuts	67	80	82	78	19	100	119	122	116	29
Fonio	67	65	44	35	56	100	98	66	52	83
Vegetables	50	50	52	54	61	100	101	105	108	122
Cashewapple	46	42	38	29	36	100	91	83	63	79
Bambara	37	35	35	37	38	100	94	94	100	102
beans										
Sesame seed	32	39	58	37	54	100	119	179	114	167
Watermelons	24	20	22	25	27	100	84	91	103	115
Sweet	11	15	17	19	24	100	134	153	172	217
potatoes										
Total (Mha)	4.8	7.2	5.8	5.1	6.1	100	148	120	105	125

Source: FAOstat, June 2017

Table A2: Export and import of most important crops and livestock commodities in Mali, 2013

Commodity	Export Quantity	Export Value	Commodity	Import Quantity	Import Value
	tonnes	1000 US\$		tonnes	1000 US\$
Cotton lint	162739	296265	Wheat	227447	76627
Cotton, carded, combed	143935	373821	Rice total (milled eq.)	108558	50706
Cashew nuts, with shell	5983	3315	Oil, palm	31502	38801
Mangoes	5301	8188	Flour, wheat	30308	18458
Beverages, non-alcoholic	4234	1183	Food prep nes	24447	89246
Fruit, prepared nes	2189	1872	Cake, cottonseed	11601	3457
Cake, rapeseed	1949	317	Potatoes	10689	6204
Beans, green	1780	525	Sorghum	9167	3219
Cake, cottonseed	1629	255	Pastry	5435	6508
Maize	1447	23	Beverages, non-alcoholic	5182	4810
Groundnuts, shelled	1436	211	Maize	2061	522
Flour, wheat	1350	432	Hides, nes	363	87
Pastry	798	270	Cashew nuts, with shell	357	46
Almonds shelled	575	913	Soybeans	243	11
Food prep nes	514	306	Fruit, prepared nes	106	161
Potatoes	416	28	Chillies & peppers, green	83	15
Cotton waste	385	436	Tobacco, unmanufactured	59	4
Millet	322	87	Groundnuts, shelled	28	2
Tobacco, unmanufactured	278	13	Cotton, carded, combed	12	12
Hides, nes	261	405	Beeswax	11	24
Oil, palm	183	176	Almonds shelled	5	9
Flour, mixed grain	178	109	Cake, rapeseed	1	0
Vegetables, dehydrated	145	51	Vegetables, dehydrated	1	1
Beeswax	116	813	Cotton lint	0	1
Rice total (milled eq.)	86	196	Mangoes	0	0
Wheat	81	13	Beans, green	0	0
Chillies and peppers, green	9	461	Cotton waste	0	0
Soybeans	7	2	Millet	0	0
Sorghum	0	0	Flour, mixed grain	0	0

Source: FAOstat, June 2017

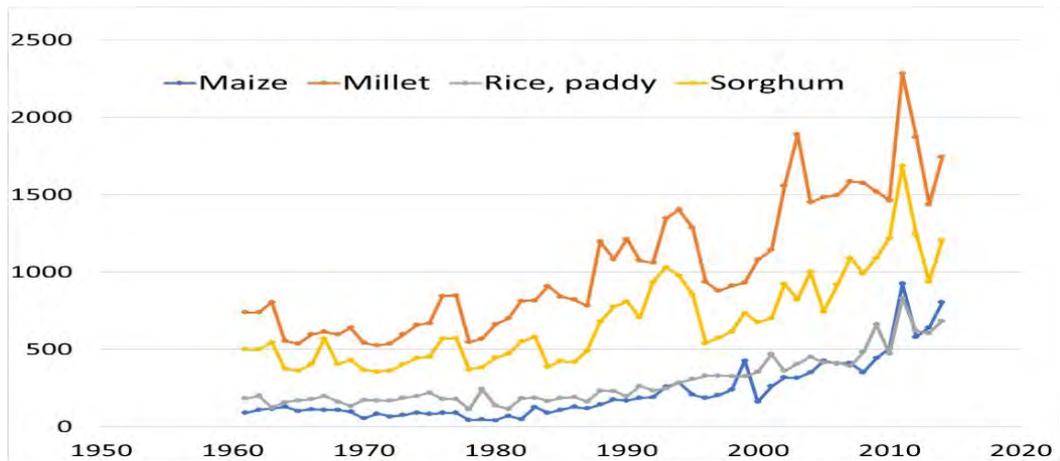


Figure A2a: Acreage of largest crops in Mali (\*1000 ha) (FAOstat, June 2017)

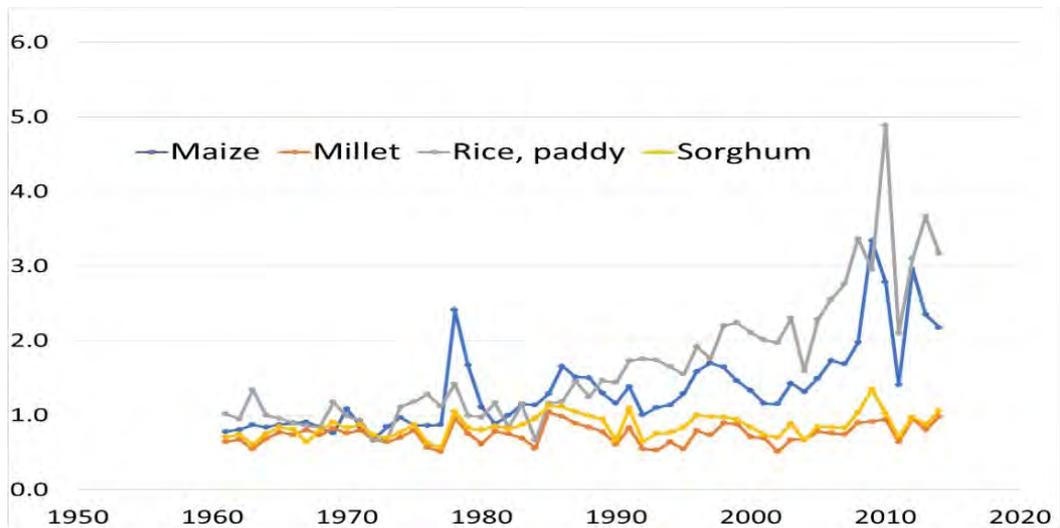


Figure A2b: Yield of largest crops in Mali (t ha<sup>-1</sup>) (FAOstat, June 2017)

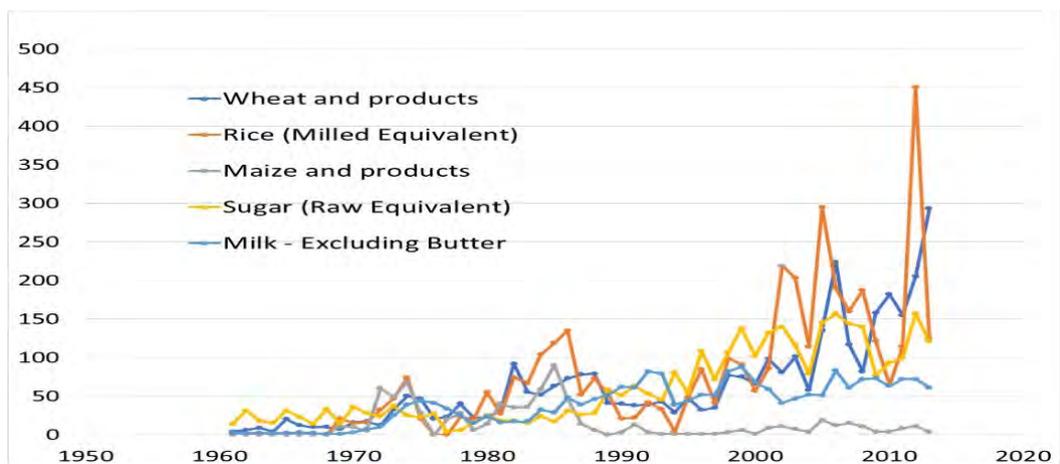


Figure A2c: Import of largest commodities in Mali (\*1000 t) (FAOstat, June 2017)

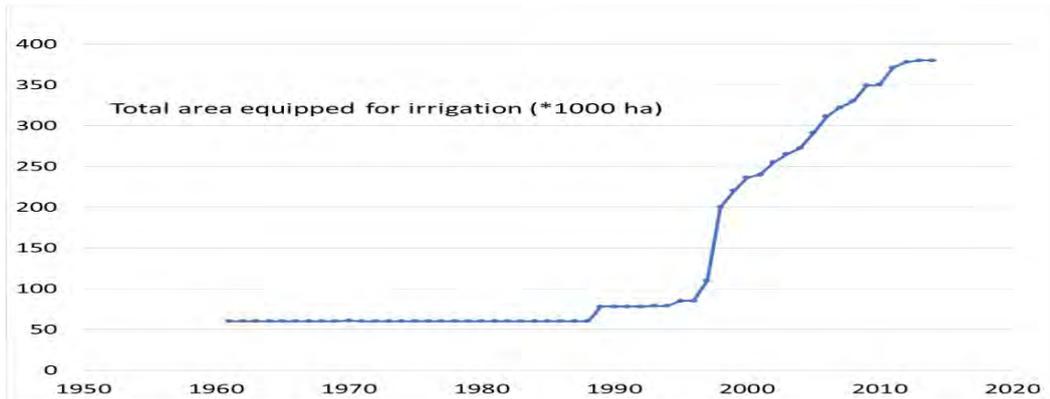


Figure A3: Irrigated area Mali (FAOstat, June 2017)

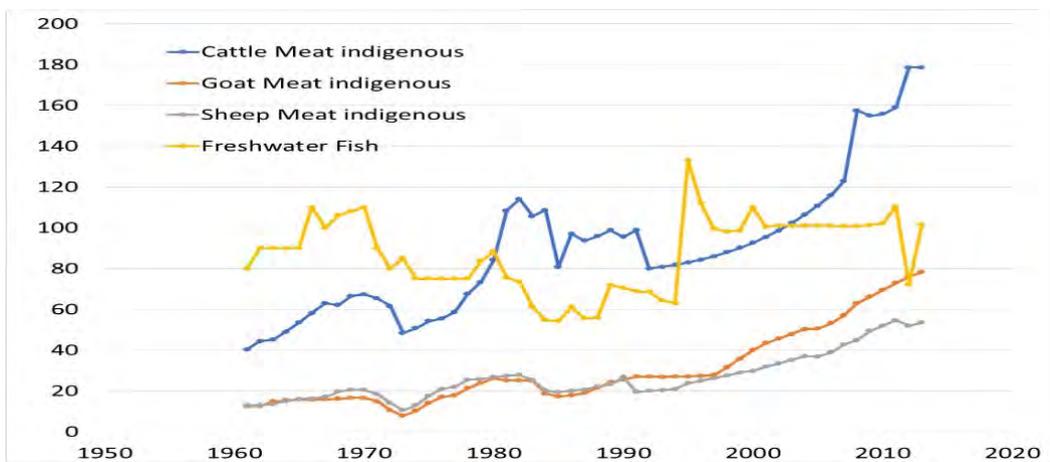


Figure A4a: Meat and freshwater fish production in Mali (\*1000 tons)

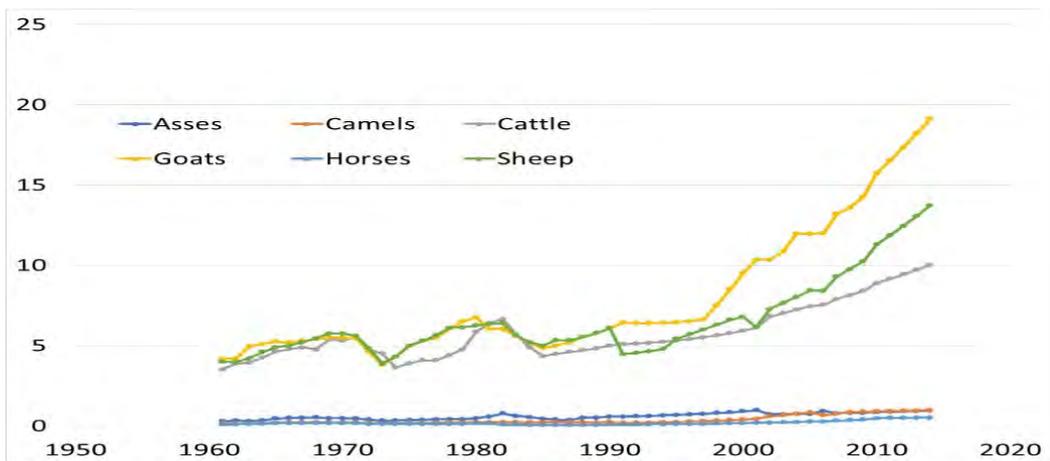


Figure A4b: Number of animals in Mali (Million heads)

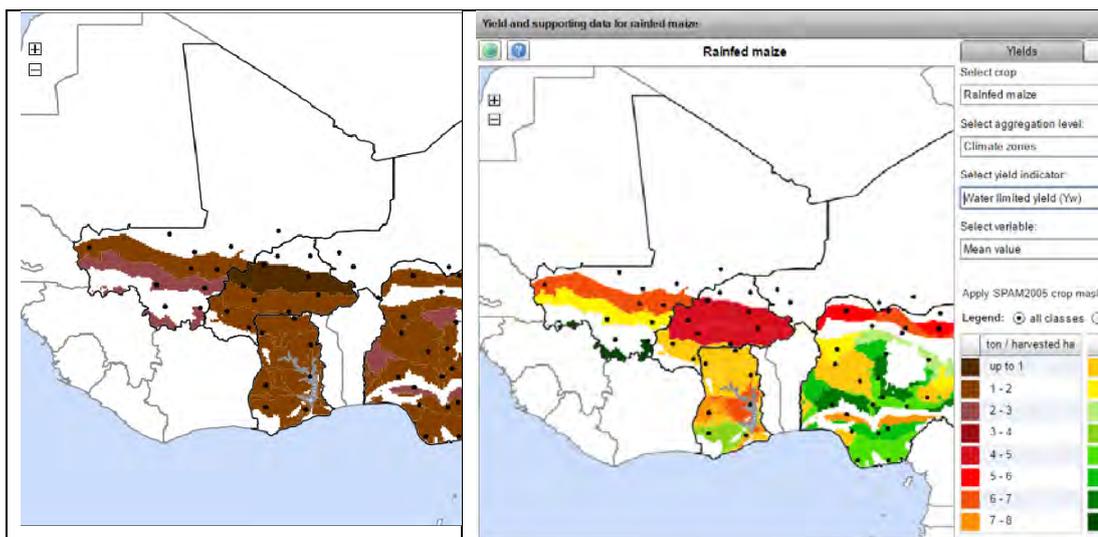


Figure A5a: Actual (Left) and rainfed (water limited) maize yields. Yield Gap Atlas, June 2017

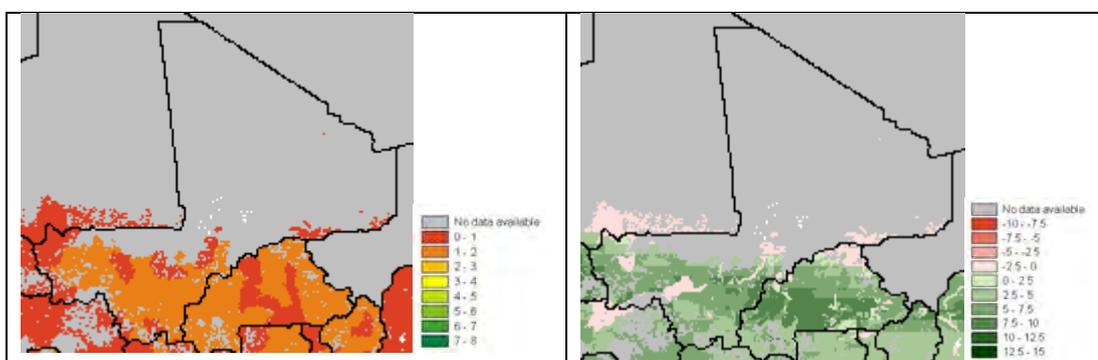


Figure A5b: Actual yield (Left) and calculated grain yields under rainfed conditions (Conijn et al., 2011)

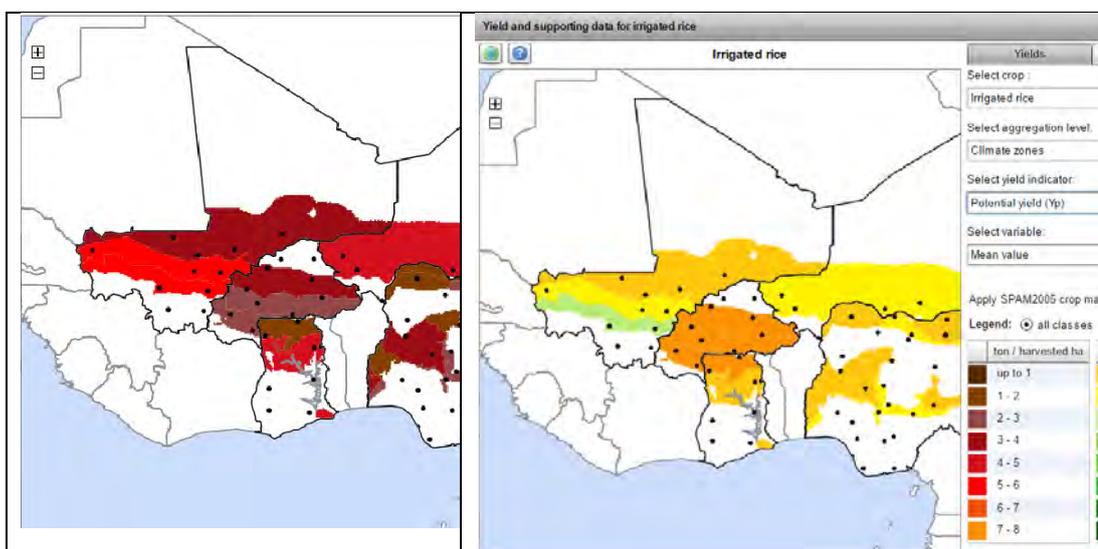


Figure A5c: Actual (Left) and irrigated (potential) rice yields. Yield Gap Atlas, June 2017

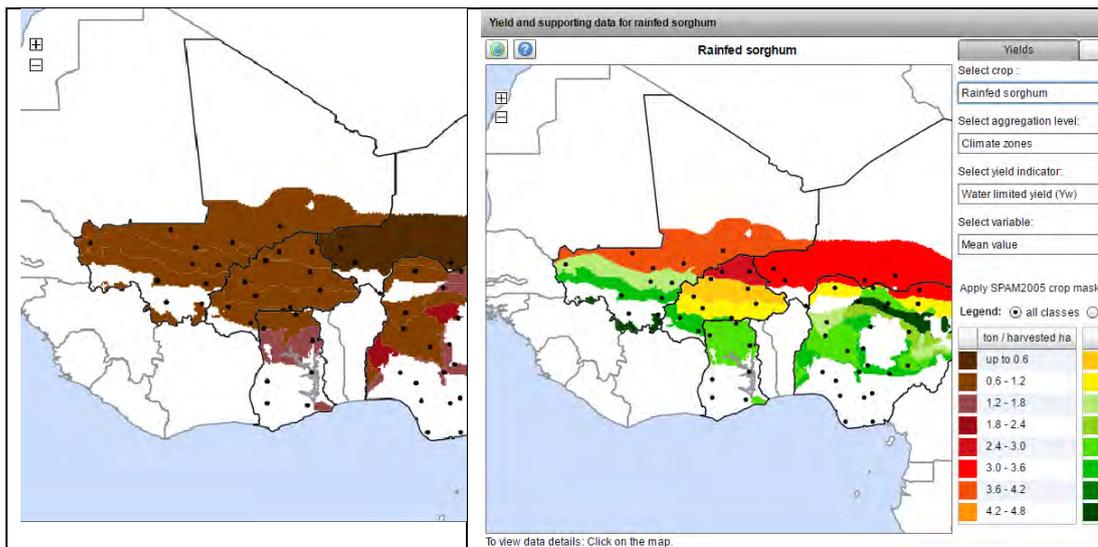


Figure A5d: Actual (Left) and rainfed (water limited) sorghum yields. Yield Gap Atlas, June 2017

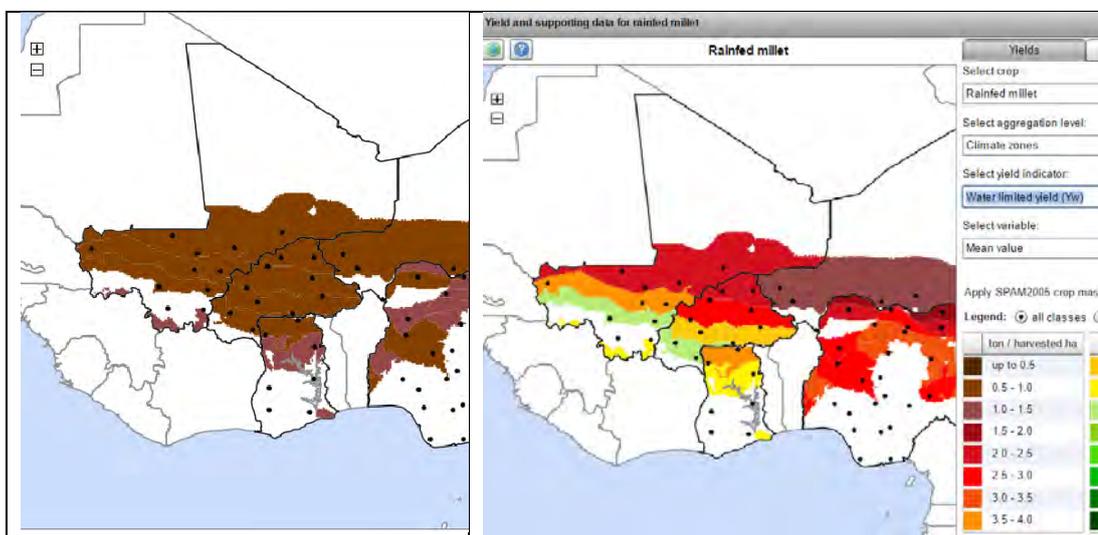


Figure A5e: Actual (Left) and rainfed (water limited) millet yields. Yield Gap Atlas, June 2017

## Ecological synergy

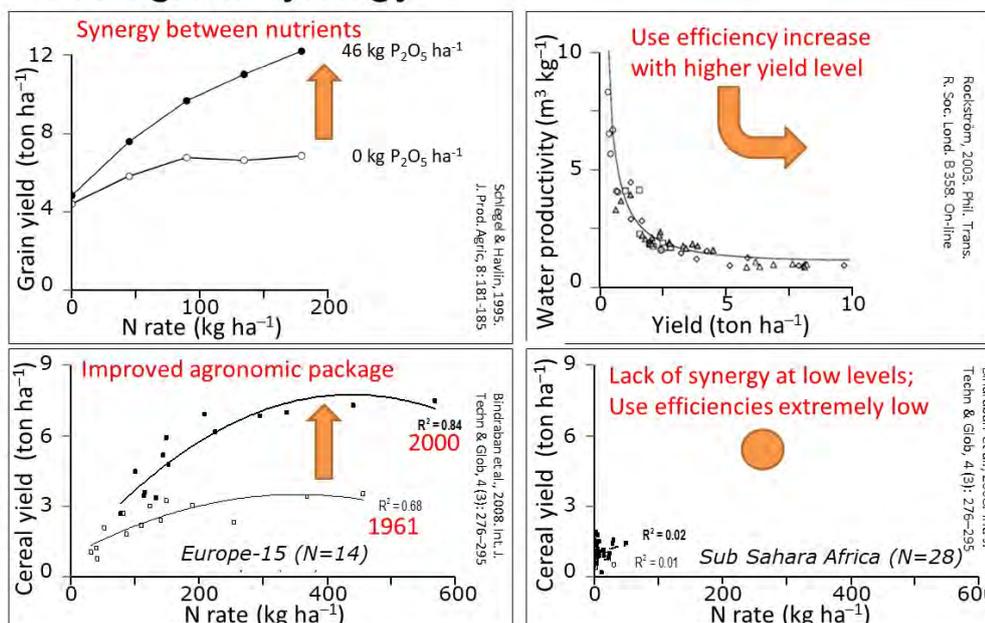


Figure A6: A comprehensive of agronomic measures creates ecological synergy between input factors and raise their overall use efficiency

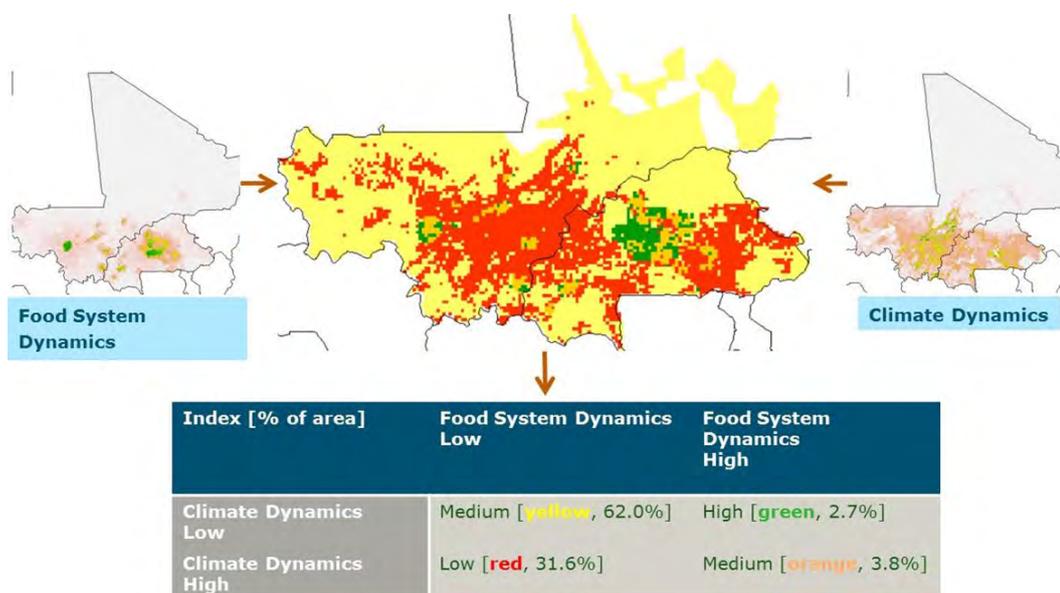


Figure A7: Areas with high, medium and low potential for climate smart interventions into food systems. A critical political ecology of cotton and soil fertility in Mali