



## La climato-intelligence des mesures de la GIZ pour la protection et réhabilitation des sols dans les départements Zou et collines au Bénin

The International Center for Tropical Agriculture (CIAT) – a CGIAR Research Center – develops technologies, innovative methods, and new knowledge that better enable farmers, especially smallholders, to make agriculture eco-efficient – that is, competitive and profitable as well as sustainable and resilient. Headquartered near Cali, Colombia, CIAT conducts research for development in tropical regions of Latin America, Africa, and Asia.

**CIAT is proud to celebrate *50 years* of agricultural research and development impact**

In 1967, the majority of poor and hungry people in the tropics were smallholder farmers. Increasing the productivity of their crops was, therefore, the critical entry point for CIAT's research. Since that time, we have been concerned with nearly every aspect of tropical agriculture: the crop varieties that farmers grow, the production systems they manage, the agricultural landscapes they inhabit, the markets in which they participate, and the policies that influence their options and decisions. Today, we also look forward at emerging challenges, with a renewed commitment to feed the planet and offer a better deal for both farmers and consumers.

[www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org)

CGIAR is a global research partnership for a food-secure future. Its science is carried out by 15 Research Centers in collaboration with hundreds of partners across the globe.

[www.cgiar.org](http://www.cgiar.org)

# La climato-intelligence des mesures de la GIZ pour la protection et réhabilitation des sols dans les départements Zou et collines au Bénin

Évaluation Rapide - Rapport final

**Celine Birnholz, Špela Kalčič, Jessica Koge, Birthe Paul,  
Juliet Braslow, Rolf Sommer, et An Notenbaert**



RESEARCH  
PROGRAM ON  
Water, Land and  
Ecosystems

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)  
*Centre International d'Agriculture Tropicale*  
Bureau Régional pour l'Afrique  
Boite Postale 823-00621  
Nairobi, Kenya  
Email: [b.paul@cgiar.org](mailto:b.paul@cgiar.org)  
Site internet: [www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org)

Publication CIAT No. 436  
Janvier 2017

Birnholz C; Kalčić S; Koge J; Paul B; Braslow J; Sommer R; Notenbaert A. 2017. La climato-intelligence des mesures de la GIZ pour la protection et réhabilitation des sols dans les départements Zou et Collines au Bénin - Rapport d'Évaluation Rapide. Document de Travail. Publication CIAT No. 436. Centre International d'Agriculture Tropicale (CIAT), Nairobi, Kenya. 33 p.

**Celine Birnholz**, associée de recherche, Programme de Fourrages Tropicaux, Domaine de Recherche en Agro-biodiversité, basée au CIAT-Kenya

**Špela Kalčić**, chercheur en anthropologie, consultant basé au Burkina Faso

**Jessica Koge**, assistante de recherche, Programme de Fourrages Tropicaux, Domaine de Recherche en Agro-biodiversité, basée au CIAT-Kenya

**Birthe Paul**, scientifique, Programme de Fourrages Tropicaux, Domaine de Recherche en Agro-biodiversité, basée au CIAT-Kenya

**Juliet Braslow**, scientifique, Domaine de Recherche en Sols, basée au CIAT-Kenya

**Rolf Sommer**, scientifique principal, Domaine de Recherche en Sols, basé au CIAT-Kenya

**An Notenbaert**, scientifique senior, Programme de Fourrages Tropicaux, Domaine de Recherche en Agro-biodiversité, basée au CIAT-Kenya

Photos: Špela Kalčić, Celine Birnholz et CIAT Flickr [www.flickr.com/photos/ciat/](http://www.flickr.com/photos/ciat/)

Copyright © CIAT 2017. Tous droits réservés.

CIAT encourages wide dissemination of its printed and electronic publications for maximum public benefit. Thus, in most cases, colleagues working in research and development should feel free to use CIAT materials for noncommercial purposes. However, the Center prohibits modification of these materials, and we expect to receive due credit. Though CIAT prepares its publications with considerable care, the Center does not guarantee their accuracy and completeness.



Découvre comme: <http://bit.ly/1Q8Vwkd>

# Table des matières

1. Introduction	2
2. Méthodologie	4
3. Exploitations pour les études de cas	6
4. Descriptions des technologies et scénarios	9
5. Résultats	10
5.1 Le pilier de la productivité	10
5.1.1 Productivité de référence	10
5.1.2 Changements de productivité	11
5.2 Le pilier de la résilience	12
5.2.1 Bilans d'azote de référence	12
5.2.2 Changements des bilans d'azote	13
5.3 Le pilier de la mitigation	14
5.3.1 Emissions GES de référence	14
5.3.2 Changements des émissions GES	15
5.4 Compromis entre les trois piliers	16
6. Conclusions et recommandations	18
Annexe I. Liste des participants à l'atelier	20
Annexe II. Information sur les exploitations échantillonnées	21
Annexe III. Hypothèses des scénarios	25
Annexe IV. Cartes de référence des départements Zou et Collines	28
Sources	33

## Figures

<b>Figure 1.</b>	Schéma des calculs des GES.....	5
<b>Figure 2.</b>	Emplacement des exploitations pour les études de cas .....	8
<b>Figure 3.</b>	Productivité de référence et contribution des différents produits de cultures et de l'élevage sur les différentes exploitations.....	10
<b>Figure 4.</b>	Bases de référence et changements par scénarios de la productivité par type d'exploitation agricole.....	11
<b>Figure 5.</b>	Bases de référence des bilans d'azote sur les cinq exploitations.....	12
<b>Figure 6.</b>	Bases de référence et changements des bilans d'azote par scénarios et par types d'exploitations. ....	13
<b>Figure 7.</b>	Bases de référence et changements des émissions de GES par scénarios et types d'exploitations par hectare et par exploitation .....	14
<b>Figure 8.</b>	Bases de référence et changements des émissions GES par scénarios et par types d'exploitations .....	15
<b>Figure 9.</b>	Compromis entre la productivité (jours AME/ha) et le bilan d'azote (kg N/ha) .....	16
<b>Figure 10.</b>	Compromis entre la productivité (jours AME/ha) et les émissions GES (t CO <sub>2</sub> eN/ha).....	17



## Remerciements

Ce rapport est une restitution des résultats de l'évaluation rapide dans le cadre du projet « La climato-intelligence des mesures de la GIZ pour la protection et réhabilitation des sols au Bénin, le Burkina Faso, l'Éthiopie, l'Inde et le Kenya », mené par le Centre International d'Agriculture Tropicale (CIAT), avec le soutien financier du Ministère Fédéral de la Coopération Économique et du Développement (BMZ) / Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit (GIZ) sous Contrat # 81194110.

Nous remercions chaleureusement les participants de l'atelier sur la typologie des exploitations agricoles ayant eu lieu le 7 avril 2016, à Bohicon, au Bénin, pour leur soutien, engagement et leur richesse d'informations, qui forment la base de ce rapport. Nous voudrions aussi particulièrement remercier Mélanie Djédjé de la GIZ (Chargée de projet ProSOL au Bénin), Fulgence Dotonhoue (ProSOL Bohicon) et Firmin Amadji (Chercheur Animateur principal du CRCDC, Centre de Recherche pour la Culture et le Développement) pour leur soutien lors nos activités, notamment dans l'identification et l'invitation de parties prenantes et l'organisation d'activités post-atelier. Merci aussi à Omram Agossadou (ALDIPE l'ONG) pour avoir participé à l'atelier, avoir organisé et entrepris les entretiens ménagers pour l'enquête de terrain dans les départements Zou et Collines.



## 1. Introduction

Le secteur agricole au Bénin est la source principale de la richesse économique nationale, contribuant à 30 % du produit intérieur brut (PIB). Une majeure partie de la population active, c'est-à-dire plus de 60 % d'hommes et 35.9 % de femmes, est engagée dans l'agriculture, le secteur dominant du pays. Bien que le secteur produise plus de 75 % des exportations totales du Bénin, sa productivité reste trop faible pour subvenir aux besoins alimentaires d'une population croissante (République du Bénin).

À l'échelle mondiale, l'agriculture est un acteur principal au changement climatique (CC), contribuant directement à 14 % d'émissions de gaz à effet de serre (GES) anthropogéniques et aussi à 17 % par le changement d'occupation du territoire; ce dernier en particulier dans les pays en voie de développement. La majorité de l'accroissement des émissions GES par l'agriculture est prévue dans les pays à revenus faibles et intermédiaires (Smith et al., 2007). Tandis que les pays industriels doivent radicalement réduire leurs niveaux actuels d'émissions de GES, les pays en voie de développement font face au défi de trouver des alternatives, à faible empreintes carbone ou sur le chemin de croissance écologique. L'agriculture climato-intelligente (CSA) vise à transformer les systèmes agricoles pour répondre aux problèmes de la sécurité alimentaire dans le contexte du CC tout en limitant les émissions GES. L'agriculture climato-intelligente est complémentaire à l'intensification durable, visant l'augmentation de la productivité agricole de terres agricoles existantes tout en réduisant

l'impact environnemental. En ciblant l'efficacité des ressources utilisées et en ciblant l'autre pilier du CSA, c'est à dire, la mitigation, tous les deux visent à la réduction de GES par unité de production. Augmenter l'intensification de l'utilisation des ressources contribue à l'adaptation et à la mitigation par l'augmentation de la productivité et par la réduction des émissions GES par unité produite (Campbell et al., 2014). Tous deux, l'agriculture climato-intelligente et l'intensification durable soulignent l'importance de compromis potentiels entre la productivité agricole et la dégradation environnementale. En effet les petits exploitants doivent faire face à ces compromis presque tous les jours. Ils doivent prendre en compte les objectifs à court terme de leur production tout en garantissant leur durabilité et des besoins globaux tels que la mitigation du CC (Klapwijk et al., 2014). Bien que le CSA vise à améliorer la sécurité alimentaire, la résilience et la mitigation, cela n'implique pas que chaque pratique recommandée soit « une triple victoire ». On retrouve souvent la mitigation des GES dans des pays en voie de développement comme un co-avantage, tandis que la sécurité alimentaire et la résilience sont les priorités principales. Des trajectoires de développement à émissions réduites peuvent avoir des coûts supplémentaires par rapport aux trajectoires conventionnelles de développement à fortes émissions GES. C'est pourquoi le suivi et l'évaluation peuvent ouvrir des opportunités de financement climatique (Lipper et al., 2014).

Le projet « la climato-intelligence des mesures de protection et de réhabilitation au Bénin, Burkina Faso, Éthiopie, Inde et Kenya », a été conçu en se basant sur l'expertise du CIAT en pédologie et en agriculture climato-intelligente pour évaluer la climato-intelligence des mesures sélectionnées par la GIZ pour la protection et la réhabilitation des sols dans les cinq pays. La réhabilitation des sols est souvent évaluée par sa productivité et ses bienfaits en sécurité alimentaire, avec peu d'attention à sa « climato-intelligence ». De même, peu d'attention est prêtée aux initiatives en CSA pour la protection des sols et leur réhabilitation, malgré leur fort potentiel apparent pour accroître la climato-intelligence. Il y a un besoin d'aligner la protection des sols et l'agriculture climato-intelligente, dans la mise en pratique d'innovations agricoles qui répondent aux problèmes de la dégradation des sols, à la mitigation et à la résilience.

Ainsi le but du projet est de fournir des informations détaillées sur la climato-intelligence des mesures en cours de protection et de réhabilitation des sols dans ces pays, d'identifier des indicateurs appropriés pour le suivi et l'évaluation, ainsi que des opportunités pour améliorer la climato-intelligence de ces pratiques. Ce projet contribue directement aux objectifs du programme BMZ-GIZ « Protection et Réhabilitation des Sols pour améliorer la Sécurité Alimentaire » dans le cadre de l'Initiative Spéciale UN SEUL MONDE sans Faim - SEWOH, qui investit dans des approches durables à la promotion de la protection et la réhabilitation des sols dégradés au Kenya, en Éthiopie, au Bénin, au Burkina Faso et en Inde. Au Bénin, le ProSOL a pour objectifs la réhabilitation ou la protection de 20 000 hectares et a rejoint au courant de cette première année de projet, plus de 15000 exploitants agricoles dans les 17 communes d'intervention du projet. L'approche se situe à l'échelle individuelle de l'exploitant et propose diverses pratiques et technologies pour encourager les pratiques agricoles

qui favorisent la protection des sols, la production de biomasse et leur adoption pour la mise en pratique de la protection des sols, la production de cultures qui fixe l'azote, de structures physiques pour éviter l'érosion et pour recueillir l'eau, l'agroforesterie et une meilleure intégration de la production animale au système de production végétale. Ce projet soutient en outre le développement d'initiatives en ce qui concerne la réhabilitation des sols, des informations sur les sols et des programmes de vulgarisation. Ce projet de recherche accompagnante de la protection et la réhabilitation climato-intelligente des sols et réhabilitation permet à la GIZ d'élargir la portée des informations sur les impacts de la protection et la réhabilitation des sols pour améliorer sécurité alimentaire en alignant ses buts avec ceux de l'agriculture climato-intelligente.

Ce rapport se concentre sur les résultats de la première activité du projet, à savoir l'évaluation rapide de la climato-intelligence des mesures protection et de réhabilitation des sols sélectionnés par la GIZ au Bénin. Lors d'un atelier de travail à Bohicon, 5 types d'exploitations agricoles distincts ont été identifiés dans les départements Zou et Collines au Bénin (Kalčić et Birnholz, 2016). Par la suite, des entretiens ménagers ont été entrepris sur 5 exploitations, chacune représentative d'un type identifié. Les données rassemblées sur ces exploitations ont servi pour les calculs des bases de référence des émissions GES, de l'érosion des sols, de la balance de l'azote au sol et de la production calorique pour chaque type d'exploitation agricole, aussi bien que pour les calculs des scénarios de l'impact potentiel des mesures de protection et de réhabilitation des sols promues par GIZ. Dans la section 2 nous fournissons plus de détails sur la méthodologie et dans la section 3 sur les exploitations échantillonnées. La Section 4 décrit les scénarios mis en œuvre dans le 'Kalkulator', dont les résultats ont été présentés dans la section 5.



## 2. Méthodologie

Après l'atelier de travail qui a identifié 4–6 types d'exploitations agricoles par pays, des exploitations potentiellement représentatives ont été conjointement identifiées par les équipes de la GIZ (ProSOL), de l'institut National de Recherche en Agriculture (INRAB), du centre de recherche pour la culture et le développement (CRCA), des ONG ALDIPE et ODAS et du CIAT (Kalcic et Birnholz, 2016). L'évaluation rapide est basée sur une approche d'étude de cas et pour cela seulement une exploitation par type a été choisie et échantillonnée. Le chef du ménage a été interviewé et des données du ménage y ont été rassemblées par voie d'un questionnaire semblable à celui utilisé pour l'IMPACTlite (<http://bit.ly/2h3KAZf>). Les Informations sur la production végétale et animale ont été rassemblées incluant des données sur les superficies champs, des rendements, l'utilisation des produits de récolte et des résidus de culture, du temps de travail pour les activités agricoles et sur les intrants. Des informations semblables ont été rassemblées pour la production animale.

Les données rassemblées ont servi pour le modèle utilisé pour l'évaluation rapide. Le modèle d'évaluation rapide, nommé Kalkulator, calcule les indicateurs suivants selon des méthodologies différentes:

La Productivité : la productivité agricole a été calculée sur la base de l'énergie (des calories) produite sur l'exploitation – provenant des produits végétales et animales – et comparée au besoin en énergie alimentaire pour l'équivalent d'un homme adulte ayant comme besoins 2500 kcal par jour (AME). L'énergie de la consommation directe et potentielle des produits de l'exploitation a été calculée en multipliant la valeur

énergétique de chaque produit végétale et animal produit. Il est ainsi important de noter que l'indicateur représente simplement la production de nourriture/ énergie sur l'exploitation, et non pas la consommation réelle, qui devrait prendre en compte les achats alimentaires supplémentaires et soustraire les produits de l'exploitation qui sont vendus. La valeur énergétique des produits provient d'une base de données développée par le Ministère de l'Agriculture des Etats Unis (USDA) (la source : <http://bit.ly/1g33Puq>). La quantité d'énergie totale produite sur l'exploitation est par la suite divisée par 2500 Kcals pour obtenir le nombre de jours pendant lesquels les besoins d'1 AME sont comblés. Ces données ont été alors aussi exprimées par hectare pour permettre la comparaison entre les différentes exploitations.

Bilan de l'Azote au sol: le bilan a été calculé au niveau de la parcelle suivant l'approche empirique NUTMON comme décrit dans Bosch et al. (1998). Les intrants en azote considérés sont i) les engrais minéraux, ii) la fumure animale, iii) la fixation symbiotique en azote par les légumineuses, iv) la fixation non-symbiotique en azote et v) la déposition atmosphérique. Les sorties/pertes en azotes sont i) les récoltes et des résidus des récoltes élevées des parcelles, ii) le lessivage, iii) la perte gazeuse d'azote ( $\text{NH}_3$  et  $\text{N}_2\text{O}$ ) et iv) l'érosion. Pour calculer les apports en azote par le fumier et les engrais chimiques et les sorties en azotes par les récoltes et les résidus de cultures, les données utilisées ont été fournis par les enquêtes de terrain. Pour les autres entrées et sorties en azote au niveau de la parcelle, les calculs sont basés sur des fonctions de transfert qui prennent en compte la pluviométrie et teneur en argile des sols. L'addition est faite pour obtenir le bilan au niveau de la parcelle puis

exprime en kg N par exploitation. Ces résultats sont alors convertis en kg N par ha.

**L'Érosion du sol:** L'Érosion du sol est calculée à l'échelle de la parcelle suivant l'équation : the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE; Renard et al., 1991; Amdihum, et al. 2014).

$$\text{Erosion (t/ha/année)} = R * K * LS * C * P$$

Où,

- R = Facteur d'érosivité (prend en compte la pluviométrie en mm/mois)
- K = Facteur d'érodabilité
- LS = Facteur de la longueur de l'inclinaison (dépend de la longueur et de l'inclinaison de la pente)
- C = Facteur de la couverture du sol par la culture (dépend de la culture)
- P = Facteur de gestion agricole (dépend des pratiques agricoles).

Les informations complémentaires sur chaque facteur peuvent être trouvées à l'adresse suivante :

<http://www.iwr.msu.edu/rusle/factors.htm>

Les émissions de gaz à effet de serre: les émissions des GES sont calculées à l'échelle de l'exploitation selon les directives du Panneau International sur le Changement Climatique (IPCC, 2006). Les émissions du bétail (le méthane par la fermentation entérique), du fumier (le méthane et l'oxyde d'azote) et des émissions des sols (l'oxyde d'azote) sont prises en compte comme l'illustre le graphe ci-dessous. Les données d'enquête du ménage sur l'alimentation du bétail, le nombre de bétail et leurs déplacements au cours de la journée, l'utilisation du fumier et d'engrais chimique, les parcelles, les cultures et la répartition résidus ont été utilisées comme des données pour les calculs. La majeure partie des calculs suivent le niveau 1 des méthodes de calculs de l'IPCC, tandis que les calculs selon les méthodes de niveau 2 ont été exécutés pour la fermentation entérique et la production de fumier (Figure 1).

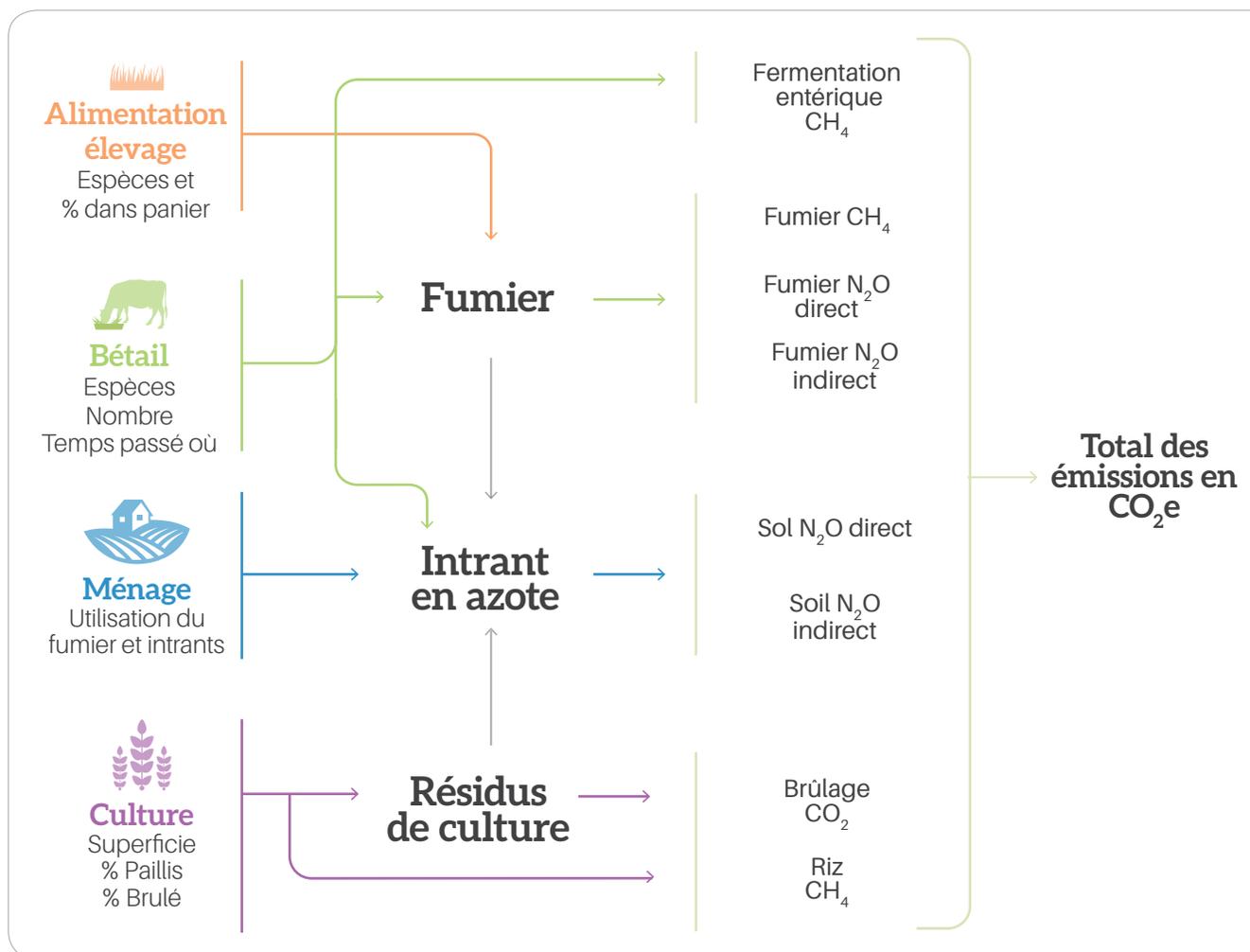


Figure 1. Schéma des calculs des GES.



### 3. Exploitations pour les études de cas

Cinq types d'exploitations agricoles ont été identifiés pendant l'atelier à Bohicon. Les participants de l'atelier étaient des représentants de GIZ, de l'Institut National de Recherche en l'Agriculture INRAB), le Centre de recherche pour la Culture et le Développement CRCD, des ONG (des organisations non gouvernementales) ALDIPE et ODAS et CIAT (Kalčić et Birnholz, 2016 ; liste complète disponible en Annexe I). Les participants d'atelier ont identifié des communautés et des villages

pour chaque type agricole à travers les départements de Zou et Collines. Les participants ont identifiés le pourcentage de ménages appartenant à chaque type d'exploitation dans les deux départements. Avec l'aide de Firmin Amadji (CRCD), Fulgence Dotonhou (ProSOL/GIZ Bohicon) et Omram Agossadou (ALDIPE) une exploitation par type a été choisie pour l'étude de cas, pour servir d'exploitation représentative. Les exploitations ont été visitées et les informations

Tableau 1. Distribution des ménages de chaque type d'exploitation agricole dans les départements Zou et Collines et sélection des villages pour l'échantillonnage.

Type d'exploitation	Petites exploitations	Exploitations des bas-fonds	Exploitation intégrée	Exploitations moyennes	Grandes exploitations
<b>Pourcentage</b>	60 %	10 %	5 %	20 %	5 %
<b>Villages Collines</b>	Aglamidjodji (Savalou); Mamatchoke (Bante)	Govi	Kpakpassa	Agbodranfo (Savalou); Agova (Bante)	Medetekpo (Savalou)
<b>Villages Zou</b>	Edjebemington (Bohicon)	Zoungodo (Zogbodomey)	Hla (Za-Kpota)	Agbanghizoun (Azozoundji; Zou)	Houto (Djidja)

détaillées ont été rassemblées pour servir de données pour la modélisation des émissions GES, le bilan de l'azote, l'érosion et la production calorifique.

- i. **Petite exploitation:** Cette exploitation a une superficie de 4 ha tout en culture. Ils y cultivent le maïs, le riz, la noix de cajou, l'huile de palme et le manioc. Le maïs est fertilisé. L'exploitant possède un petit troupeau de 7 moutons et 5 chèvres et environ 120 poules. Le fumier produit n'est pas utilisé.
- ii. **Exploitation des Bas-Fonds :** Cette exploitation est grande de 12.5 ha. Ils cultivent le maïs, le niébé, l'arachide, le soja, la noix de cajou, le teck, le manioc, l'igname, la tomate, le piment fort et le gombo. Cette exploitation fertilise seulement les cultures potagères (la tomate, le gombo et le piment) avec 17 kg N/ha. Aucune fumure animale n'est utilisée. Le rendement du maïs est particulièrement faible. Cette exploitation élève 8 chèvres et 10 poulets. Le fumier n'est aucunement rentabilisé.
- iii. **Exploitation Intégrée:** Cette exploitation est juste un peu plus petite que l'exploitation précédente avec 11.2 ha. La diversité des cultures est inférieure avec le maïs, le niébé l'arachide, l'orange et le teck;

tous cultivés sans application d'engrais chimiques. Cette exploitation a un grand troupeau de bétail consistant de plus de 24 boeuf/vaches, 14 moutons, 7 chèvres, 85 porcs et presque 350 poulets. Tout le fumier rassemblé est utilisé pour la fertilisation.

- iv. **Exploitation moyenne:** De sa superficie de 6.8 ha, 4.8 ha est utilisé et seulement 2.3 ha est cultivé, le reste est mis en jachère. Ils y cultivent le maïs, le niébé, l'arachide, le soja et le gombo. Aucune utilisation de fertilisants n'a été enregistrée. Il y a peu d'animaux : seulement 1 chèvre et environ 50 poulets. Le peu de fumier qui est rassemblé est utilisé pour la fertilisation.
- v. **Grande exploitation :** La grande exploitation occupe 31.5 ha, dont 20.5 ha sont mis en culture. L'exploitation est diversifiée avec la culture du maïs, coton, niébé, arachide, noix de cajou, orange, teck, manioc, tomate, piment fort et gombo. Aucun fumier du troupeau de 5 bétails, 6 chèvres et 50 poulets est récupéré: le bétail est justement gardé hors de l'exploitation toute l'année. Dans cette exploitation, cependant, l'engrais minéral est appliqué à la culture de maïs (30-44 kg N/ha) et à la culture de coton (44 kg N/ha).



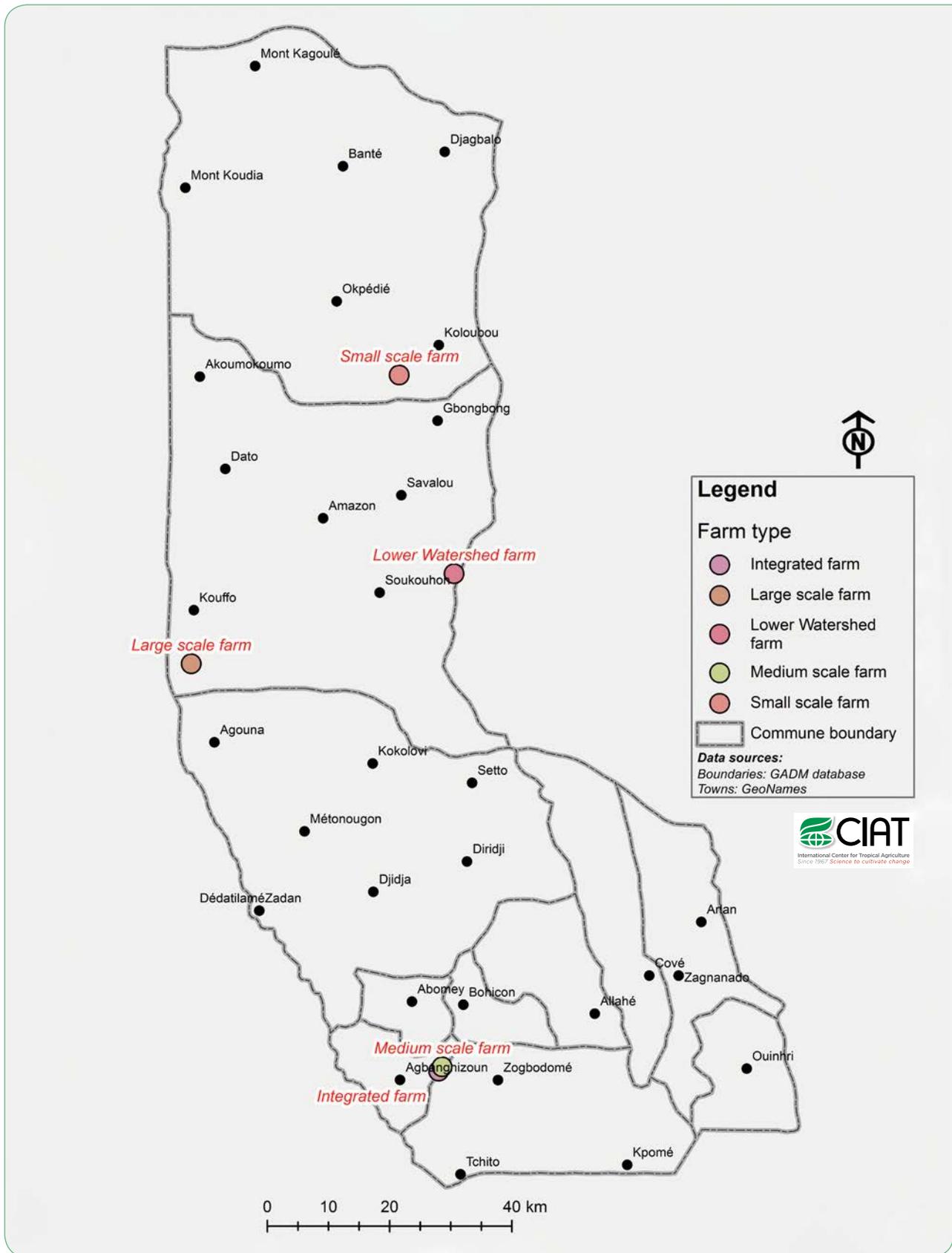


Figure 2. Emplacement des exploitations pour les études de cas.



## 4. Descriptions des technologies et scenarios

Les scénarios suivants représentent les mesures de réhabilitation de sols sélectionnés qui sont actuellement promues par GIZ au Bénin, décrites dans le livret GIZ "Mesures de Gestion des Durable Terres (GDT) et d'Adaptation aux Changements Climatiques (ACC) - Compendium des Fiches Techniques du Formateur" (2016). Toutes les hypothèses sont décrites selon des dimensions d'impacts et récapitulées dans l'Annexe III Hypothèses des Scénarios. Les interventions sont classées dans cinq catégories :

1. Gestion de la fertilité du sol : cultures en associations, Pois d'Angole, mucuna, Moringa, et autres plantes légumineuses, utilisation du compost et fumier, gestions des résidus de cultures.
2. Mesures physique pour une meilleur gestion du sol et des eaux: digues filtrantes, cordons, pierreux, Zai, demi-lune, labour perpendiculaire etc.
3. Gestions des aléas climatiques : semences améliorés (cycle courts and résistance aux sècheresses)
4. Agroforesterie : réhabilitation des vergers et plantations, plantation d'arbres fixateur d'azote, plantation de foret privées: autres que l'anacardier et les agrumes.
5. Meilleur intégration de la production animale et végétale: production de plantes fourragères, valorisation du fumier.

Le premier scénario intègre l'association des cultures céréalières avec le Pois d'Angole. Cette culture est plantée après le maïs dans la première saison et est récolté à la fin de la deuxième saison. Le rendement

du maïs est supposé diminuer d'une part à cause de la compétition avec le Pois d'Angole. De plus les rangs du pois agissent comme barrière physique pour réduire l'érosion du sol. D'autre part, les résidus du pois d'Angole ne sont pas brûlés (tel que la pratique courante) mais sont incorporés dans le sol pour la saison suivante.

En deuxième scénario, le Mucuna est planté en relais dans les parcelles de maïs. Le Mucuna fournit au sol de l'azote supplémentaire qui bénéficie le maïs (les rendements augmentent de 10%) l'année suivante et les résidus du Mucuna restent aux champs. Une meilleure couverture du sol réduit l'intensité de l'érosion. Le troisième scénario utilise les variétés améliorées du maïs tolérantes à la sécheresse et à cycle court. Les rendements augmentent de 10 % en assumant qu'il n'y pas de récoltes déficitaires en temps de sécheresse.

Le dernier scénario est la réhabilitation de verger. Cette intervention à l'intention d'augmenter la production des arbres fruitiers et d'anacardiens en améliorant l'espacement entre les arbres. Ceci implique de couper les arbres qui ne produisent peu ou plus et de garder seul ceux qui produisent. La culture de plantes annuelles, comme le maïs peut être plantée dans les espacements dégagés dans les premières années de la réhabilitation. On suppose que 10 % de la superficie des plantations d'anacardiens et d'agrumes, sont dégagés et le maïs est cultivé à sa place. Une augmentation de 5 % de la productivité des arbres est prévue. Ce scénario n'a pas été mis en œuvre pour l'exploitation moyenne comme il n'y avait aucun verger.

## 5. Résultats

### 5.1 Le pilier de la productivité

#### 5.1.1 Productivité de référence

La productivité agricole a été calculée en additionnant toutes les calories provenant des cultures et de l'élevage (hormis la viande<sup>1</sup>) produites sur l'exploitation et ceci divisé par les besoins caloriques d'un adulte moyen (AME = Adult Male Equivalent) qui est de 2500 Kcal/jours. La productivité est ainsi exprimée dans en nombre de jours AME (Figure 3). Notez qu'une telle productivité exclut la nourriture qui est achetée aussi bien que la possibilité que la nourriture produise soit vendue et non consommée sur place. La production est très diverse, incluant des céréales,

des légumineuses, des tubercules, des noix/fruits et des légumes, le bois de construction (aucune calories) et de l'élevage, bien que l'élevage est surtout extensif. L'exploitation des bas-fonds est la plus diversifiée, mais la moins productive par superficie (409 jours/ha AME) comparée au plus productif, l'exploitation moyenne (2581 AME jours/ha). La grande exploitation est l'avant-dernière en termes de productivité par superficie. Ceci est dû à la grande proportion du terrain mise en culture pour l'anacardiers/fruits et teck. Ces cultures sont faibles en calories, mais élevées en valeur marchande. L'exploitation intégrée est deuxième en termes de productivité par ha (1934 jours/ha AME) avec des oranges (6 ha), des arachides et le lait contribuant à la plus grande partie des calories.

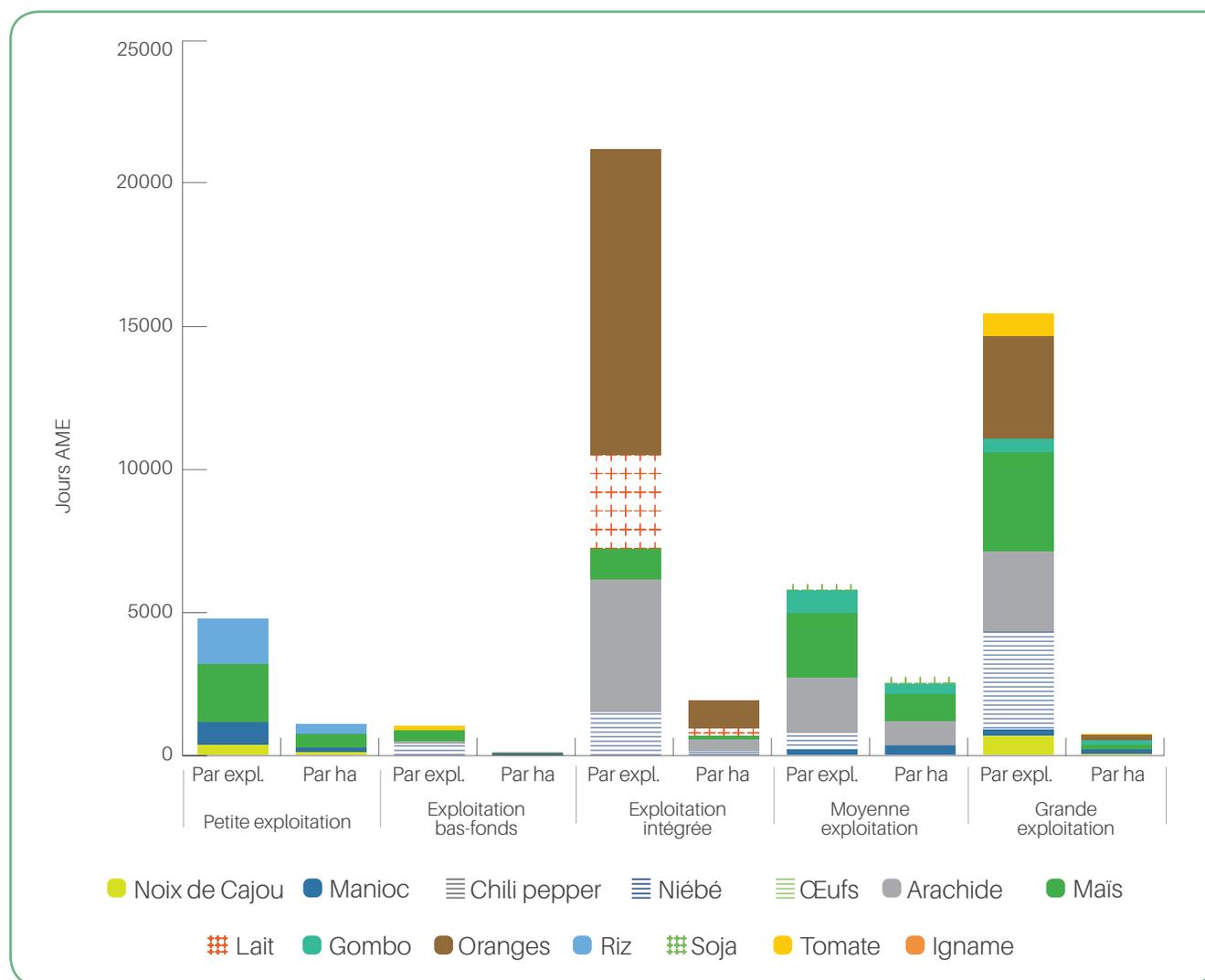


Figure 3. Productivité de référence et contribution des différents produits de cultures et de l'élevage sur les différentes exploitations. La productivité est exprimée en nombre de jours que l'équivalent d'un homme adulte (AME) peut être alimenté par ces produits de l'exploitation.

<sup>1</sup> Pour pouvoir calculer la production de viande, les données sur la dynamique du troupeau (achat et vente d'animaux par an) et l'impact de l'alimentation sur la productivité animale sont exigées; ces informations n'étaient pas disponibles pour ce rapport.

## 5.1.2 Changements de productivité

Les impacts des technologies sur la production sont surtout positifs, bien que petits (Figure 4).

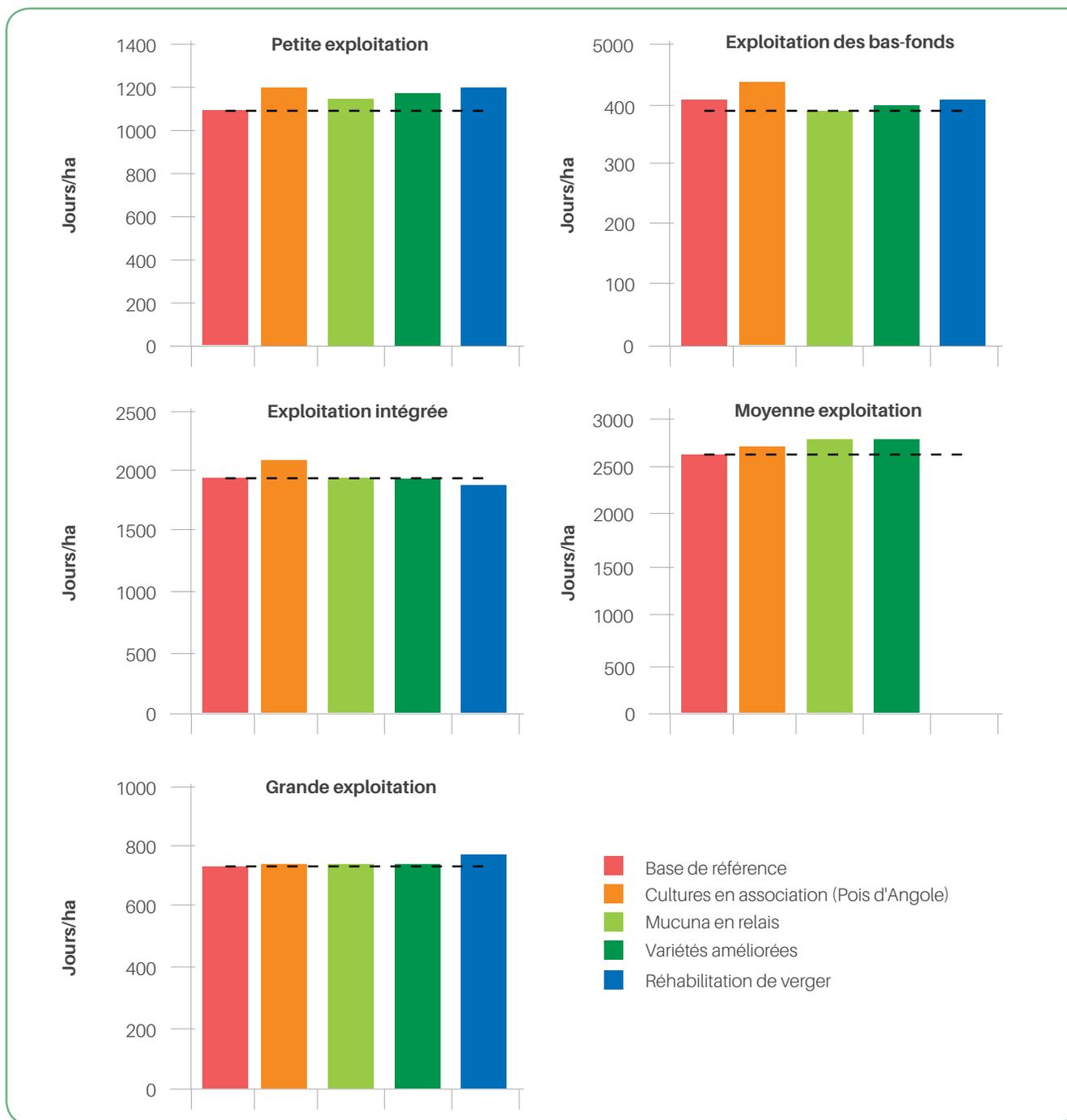


Figure 4. Bases de référence et changements par scénarios de la productivité par type d'exploitation agricole. Les résultats sont exprimés en jours dont les besoins caloriques pour l'équivalent d'un homme adulte sont satisfaits (AME = 2500 kcals/jours) sur une base par hectare.

L'association avec le Pois de d'Angole semble être la plus avantageuse en termes de productivité, notamment sur la petite exploitation, l'exploitation des bas-fonds et l'exploitation intégrée. Aussi, la culture du Mucuna en relais a un impact globalement positif. L'impact la culture

des variétés améliorées et la réhabilitation de verger varie à travers les types de exploitations agricoles. En raison de la faible importance des cultures versus l'élevage sur l'exploitation intégrée, on ne s'attend à aucun impact sur celle-ci dans le case des deux dernières interventions.

## 5.2 5.2. Le pilier de la résilience

### 5.2.1 Bilans d'azote de référence

Le bilan d'azote est calculé pour chaque parcelle. Le bilan "Par exploitation" est la somme des bilans pour chaque parcelle. Les bilans d'azote varient de -36 kg N jusqu'à 481 kg N par ha sur les cinq exploitations (Figure 5).

Comme l'utilisation d'engrais chimique est limitée, le fumier<sup>2</sup> est la source la plus importante de nutriments au sol. La rétention de résidus dans les champs est limitée, étant donné que le bétail (souvent

n'appartenant pas à l'exploitant) divague et consomme les résidus ou sont au final brûlé. Ainsi, peu d'azote est retourné vers le sol sous cette forme. On ne s'étonnera pas de retrouver sur l'exploitation intégrée, le bilan d'azote le plus élevé car cet exploitant fournit beaucoup de fumier sur ses parcelles. La seule autre exploitation avec un bilan positif, est la grande exploitation ; cette exploitation a aussi une densité de bétail élevée.

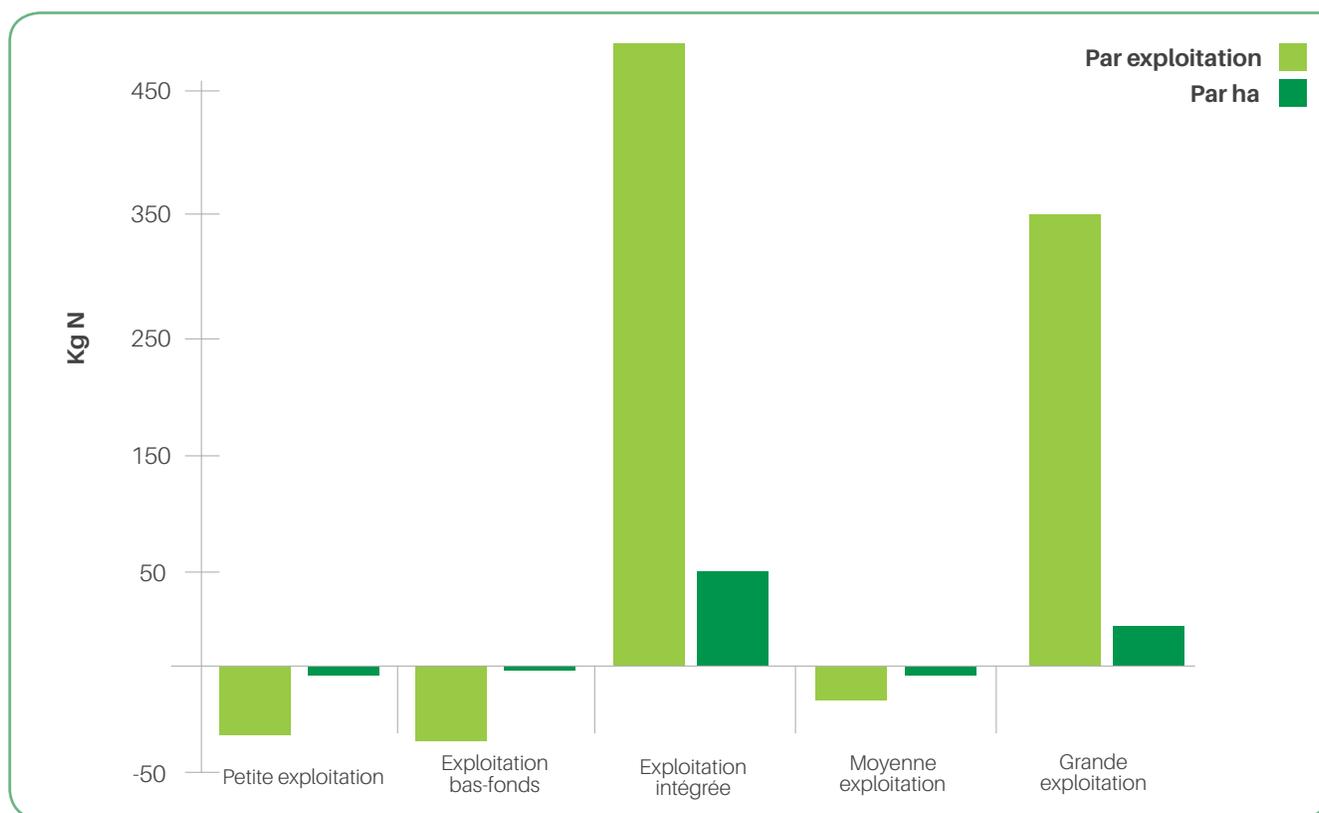


Figure 5. Bases de référence des bilans d'azote sur les cinq exploitations.

<sup>2</sup> Les excréments déposés par le bétail transhumant passant sur les exploitations n'ont pas été considérés car difficiles à estimer.

### 5.2.2 Changements des bilans d'azote

Tandis que l'on attend à ce que la réhabilitation de verger et la culture de variétés améliorées augmentent la productivité, on s'attend aussi à ce que plus de N soit enlevé des parcelles par les récoltes et le prélèvement des résidus (Figure 6). Les changements des bilans d'azote sont opposés aux changements de

la productivité. Dans le cas de la culture en association avec le Pois d'Angole, il y a l'effet indemnifiant de la fixation d'azote par la légumineuse qui diminue en quelque peu l'effet négatif du prélèvement de l'azote dans les récoltes et les résidus. Sur les exploitations qui ont du bétail et une utilisation cohérente du

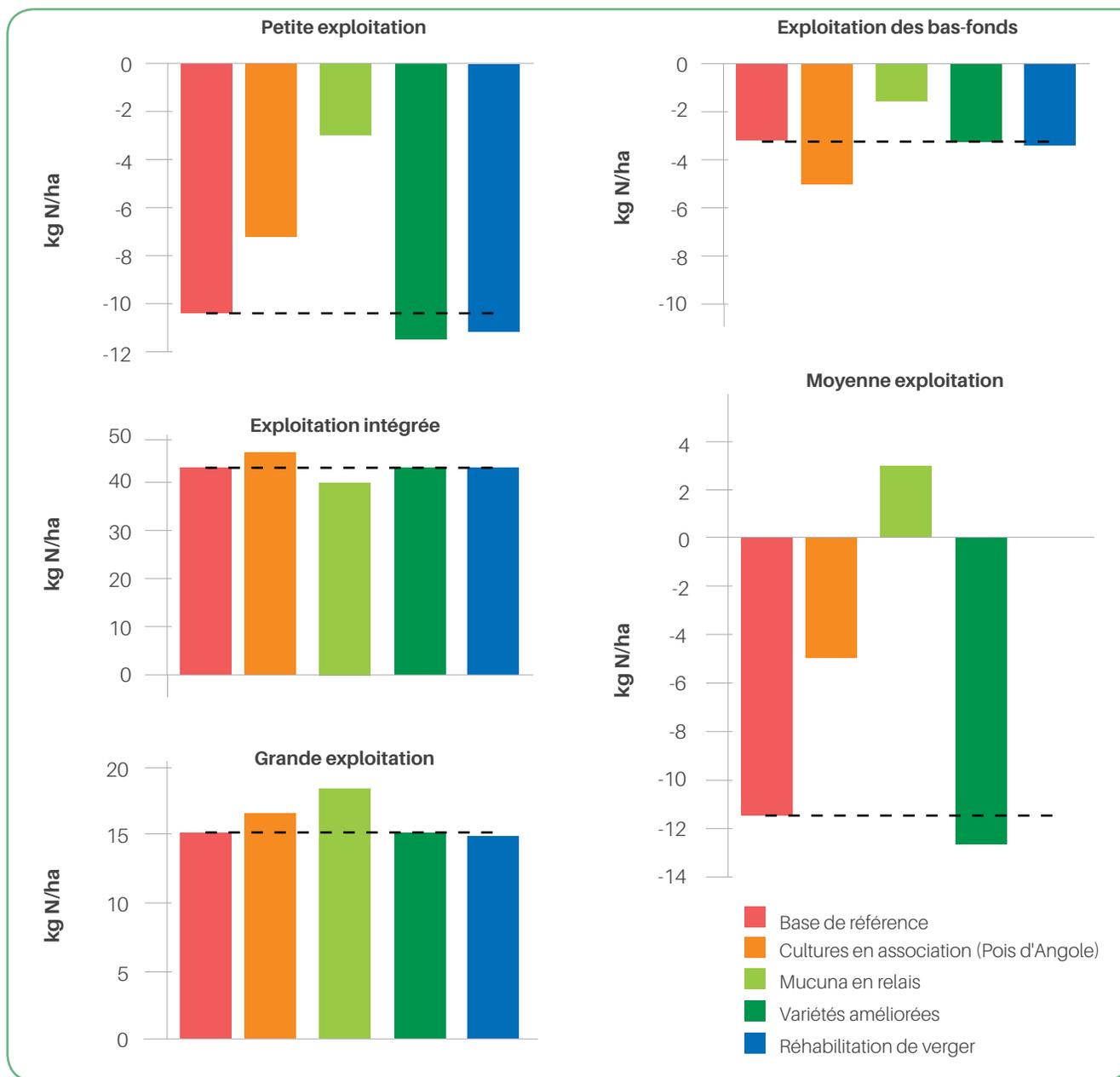


Figure 6. Bases de référence et changements des bilans d'azote par scénarios et par types d'exploitations.

fumier, l'effet est d'autant plus diminué. En réponse à l'adoption du Mucuna en relais, le bilan de l'azote augmente sur quatre des cinq exploitations. Cela est dû aux apports supplémentaires d'azote par la fixation symbiotique. De plus, les résidus du Mucuna sont

entièrement laissés aux champs comme engrais vert. A l'exception est l'exploitation intégrée où le Mucuna est pâturé par le bétail. Dans ce cas, plus d'azote est enlevé des champs qu'il n'est fixé par symbiose.

## 5.3 Le pilier de la mitigation

### 5.3.1 Emissions GES de référence

Les émissions GES proviennent en majorité de la fermentation entérique (le méthane), du fumier (méthane et oxyde d'azote), du bétail lorsque ceux-ci pâturent en dehors de l'exploitation de façon quotidienne, du sol (oxyde d'azote), de la culture du riz (méthane), et du brûlage des résidus de cultures (dioxine de carbone, méthane et oxyde d'azote). Pour faciliter la comparaison, les émissions sont converties en équivalent dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>e).

The façon général, l'intensité des émissions GES est faibles parmi les exploitations (moins de 3 t CO<sub>2</sub>e/ha; Figure 7). L'exploitation intégrée a l'intensité d'émissions GES la plus élevée ce qui est due à l'importance des contributions du bétail alors que l'exploitation des bas-fonds a l'intensité la plus faible. Sur toutes les exploitations appart l'intégrée, le brûlage des résidus est la source la plus importante des émissions GES. Les émissions du sol sont la deuxième plus grande source sur ces quartes exploitations.

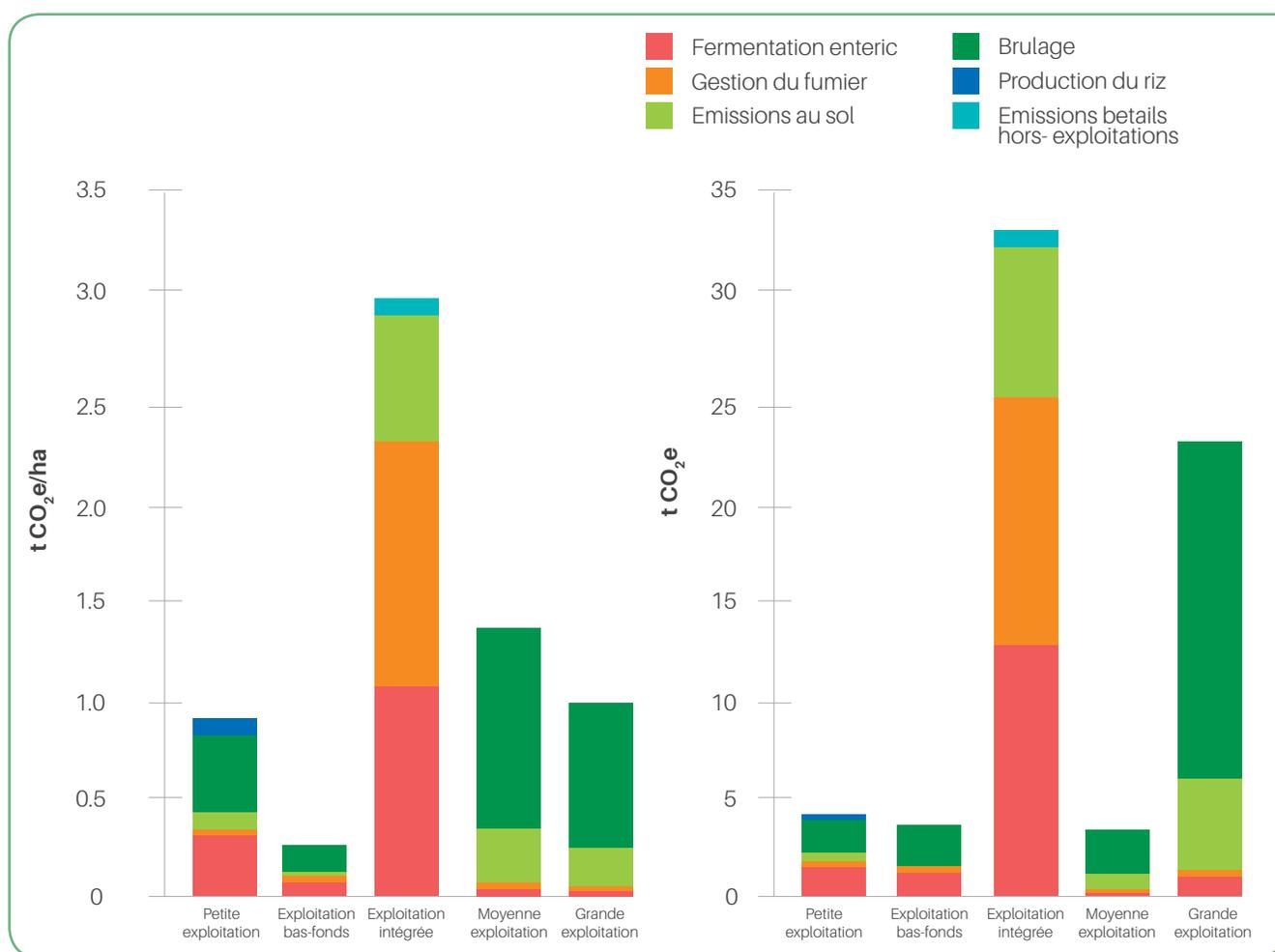


Figure 7. Bases de référence et changements des émissions de GES par scénarios et types d'exploitations par hectare (à gauche) et par exploitation (à droite).

### 5.3.2 Changements des émissions GES

La culture du pois d'Angole avec le maïs est la seule intervention qui adresse spécifiquement une des plus grandes sources d'émissions GES, provenant du brûlage des résidus. Dans ce scénario, la pratique de la culture en association avec le pois d'Angole est faite systématiquement en incorporant dans le sol les résidus des deux cultures et non pas de les brûler. Par ce fait, les émissions GES provenant du brûlage diminueront, par ailleurs les émissions liées au sol augmenteront par cet ajout de matière.

Ce scénario affecte peu l'exploitation intégrée car celle-ci utilise les résidus en majorité pour nourrir son bétail

et le brûlage n'était pas pratiquée à l'origine sur cette exploitation. De même, sur la grande exploitation seule les branches de coton étaient brûlées et donc cette intervention n'affecte pas le niveau des émissions provenant du brûlage de résidus.

Appart cette intervention, les changements des intensités des émissions GES sont faibles parmi les exploitations (Figure 8). La grande partie des (faibles) augmentations des émissions est dû à une augmentation des émissions d'oxydes d'azote par le sol en réponse à une augmentation d'intrants contenant de l'azote, par exemple via les résidus de Mucuna.

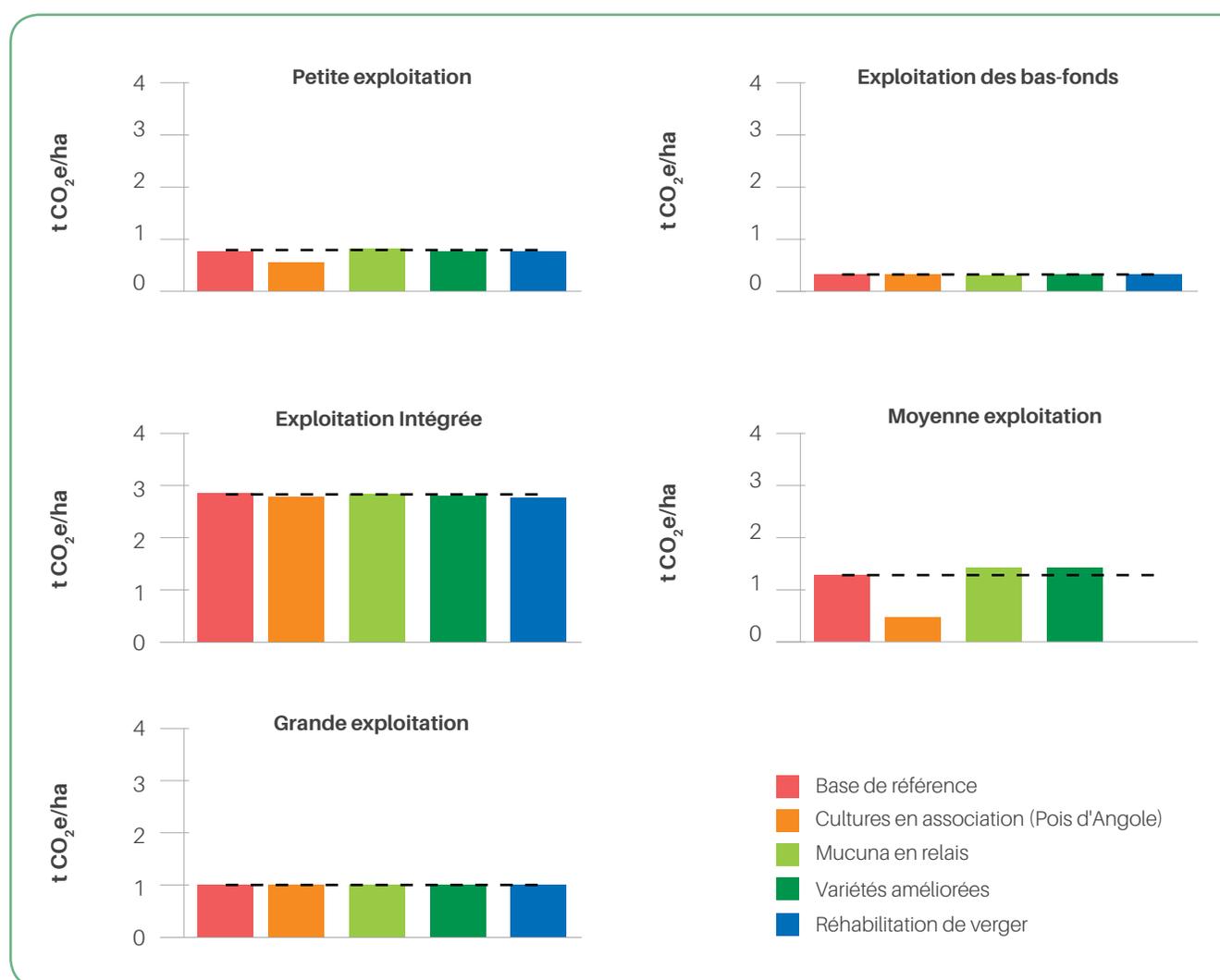


Figure 8. Bases de référence et changements des émissions GES par scénarios et par types d'exploitations.

## 5.4 Compromis entre les trois piliers

La « triple victoire » des solutions de la climato-intelligence, c'est-à-dire des interventions qui augmentent la productivité, améliorent la résilience et mitigent les émissions de GES, est rare. À la place, la mise en œuvre de mesures pour la protection et réhabilitation des sols ont souvent un impact positif sur juste un ou deux des piliers de l'agriculture climato-intelligente, mais un effet négatif sur le(s) autre(s) pilier(s). Un compromis doit être fait. En traçant les changements de la productivité contre des

changements du bilan de l'azote au sol, la Figure 9 indique que la plupart des interventions qui augmentent la productivité, n'ont aucun ou très peu d'effet sur le bilan d'azote, soit un appauvrissement en azote du sol. Par ailleurs, la pratique du Mucuna en relais sur toutes les exploitations (excepté l'exploitation intégrée) et la pratique de l'association culturale avec le pois d'Angole sur les exploitations petite, moyenne, et d'un certain point de vue l'exploitation intégrée, sont les exceptions.

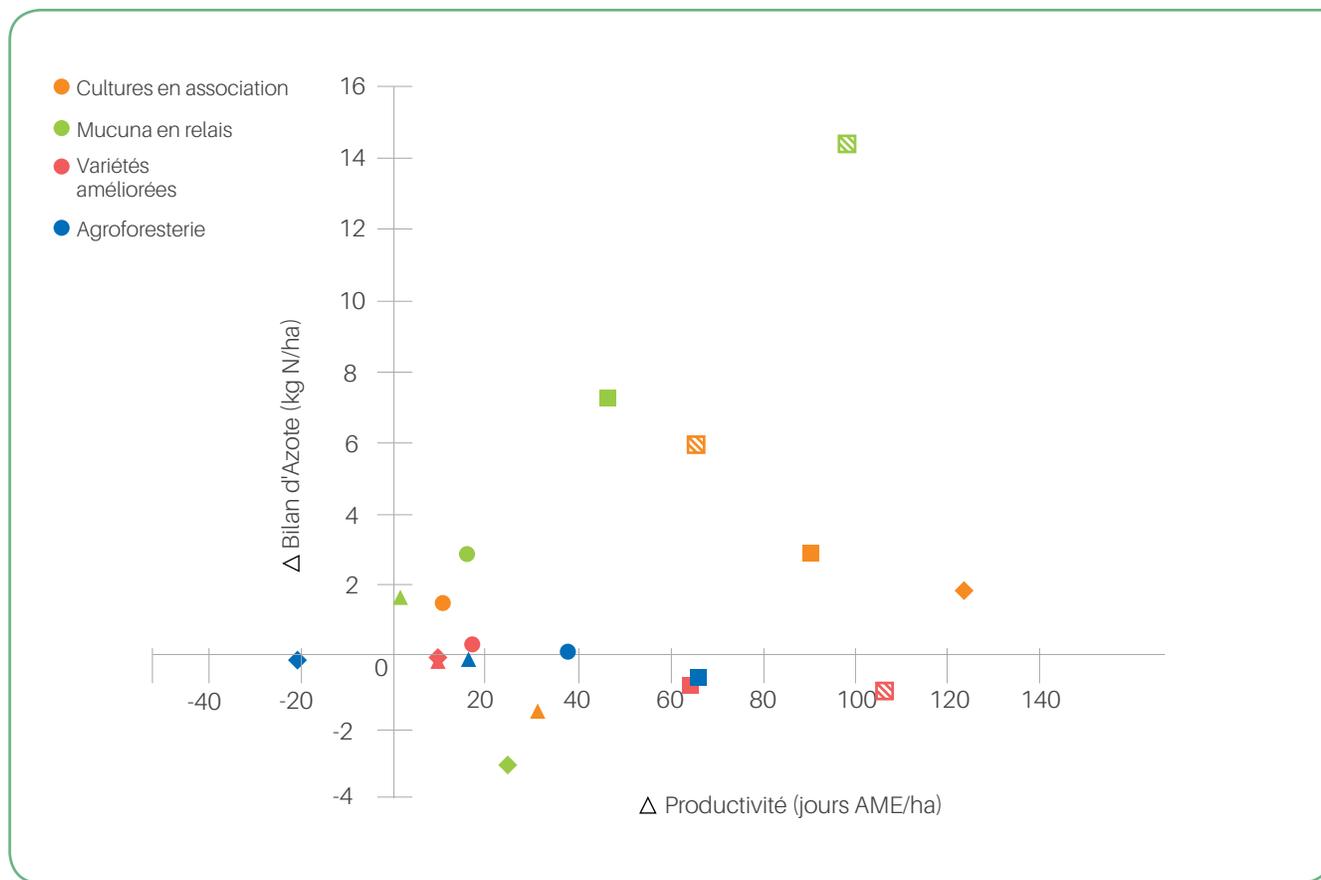


Figure 9. Compromis entre la productivité (jours AME/ha) et le bilan d'azote (kg N/ha). Les différentes couleurs représentent les différents scénarios et les icônes les différentes exploitations agricoles (□ = petite exploitation,  $\Delta$  = exploitation des bas-fonds,  $\diamond$  = exploitation intégrée,  $\square$  Avec hachures = exploitation moyenne, et  $\circ$  = grande exploitation)

Quant aux synergies et compromis entre la productivité et des émissions de gaz à effet de serre (Figure 10), la plupart des interventions qui augmentent la productivité sont accompagnés par de faibles augmentations en émissions à GES. Les cultures en associations sur les exploitations petite et moyenne sont les seules dans une situation gagnante-gagnante: la productivité

augmente pendant que l'intensité des émissions GES diminue. En étudiant les trois piliers, seule la culture en association avec le Pois d'Angole sur les exploitations petite et moyenne est la seule intervention qui soit réellement climato-intelligente, c'est-à-dire ayant un impact positif sur les trois piliers.

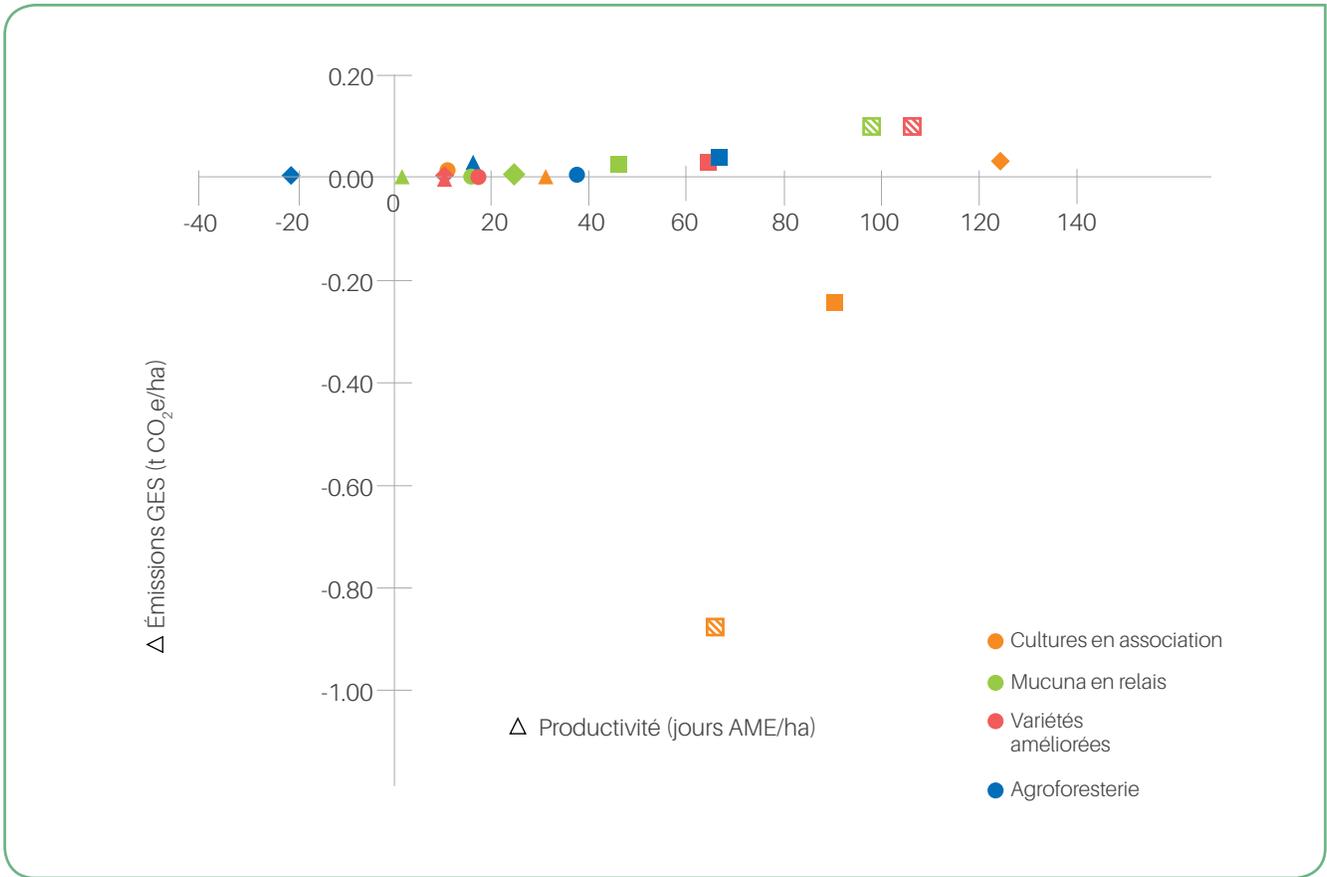


Figure 10. Compromis entre la productivité (jours AME/ha) et les émissions GES (t CO<sub>2</sub>eN/ha). Les différentes couleurs représentent les différents scénarios et les icones les différentes exploitations agricoles (□ = petite exploitation, △ = exploitation des bas-fonds, ◇ = exploitation intégrée, ▨ Avec hachures = exploitation moyenne, et ○ = grande exploitation).



## 6. Conclusions et recommandations

Dans ce rapport trois indicateurs assez simples ont été utilisés pour évaluer la climato-intelligence d'exploitations représentatives et de l'impact de mesures de protection et réhabilitation des sols dans les départements Zou et Collines au Bénin. Ceci a permis une évaluation vraiment rapide qui peut enrichir le processus de prise de décisions dans le cadre du ProSOL GIZ en cours.

Le choix d'indicateurs a toutes fois ses limites. Notamment l'indicateur de productivité basé sur les calories désavantage les exploitations avec une forte production animale par rapport à une production de cultures de bases. La forte teneur en protéine dans la viande et le lait les rend cependant très importants pour la sécurité nutritionnelle en particulier pour les jeunes enfants et les femmes enceintes.

Ceci devrait être gardé à l'esprit en évaluant la productivité. Autrement dit : " Il ne s'agit seulement pas de calories produites ". Cependant l'addition des calories produites par différentes cultures et animaux et de comparer les situations habituelles aux scénarios prometteurs, est tout de fois une méthode simple et clair pour comprendre les changements occasionnés. Se concentrer sur la fertilité du sol comme indicateur de résilience exclut un nombre important d'enjeux qui contribuent à la résilience des exploitants face au changement climatique, tels que la stabilité des revenus, l'accès aux technologies, financements, et information, la diversité des cultures et élevages, etc.

Malgré les faiblesses des indicateurs utilisés, l'évaluation rapide indique clairement qu'il y a de grandes

différences en termes de climato-intelligence des différents types d'exploitation comme le montre les études de cas. Les augmentations de la productivité en réponse aux scénarios mis en œuvre sont tout de même limitées. D'une part, ceci n'est pas surprenant dans le cas de réhabilitation de vergers et de la culture du Mucuna en relais, étant donné que le but principal de ces mesures est d'augmenter le revenu agricole et la protection/fertilité de sol, respectivement. L'association de cultures ajoute le plus à la productivité, simplement parce qu'une deuxième culture (Pois d'Angole) est ajoutée. Les variétés de maïs tolérantes à la sécheresse visent à accroître la résilience en atténuant les pertes partielles ou la quasi-totalité des récoltes durant les années de sécheresse. Soit l'augmentation de la productivité de l'exploitation est encore une fois limitée. Lorsque la tolérance à la sécheresse est accomplie par le raccourcissement de la saison de culture (variétés à cycle court) dans le but d'éviter une sécheresse de fin de saison, l'utilisation de variétés à cycle courts peuvent même avoir comme conséquences une réduction de la productivité dans les années lorsque la pluviométrie est favorable. Durant ces années, la production des variétés à cycle long peuvent surpasser celle des cycles courts.

À travers les différentes exploitations dans les départements Zou et Collines, l'utilisation d'engrais et de fumier est à la base très faible. Toutes mesures pour augmenter la productivité doivent être accompagnées d'une augmentation d'intrants (ex. fumier, résidus de récolte...) pour éviter l'appauvrissement en nutriments

des sols. Néanmoins, les bilans d'azote observés, soit légèrement négatifs (exploitations petite, des bas-fonds et moyenne) ou positive (grande exploitation) sont proche de l'équilibre et peu alarmants si l'on considère le niveau d'incertitude de ces résultats. D'autre part, étant donné le mode de production extensif de l'élevage, beaucoup de fumier produit n'est pas utilisé pour la fertilisation. Augmenter l'intégration de l'agriculture-élevage, une meilleure gestion du fumier et la suppression du brûlage des résidus de culture sont des alternatives qui peuvent avoir un impact positif sur la fertilité des sols et la mitigation des émissions GES. Les intensités d'émission GES (t CO<sub>2</sub>e/ha) sont à la base peu élevées et augmentent de très peu avec les scénarios. Encore une fois ceci est dû au fait que la mitigation n'était pas l'objectif principal de ces interventions, à l'exception de la pratique de la culture en association où les résidus ne sont pas brûlés. La plupart des exploitations peuvent réduire leurs émissions par une amélioration de la gestion du fumier et en éliminant le brûlage des résidus de cultures. Tel que mentionné auparavant, les plantations de teck et anacardières et

autres vergers, ont pour but d'augmenter les revenus des exploitations et non les calories produites. Ces plantations augmentent la diversité de l'exploitation ce qui va de pair pour augmenter la résilience. Le teck, ou autre forme de reboisement en général, contribue à la mitigation du changement climatique via la séquestration du carbone par la biomasse aérienne. Si de tels puits de carbone sont inclus dans le bilan des émissions GES, ces derniers seraient beaucoup plus positives globalement pour les exploitations intégrées et grande (négative en termes d'émissions GES en CO<sub>2</sub>e). Avec cela il est difficile de prétendre que l'impact climatique des cinq types d'exploitations ou des mesures sélectionnés pour les scénarios soit très grand. Globalement, cette évaluation indique l'impact des mesures varie selon le type d'exploitations et sont sensibles aux changements hypothétiques. Ceci indique l'importance de cibler non seulement le contexte biophysique/agro-écologique mais aussi de tenir compte du contexte socio-économique et des pratiques agricoles associées.



## Annexe I. Liste des participants à l'atelier

N°	Nom et Prénoms	Fonction	Provenance	Téléphone	Email
1	SEDEGNAN Aurelle en intérim pour Dr. ADEGBOLA	D/CRA-Agonkanmey	Abomey Calavi	67 92 05 92 97 35 40 56	Schrist783@gmail.com patrice.adebola@yahoo.fr
2	Prof. IGUE Attanda Mouinou	Responsable du Laboratoire des Sciences de Sols et de l'Eau	Abomey Calavi		igue_attanda@yahoo.fr
3	KODJO Siaka	D/CRA Centre	Savé	97 31 82 05 95 05 27 31	kodsesi@yahoo.fr
4	Dr. DAGBENONBAKIN Gustave	Chef Unité Communication et documentation CRA/CF	Cotonou	97 79 31 59 90 01 80 23 95 56 18 60	degust63@yahoo.fr
5	AMADJI Firmin	Maitre Formateur Régional Z-C GDT/ACC	Bohicon	64 30 41 80	f_amadji@yahoo.fr
6	TEBLEKOU Kocou	Consultant Indépendant Maitre Formateur GDT/ACC	Cotonou	95712848 96496100	teblekouk@yahoo.fr
7	DOTONHOU Fulgence	CT GDT/ProSOL/GIZ	Bohicon	67673714	fulgence.dotonhou@giz.de
8	GNANGASSI Charles	DA FUPRO	Bohicon	96037006	fuproben@yahoo.fr cdgmangas@yahoo.fr
9	AGOSSADOU Omram	Superviseur ALDIPE ONG	Bohicon	97716075	omram01@gmail.com
10	DOUSSOH Atadé	DE ODAS ONG	Savalou	97195511 95902668	adoussoh@yahoo.fr
11	DJEDJE Melanie	Chargee de projet ProSOL	Parakou		melanie.djedje@giz.de
12	AHONON Sandrine	ProSOL	Bohicon	96394011	sandrineahonon@yahoo.fr
13	KALCIC Spela	CIAT	Bobo-Dioulasso		spela.kalcic@gmail.com
14	BIRNHOLZ Celine	CIAT	Nairobi	+254208632805	c.birnholz@cgjar.org

## Annexe II. Information sur les exploitations échantillonnées

Tableau 2. Taille du ménage, superficie de l'exploitation et gestion par type d'exploitation. La superficie gérée désigne les parcelles sous cultures, les prairies, les plantations d'arbres, les jachères et les parcelles non exploitées mais gérées par le ménage. Superficie en culture désigne seulement la superficie en culture gérée par le ménage.

Type d'exploitation	Taille du ménage (nombre)	Superficie de l'exploitation (ha)	Superficie gérée (ha)	Superficie cultivée (ha)
<b>Petite</b>	11	4	4	4.0
<b>Bas-fonds</b>	9	12.5	12.5	12.5
<b>Intégrée</b>	11	11.2	11.2	11.2
<b>Moyenne</b>	7	6.8	4.81	2.3
<b>Grande</b>	10	31.5	20.5	20.5

Tableau 3. Rendements par types d'exploitation Non-applicable (NA) indique que la culture n'est pas cultivée sur cette exploitation. Les rendements sont reportés en poids frais (FW).

Type d'exploitation	Rendements céréales (kg FW/ha/an)			Rendements légumineuses (kg FW/ha/an)			Rendements arbres (kg FW/ha/an)			Rendements tubercules (kg FW/ha/an)			Rendements horticulture (kg FW/ha/an)		
	Maïs	Riz	Coton	Niébé	Arachide	Soja	Noix de cajou	Orange	Palmier	Teck **	Manioc	Igname	Tomate	Piment fort	Gombo
<b>Petite</b>	1214	2000*	NA	NA	NA	NA	150	NA	20	NA	1667	NA	NA	NA	NA
<b>Bas-fonds</b>	200	NA	NA	300	107	281	150	NA	Inconnu	5000	1667	1400	10000	500	4000
<b>Intégrée</b>	453	NA	NA	303	471	NA	NA	12 500	Inconnu	5000	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Moyenne</b>	1324	NA	NA	233	1107	400	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4000
<b>Grande</b>	1320	NA	950	240	320	NA	150	12500	NA	5000	1667	NA	10000	600	4000

\* les rendements en italique sont des rendements moyens nationaux/régionaux, utilisés à la place des rendements déclarés par les exploitants car soit ils ne les connaissent pas ou les récoltes ont été extrêmement mauvaises

\*\* Teck: densité =980 kg/m<sup>3</sup>; et rendement annuel moyen de 5 m<sup>3</sup>/ha/an

Tableau 4. Taux d'application des fertilisants (kg/ha).

Type d'exploitation	Maïs		Coton		Horticulture
	NPK 14 %	Urée	NPK 14%	Urea	
<b>Petite</b>	21	23	NA	NA	NA
<b>Bas-fonds</b>	1.2	1.2	NA	NA	NA
<b>Intégrée</b>	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Moyenne</b>	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Grande</b>	7	23	21	23	17

Tableau 5. Composition des cheptels (no.) et Unité de bétail Tropical (UBT).

Type d'exploitation	Bétail femelle race locale (no.)	Bétail femelle race améliorée (no.)	Autre bétail (taureaux, génisses,...) (no.)	Veaux (no.)	Moutons (no.)	Chèvres (no.)	Porcs (no.)	Volaille (no.)	UBT total (no.)
<b>Petite</b>	0	0	0	0	7	5	0	120	2.4
<b>Bas-fonds</b>	0	0	0	0	0	8	0	10	0.9
<b>Intégrée</b>	14	0	4	8	14	7	85	347	129
<b>Moyenne</b>	0	0	0	0	0	1	0	54	0.64
<b>Grande</b>	2	0	2	1	0	6	0	50	17.2

Tableau 6. Gestion des résidus de cultures (fraction enlevé des parcelles).

Type d'exploitation	Mais	Sorgho	Riz	Coton	Sésame	Niébé	Arachide	Soja	Noix de cajou	Orange	Palmier	Teck	Manioc	Igname	Tomates	Piments	Gombo
<b>Petite</b>	0	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	0	NA	0	NA	NA	NA	NA
<b>Bas-fonds</b>	0	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0	0
<b>Intégrée</b>	0	NA	NA	NA	NA	0	0	NA	NA	0	0	0	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Moyenne</b>	0	NA	NA	NA	NA	0	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0
<b>Grande</b>	0	NA	NA	0	NA	0	0	NA	0	0	NA	0	0	NA	0	0	0

Tous les résidus sont brûler (inconnue pour les arbres).

\* les résidus sont laissés au sol comme couverture mais sont consommés en grande partie par les troupeaux transhumants.

Tableau 7. Déplacement des ruminants et collecte et utilisation du fumier.

Type d'exploitation	Bétail (fraction de la journée)			Moutons (fraction de la journée)			Chèvres (fraction de la journée)			Collecte du fumier (%)		Fumier collecté utilisé pour la fertilisation (%)					
	Etable	Cour	Pâturage	Hors-expl.	Etable	Cour	Pâturage	Hors-expl.	Etable	Cour							
<b>Petite</b>	NA	NA	NA	NA	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bas-fonds</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	1	0	0	NA	0	0	0	0
<b>Intégrée</b>	0.5	0	0.25	0.25	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0	85%	75%	100%	100%	100%
<b>Moyenne</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.5	0	0.5	0	85%	0	100%	100%	100%
<b>Grande</b>	0	0	0	1	NA	NA	NA	NA	0	0.5	0.5	0	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau 8. Déplacement des non-ruminants.

Type d'exploitation	Volaille				Porcs			
	Etable	Cour	Pâturage	Hors-expl.	Etable	Cour	Pâturage	Hors-expl.
<b>Petite</b>	0	1	0	0	NA	NA	NA	NA
<b>Bas-fonds</b>	0	1	0	0	NA	NA	NA	NA
<b>Intégrée</b>	1	0	0	0	1	0	0	0
<b>Moyenne</b>	0.5	0	0.5	0	NA	NA	NA	NA
<b>Grande</b>	0	0.5	0.5	0	NA	NA	NA	NA

## Annexe III. Hypothèses des scenarios

Tableau 9. Hypothèses des scenarios.

Exploitations	Impact sur	SC1: Association du Pois d'Angole avec le maïs	SC2: Mucuna en relais	SC3: Variétés améliorées (cycle court)	SC4: Agroforesterie - réhabilitations des vergers/plantations (anacardiers et oranges)
<b>Petite</b>	Occupation des parcelles	1.3 ha de maïs/pois d'Angole en association	Relais sur 1.3 ha de maïs	Aucun changement	Diminution parcelles d'anacardier de 10%; maïs cultivé en supplément.
<b>Bas-fonds</b>	Occupation des parcelles	0.8 ha de maïs/pois d'Angole en association	Relais sur 0.8 ha de maïs	Aucun changement	Diminution parcelles d'anacardier de 10%; maïs cultivé en supplément
<b>Intégrée</b>	Occupation des parcelles	1.25 ha de maïs/pois d'Angole en association	Relais sur 1.25 ha de maïs	Aucun changement	Diminution parcelles d'anacardier et oranges de 10%; maïs cultivé en supplément
<b>Moyenne</b>	Occupation des parcelles	1.3 ha de maïs/pois d'Angole en association	Relais sur 1.3 ha de maïs	Aucun changement	Diminution parcelles d'anacardier de 10%; maïs cultivé en supplément
<b>Grande</b>	Occupation des parcelles	2 ha de maïs/pois d'Angole en association	Relais sur 2 ha de maïs	Aucun changement	Diminution parcelles d'anacardier et oranges de 10%; maïs cultivé en supplément
<b>Petite</b>	Taux d'application fertilisants	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Bas-fonds</b>	Taux d'application fertilisants	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Intégrée</b>	Taux d'application fertilisants	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Moyenne</b>	Taux d'application fertilisants	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Grande</b>	Taux d'application fertilisants	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Petite</b>	Taux d'application de fumier	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Bas-fonds</b>	Taux d'application de fumier	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Intégrée</b>	Taux d'application de fumier	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Moyenne</b>	Taux d'application de fumier	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Grande</b>	Taux d'application de fumier	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement

(continue)

(continué)

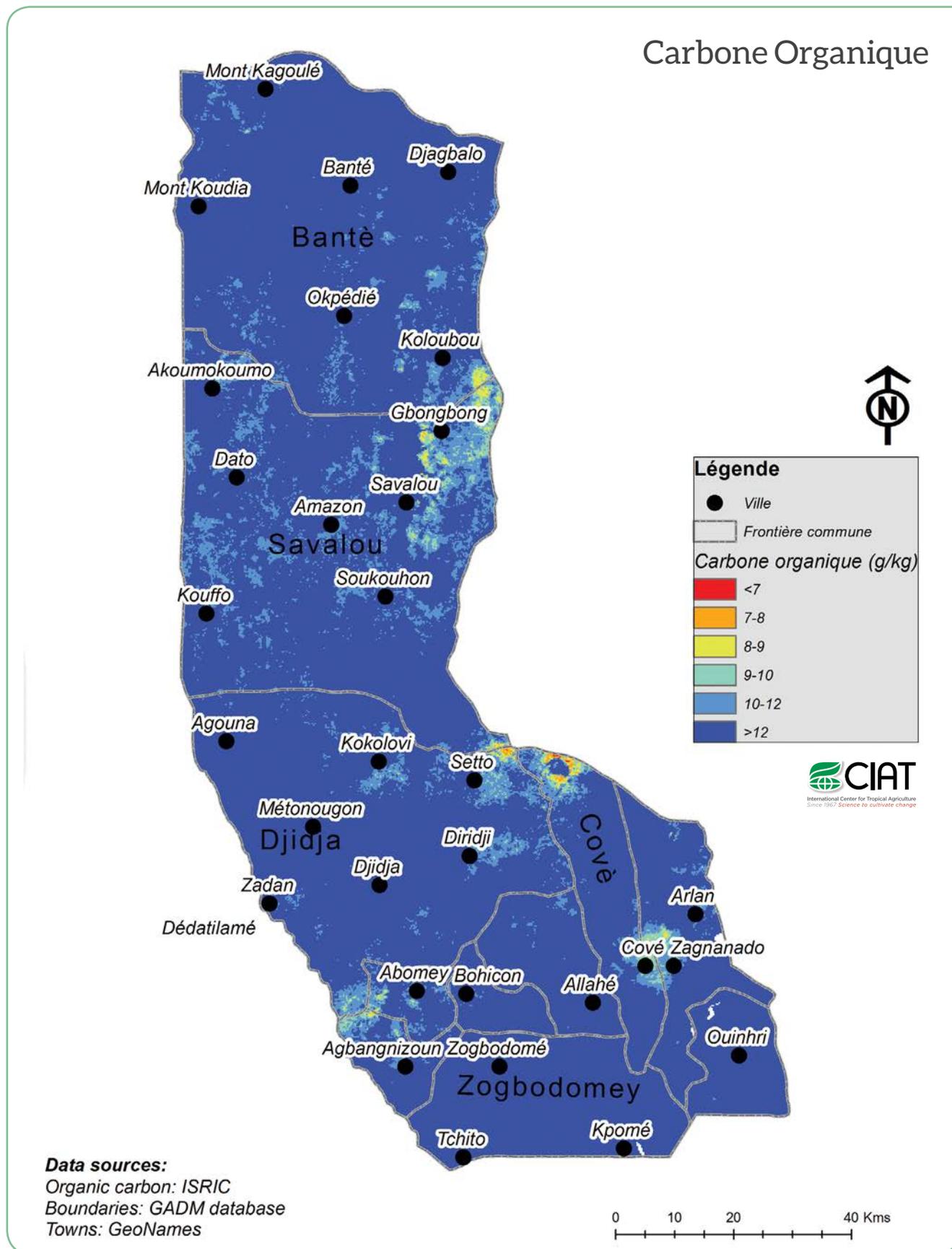
Exploitations	Impact sur	SC1: Association du Pois d'Angole avec le maïs	SC2: Mucuna en relais	SC3: Variétés améliorées (cycle court)	SC4: Agroforesterie - réhabilitations des vergers/plantations (anacardiers et oranges)
<b>Petite</b>	Rendements des cultures	Rendements de maïs réduits de 20% et rendement pois d'Angole 300 kg MS/ha	Augmentation des rendements du maïs de 10% (on suppose que les résidus du Mucuna étaient sur cette parcelle l'année passée)	Augmentation des rendements du maïs et manioc de 10%	Augmentation production des arbres de 5% ; diminution rendements du maïs entre les arbres de 10% arbres
<b>Bas-fonds</b>	Rendements des cultures	Aucune réduction du rendement de maïs car déjà faible et rendement pois d'Angole 300kg MS/ha	Augmentation des rendements du maïs de 10% (on suppose que les résidus du Mucuna étaient sur cette parcelle l'année passée)	Augmentation des rendements du maïs et manioc de 10%	Augmentation production des arbres de 5% ; aucune diminution du rendement du maïs entre les arbres car rendements déjà faibles
<b>Intégrée</b>	Rendements des cultures	Aucune réduction du rendement de maïs car déjà faible et rendement pois d'Angole 300 kg MS/ha	Augmentation des rendements du maïs de 10% (on suppose que les résidus du Mucuna étaient sur cette parcelle l'année passée)	Augmentation des rendements du maïs de 10% (pas de manioc)	Augmentation production des arbres de 5% ; diminution rendements du maïs entre les arbres de 10% arbres
<b>Moyenne</b>	Rendements des cultures	Rendements de maïs réduits de 20% et rendement pois d'Angole 300 kg MS/ha	Augmentation des rendements du maïs de 10% (on suppose que les résidus du Mucuna étaient sur cette parcelle l'année passée)	Augmentation des rendements du maïs et manioc de 10%	Augmentation production des arbres de 5% ; diminution rendements du maïs entre les arbres de 10% arbres
<b>Grande</b>	Rendements des cultures	Rendements de maïs réduits de 20% et rendement pois d'Angole 300 kg MS/ha	Augmentation des rendements du maïs de 10% (on suppose que les résidus du Mucuna étaient sur cette parcelle l'année passée)	Augmentation des rendements du maïs et manioc de 10%	Augmentation production des arbres de 5% ; diminution rendements du maïs entre les arbres de 10% arbres
<b>Petite</b>	Productivité animale	Aucun changement	Aucun bétail	Aucun changement	Aucun changement
<b>Bas-fonds</b>	Productivité animale	Aucun changement	Aucun bétail	Aucun changement	Aucun changement
<b>Intégrée</b>	Productivité animale	Aucun changement	Résidu de Mucuna sont donnés aux vaches: production de lait augmentée de 5%	Aucun changement	Aucun changement
<b>Moyenne</b>	Productivité animale	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Grande</b>	Productivité animale	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement	Aucun changement
<b>Petite</b>	Gestion des résidus	Arrêt du brûlage des résidus des céréales cultivées en association avec le pois d'Angole	Résidus restent au sol	Aucun changement	Aucun changement
<b>Bas-fonds</b>	Gestion des résidus	Arrêt du brûlage des résidus des céréales cultivées en association avec le pois d'Angole	Résidus restent au sol	Aucun changement	Aucun changement
<b>Intégrée</b>	Gestion des résidus	Aucun changement - ne brûlait pas de résidus	Résidus sont donnés au bétail; donc enlevés du sol par brouillage ou amené à l'étable	Aucun changement	Aucun changement
<b>Moyenne</b>	Gestion des résidus	Arrêt du brûlage des résidus des céréales cultivées en association avec le pois d'Angole	Résidus restent au sol	Aucun changement	Aucun changement

(continue)

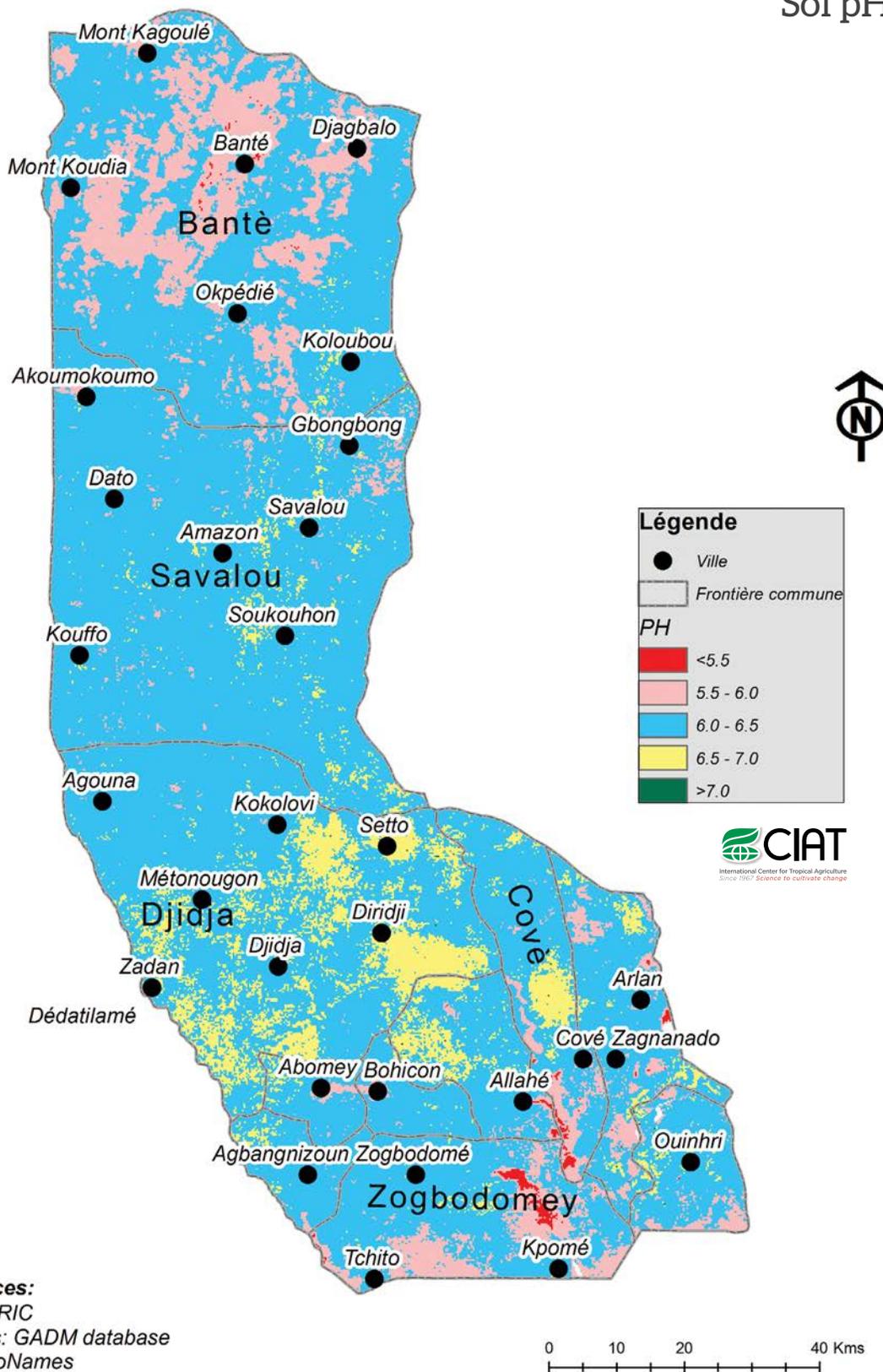
(continué)

Exploitations	Impact sur	SC1: Association du Pois d'Angole avec le maïs	SC2: Mucuna en relais	SC3: Variétés améliorées (cycle court)	SC4: Agroforestry - rehabilitate orchard (Cashew tree plantations and orange orchards)
<b>Grande</b>	Gestion des résidus	Aucun changement - ne brûlait que de résidus de coton	Résidus restent au sol	Aucun changement	Aucun changement
<b>Petite</b>	Erosion du sol	Réduction du facteur P à 0.6	Réduction du facteur P à 0.7	Aucun changement	Aucun changement
<b>Bas-fonds</b>	Erosion du sol	Réduction du facteur P à 0.6	Réduction du facteur P à 0.7	Aucun changement	Aucun changement
<b>Intégrée</b>	Erosion du sol	Réduction du facteur P à 0.6	Réduction du facteur P à 0.7	Aucun changement	Aucun changement
<b>Moyenne</b>	Erosion du sol	Réduction du facteur P à 0.6	Réduction du facteur P à 0.7	Aucun changement	Aucun changement
<b>Grande</b>	Erosion du sol	Réduction du facteur P à 0.6	Réduction du facteur P à 0.7	Aucun changement	Aucun changement

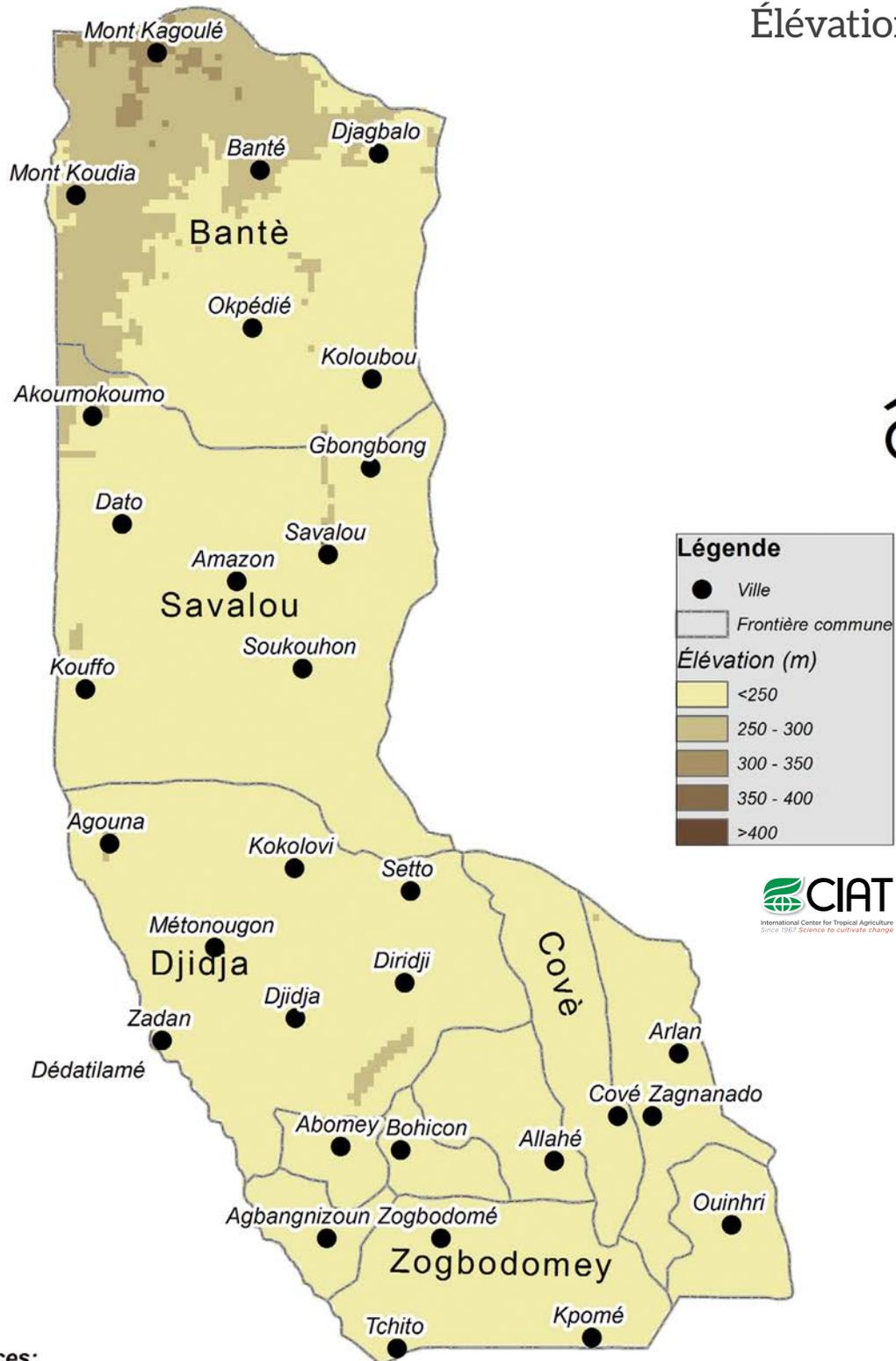
## Annexe IV. Cartes de référence des départements Zou et Collines



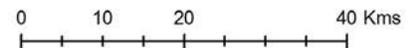
# Sol pH



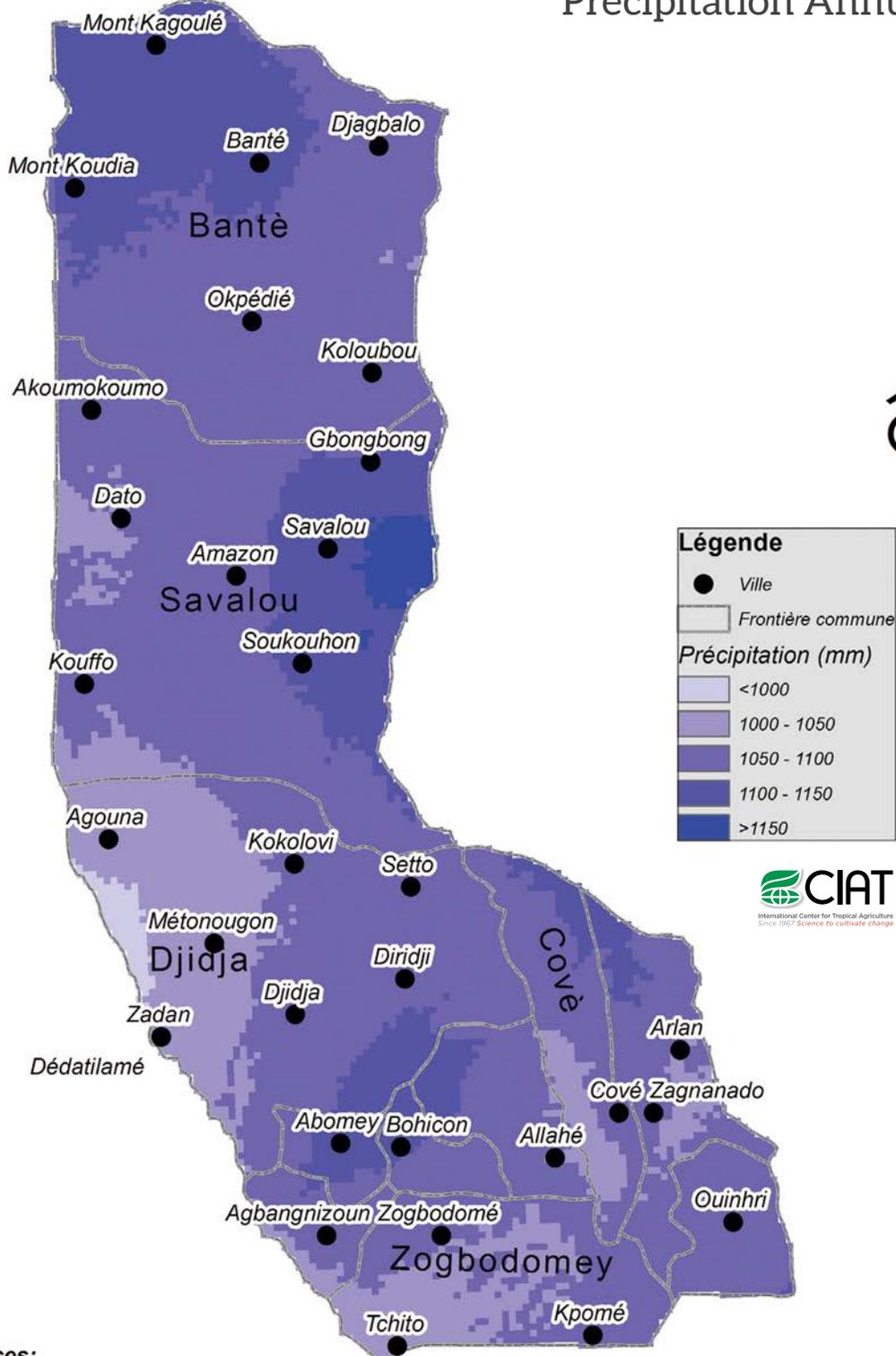
# Élévation



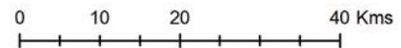
**Data sources:**  
 Elevation: HydroSHEDS  
 Boundaries: GADM database  
 Towns: GeoNames



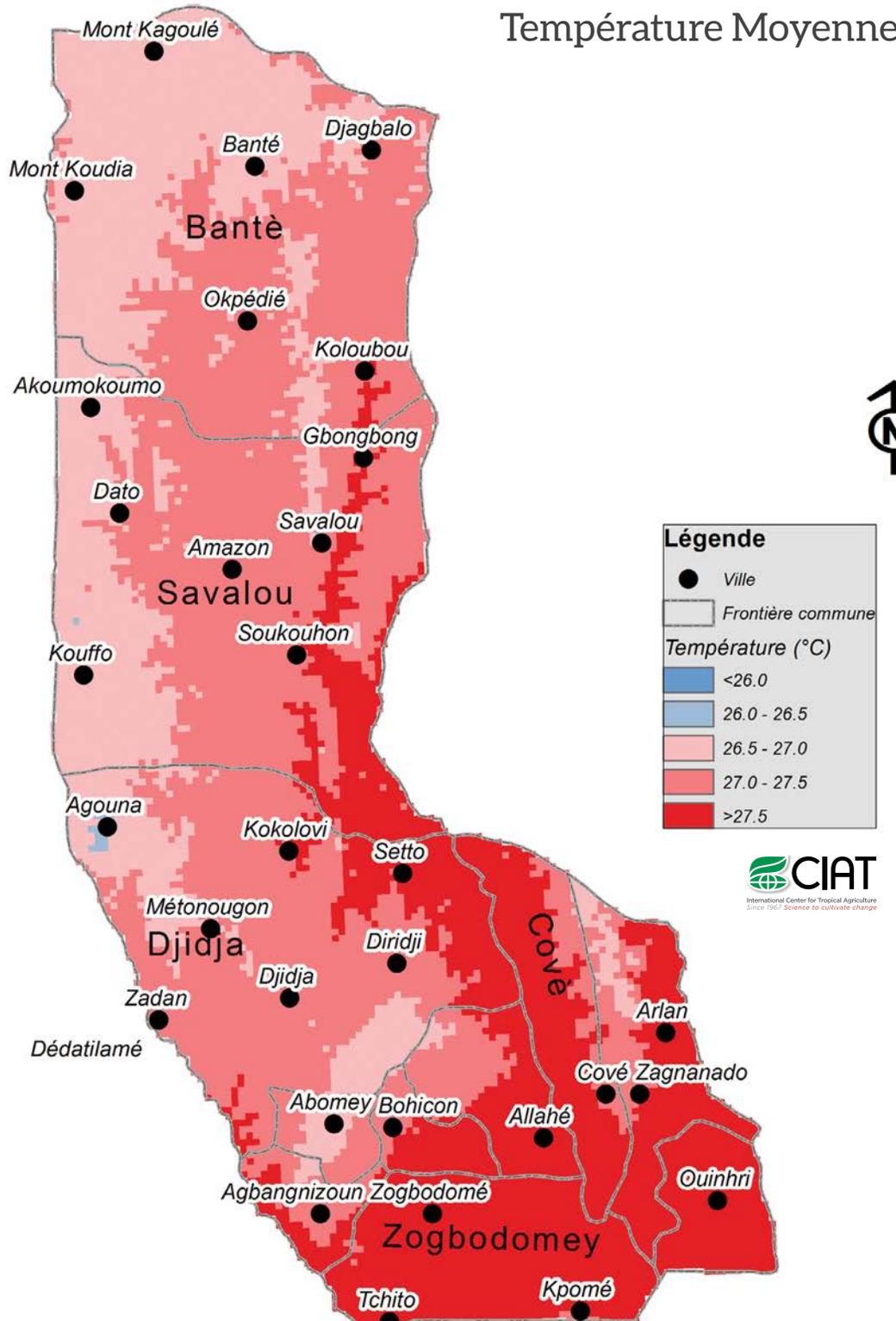
# Precipitation Annuel



**Data sources:**  
 Precipitation: WorldClim  
 Boundaries: GADM database  
 Towns: GeoNames



# Température Moyenne



**Légende**

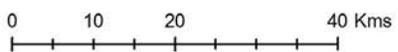
- Ville
- Frontière commune

Température (°C)

- <26.0
- 26.0 - 26.5
- 26.5 - 27.0
- 27.0 - 27.5
- >27.5



**Data sources:**  
 Temperature: WorldClim  
 Boundaries: GADM database  
 Towns: GeoNames



## Sources

- Adjanooun A; Allagbe M. 2011. Pour une meilleur production du manioc au sud et au centre du Benin. Referentiel technico-economique de la production agricole. INRAB.
- Amdihun A; Gebremariam E; Rebelo L-M; Zeleke G. 2014. Suitability and scenario modeling to support soil and water conservation interventions in the Blue Nile Basin, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 3(1):23. Doi: [10.1186/s40068-014-0023-9](https://doi.org/10.1186/s40068-014-0023-9)
- Campbell BM; Thornton P; Zougmore R; van Asten P; Lipper L. 2014. Sustainable intensification: What is its role in climate-smart agriculture? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 39-43. Doi: [10.1016/j.cosust.2014.07.002](https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.07.002)
- Grant W. 2005. Agricultural policy. *Development in British Public Policy*, pp. 7-23.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston HS; Buendia L; Miwa K; Ngara T; Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Kalčić Š; Birnholz C. 2016. La Climato-Intelligence des Mesures de Protection et de Réhabilitation des Sols dans les Départements Zou et Collines au Benin. Rapport d'Atelier de Travail. 7 Avril 2016, Bohicon, Benin.
- Klapwijk C; van Wijk M; Rosenstock T; van Asten P; Thornton P; Giller K. 2014. Analysis of trade-offs in agricultural systems: current status and way forward. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6:110-115.
- Lipper L; Thornton P; Campbell BM; Baedeker T; Braimoh A; Bwalya M; ... Torquebiau EF. 2014. Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, 4, 1068-1072. Doi: [10.1038/nclimate2437](https://doi.org/10.1038/nclimate2437)
- Renard KG; Foster GR; Weesies GA; Porter JP. 1991. RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation. *J. Soil Water Conserv.* 46(1):30-33. [www.jsowonline.org/content/46/1/30.extract](http://www.jsowonline.org/content/46/1/30.extract)
- République du Benin. 2011. Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA), Cotonou.
- Sigunga DW. 2011. Land and Soil Resources and their Management for Sustainable Agricultural Production in Kenya: Current Position and Future Challenges. *Egerton Journal of Science and Technology* (ISSN 2073-8277), pp. 66.
- Smith P; Martino D; Cai Z; et al. 2007. Agriculture. In: Chapter 8 of *Climate change 2007; Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Metz B; Davidson OR; Bosch PR; Dave R; Meyer LA (eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA. pp. 497-540.
- Soule BG; Aboudou F; Gansari S; Tassou M; Yallou JD. 2013. Analyse de la structure et la dynamique de la chaine de valeur du manioc au Bénin. LARES. <http://bit.ly/2gD6fXv>
- Van den Bosch H; De Jager A; Vlaming J. 1998. Monitoring nutrient flows and economic performance in African farming systems (NUTMON) II Tool development. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 71:49-62. Doi: [10.1016/S0167-8809\(98\)00131-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(98)00131-5)



**Headquarters and Regional  
Office for Latin America and the  
Caribbean**

Km 17 Recta Cali-Palmira C.P. 763537  
Apartado Aéreo 6713  
Cali, Colombia  
Phone: +57 2 4450000  
Fax: +57 2 4450073  
General e-mail: [ciat@cgiar.org](mailto:ciat@cgiar.org)

**CONTACT**

**Carolina Navarrete**, Coordinator  
✉ [c.navarrete@cgiar.org](mailto:c.navarrete@cgiar.org)

**Regional Office for Africa**

c/o ICIPE  
Duduville Campus,  
Off Kasarani Road  
P.O. Box 823-00621  
Nairobi, Kenya  
Phone: +254 20 8632800 /  
+254 719 052800 / 721 574967  
Fax: +254 20 8632001

**CONTACT**

**Adebisi Araba**, Regional Director  
✉ [a.araba@cgiar.org](mailto:a.araba@cgiar.org)

**Regional Office for Asia**

c/o Agricultural Genetics Institute (Vien  
Di Truyen Nong Nghiep), Vietnam  
Academy of Agricultural Sciences  
(VAAS), Pham Van Dong Street, Tu  
Liem (opposite the Ministry of Security  
- Doi dien voi Bo Cong An)  
Hanoi, Vietnam  
Phone: +844 37576969

**CONTACT**

**Dindo Campilan**, Regional Director  
✉ [d.campilan@cgiar.org](mailto:d.campilan@cgiar.org)



Le CIAT est un  
Centre de Recherche de CGIAR

[www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org)



[www.cgiar.org](http://www.cgiar.org)