



HAL
open science

Sécurité alimentaire et ressources naturelles : stratégies de diversification

Rémi Cardinael, Olivier Deheuvelds, Louise Leroux, Julie Subervie, Akiko Suwa-Eisenmann, Cécile Bessou, Emmanuelle Bouquet, Thibault Catry, Regis Chikowo, Marc Corbeels, et al.

► To cite this version:

Rémi Cardinael, Olivier Deheuvelds, Louise Leroux, Julie Subervie, Akiko Suwa-Eisenmann, et al.. Sécurité alimentaire et ressources naturelles : stratégies de diversification. Alban Thomas; Arlène Alpha; Aleksandra Barczak; Nadine Zakhia-Rozis. Durabilité des systèmes pour la sécurité alimentaire. Combiner les approches locales et globales, Ed. Quae, pp.189-205, 2024, Synthèses, 978-2-7592-3852-1. hal-04470656

HAL Id: hal-04470656

<https://hal.inrae.fr/hal-04470656v1>

Submitted on 21 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

DURABILITÉ DES SYSTÈMES POUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Combiner les approches locales et globales

A. Thomas, A. Alpha, A. Barczak, N. Zakhia-Rozis, coord.



Chapitre 12

Sécurité alimentaire et ressources naturelles : stratégies de diversification

Rémi Cardinael, Olivier Deheuvels, Louise Leroux, Julie Subervie, Akiko Suwa-Eisenmann, Cécile Bessou, Emmanuelle Bouquet, Thibault Catry, Regis Chikowo, Marc Corbeels, Gabriela Demarchi, Abdoul Aziz Diouf, Gatien Falconnier, Ndeye Fatou Faye, Jérémie Gignoux, Christèle Icard-Vernière, Camille Jahel, Pamela Katic, François Libois, Sabine Mercier, Claire Mouquet-Rivier, Talent Namatsheve, Andréa Renk, Ninon Sirdey, Isabelle Tritsch, Éric Verger

Ce chapitre traite de deux enjeux majeurs auxquels sont confrontés les ménages ruraux en zone tropicale : préserver les ressources naturelles et assurer la sécurité alimentaire. Relever ces deux défis simultanément requiert de développer des systèmes de production efficaces, capables à la fois de garantir la sécurité alimentaire des agriculteurs et d'assurer une gestion durable des ressources naturelles. Pour ce faire, il convient de s'interroger sur les liens directs et indirects entre la sécurité alimentaire des ménages et la biodiversité à l'échelle de l'exploitation agricole et à celle du paysage. Dans quelle mesure la diversification des systèmes de production influence-t-elle la sécurité alimentaire des ménages ? Et inversement, dans quelle mesure le niveau de sécurité alimentaire influence-t-il les performances des systèmes de production ? Est-il possible de concilier performance environnementale et sécurité alimentaire, et la diversification pourrait-elle être une solution à ce problème ? Existe-t-il des dispositifs capables de soutenir ce double objectif ? Ce chapitre vise à répondre à ces questions à travers cinq études de cas centrées sur des stratégies de diversification, notamment la diversification des espèces dans les paysages cultivés et celle des activités agricoles : des parcs agroforestiers au Sénégal ; des systèmes agroforestiers à base de cacao en Amazonie péruvienne ; des systèmes de cultures céréales-niébé au Zimbabwe et en Afrique subsaharienne ; des monocultures de palmiers à huile sur des terres autrefois forestières ou sur des terres précédemment cultivées en Indonésie ; et des systèmes d'élevage extensifs s'étendant rapidement au cœur de la forêt amazonienne brésilienne. Les résultats présentés ici proposent

des solutions techniques susceptibles de résoudre l'arbitrage entre profitabilité (économique) et durabilité (environnementale), tout en soulignant les obstacles socio-économiques à leur mise en œuvre.

► Diversifier les systèmes agricoles pour améliorer la sécurité alimentaire des parcs agroforestiers sahéliens

Une diversité d'espèces arborées et d'usages

Dans un contexte de changements climatique et environnemental, l'agroforesterie, qui se définit comme l'association d'arbres ou de buissons avec des cultures ou l'élevage, joue un rôle important dans la sécurité alimentaire des ménages et l'utilisation durable des terres et de la biodiversité en Afrique subsaharienne (Rosenstock *et al.*, 2019). Les parcs arborés sont un cas particulier de systèmes agroforestiers emblématiques des paysages agricoles sahéliens. Les arbres y sont préservés ou introduits depuis des siècles par les agriculteurs, et ce, en raison des nombreux services socio-écosystémiques qu'ils fournissent (Sinare et Gordon, 2015). En 2018, dans les régions de Niakhar et de Nioro, dans le bassin arachidier sénégalais, 412 ménages ont été enquêtés et un inventaire des ligneux a été réalisé pour deux types de parcs arborés de la région. Plus de 60 espèces ont été identifiées, couvrant un large éventail d'usages (figure 12.1), associés à des services écosystémiques d'approvisionnement (par exemple, fourrage, alimentation, bois de chauffe) ou de régulation (par exemple, fertilité du sol ou ombrage). Les ménages ont le plus souvent mentionné la fourniture de nourriture (directement ou indirectement *via* notamment une augmentation des rendements) comme le principal usage des arbres, et ce, quelle que soit l'espèce considérée. *Faidherbia albida*, qui est une légumineuse, est l'espèce pour laquelle le plus grand nombre d'usages a été relevé.

Contribution de la diversité arborée à la disponibilité alimentaire

Des combinaisons différentes d'espèces arborées ou de densités arborées peuvent conduire à des effets contrastés sur la productivité des cultures et donc sur la disponibilité alimentaire des ménages. Les études qui analysent les contributions des arbres à la disponibilité alimentaire sont rares et ne considèrent souvent qu'une seule espèce à la fois. Les rendements, les pratiques culturales, les types de sols et les niveaux de fertilité d'un réseau de 70 parcelles d'agriculteurs ont été suivis au cours de la campagne agricole 2018. Par ailleurs, des indicateurs de diversité paysagère ont été dérivés de données géospatiales. Le mil est la principale culture vivrière de la région et, par conséquent, a été considéré comme un indicateur de la disponibilité alimentaire des ménages. À partir d'un algorithme d'apprentissage automatique (*gradient boosting machine*), les contributions à la variabilité des rendements du mil de la diversité des paysages, des caractéristiques du sol et de différentes pratiques culturales ont été estimées dans deux parcs arborés. Parmi les

facteurs qui contribuent le plus à la variabilité des rendements du mil se trouvent la diversité paysagère (notamment la richesse spécifique) et la densité des arbres dans le paysage environnant de la parcelle. Il a également été montré qu'une plus grande richesse spécifique aurait un effet positif sur les rendements du mil, mais seulement jusqu'à un certain niveau de diversité au-delà duquel il n'y aurait plus d'augmentation significative des rendements. La façon dont les différentes composantes des parcs arborés sont agencées et gérées influence aussi très fortement la provision d'autres services écosystémiques (comme la régulation de l'eau ou l'incidence des ravageurs), avec des compromis ou des synergies entre services. Au-delà de l'influence positive de la diversité des arbres sur les rendements du mil observée à l'échelle du champ, des analyses de corrélation ont également montré que la richesse spécifique (évaluée à l'échelle du ménage en considérant tous les champs du ménage) était significativement associée à une plus grande production du mil par membre du ménage ($r = 0,38$). Cela suggère qu'une gestion optimisée de la densité et de la diversité des espèces arborées pourrait permettre d'atteindre une plus grande disponibilité alimentaire.

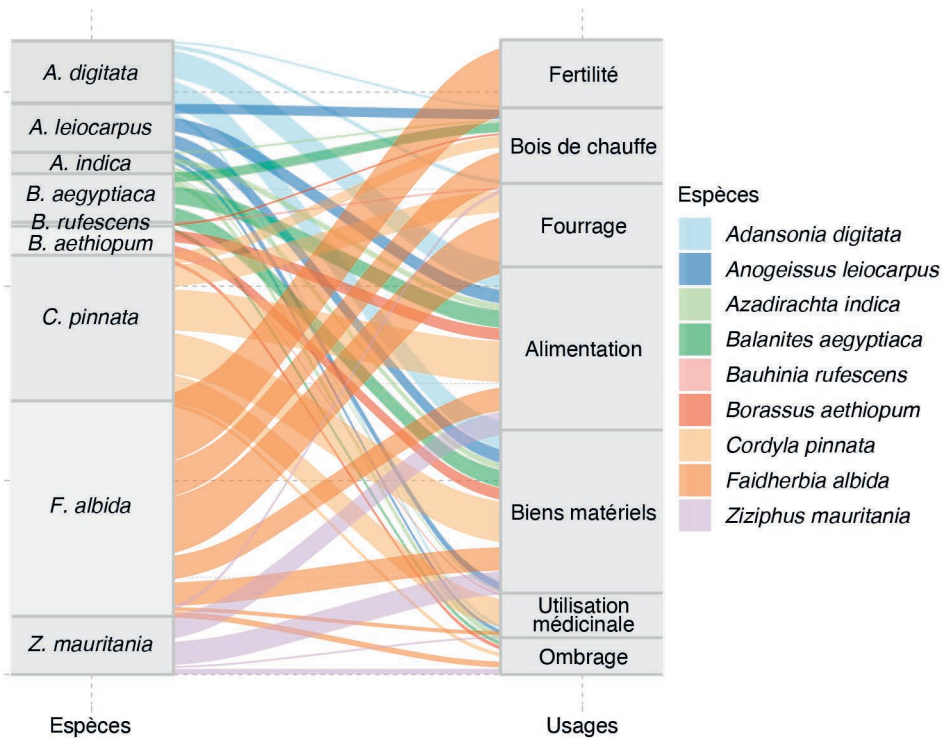


Figure 12.1. Diagramme de Sankey reliant les principales espèces aux différents usages (source : Leroux *et al.*, 2021).

La largeur de la liaison est proportionnelle au nombre de fois où l'espèce a été citée pour un usage spécifique. Seules les espèces les plus représentatives des deux parcs arborés ont été représentées (soit les espèces représentant plus de 3 % du nombre total d'arbres inventoriés).

Contribution des arbres à la sécurité alimentaire et aux stratégies d'adaptation

En utilisant l'échelle de l'accès déterminant l'insécurité alimentaire des ménages (HFIAS, en anglais) comme un indicateur de sécurité alimentaire, des données d'enquête socio-économiques ont été analysées afin de mettre en évidence les principaux facteurs associés à la sécurité alimentaire. La moitié des ménages enquêtés ont connu des situations d'insécurité alimentaire modérée à sévère. Les modèles économétriques indiquent que la sécurité alimentaire est positivement associée aux ménages dont le chef est un homme, dont la richesse est la plus importante (avec le plus de biens et de vaches) et dont une large part des revenus provient de membres migrants du ménage. La sécurité alimentaire est aussi positivement et fortement associée à une plus grande production de nourriture, incluant la production du mil. Cela tendrait donc à confirmer la contribution indirecte de la diversité des paysages à la sécurité alimentaire au travers de la disponibilité alimentaire. Enfin, les ménages en situation d'insécurité alimentaire sont amenés à utiliser les arbres qui se trouvent dans les espaces communs ou dans les champs des voisins, donc en dehors de leurs propres champs, et ce tout au long de l'année. Tandis que l'accès à des arbres diversifiés ne permettrait pas aux plus vulnérables de sortir de l'insécurité alimentaire, cela pourrait toutefois aider à atténuer les formes les plus sévères d'insécurité alimentaire. De plus, la collecte de produits des arbres pendant la période de soudure est également apparue comme une stratégie d'adaptation souvent mentionnée par les ménages en insécurité alimentaire. Cette stratégie d'adaptation est utilisée dans les périodes de crise les plus sévères, au même titre que la vente des actifs productifs ou la migration forcée. Ces résultats suggèrent que la préservation des parcs arborés à l'échelle des fermes, mais également de la communauté, pourrait constituer un filet de sécurité et renforcer la capacité des ménages les plus vulnérables face à l'insécurité alimentaire chronique et saisonnière.

► Agroforesterie à base de cacaoyers en Amazonie péruvienne : une plus grande biodiversité cultivée améliore-t-elle la sécurité alimentaire ?

Pratiques agroforestières et diversité cultivée chez les producteurs de cacao amérindiens

Les peuples indigènes de l'Amazonie péruvienne vivent aujourd'hui dans une grande pauvreté, et connaissent une forte insécurité alimentaire et des taux de mortalité et de morbidité infantiles particulièrement élevés (Brierley *et al.*, 2014). Plus de la moitié des enfants de moins de cinq ans souffrent de malnutrition chronique et d'anémie, ce qui est très au-dessus des moyennes nationales de 13 % et 34 %, respectivement (Díaz *et al.*, 2015). Les systèmes de santé des divers peuples indigènes de l'Amazonie péruvienne reposent sur une vision intégrative du monde, où une forte biodiversité

végétale et animale fournit les ressources nécessaires à l'alimentation et à la santé des peuples (Jones *et al.*, 2018). Les pratiques agroforestières qui reposent sur l'association de cultures annuelles ou d'animaux d'élevage et de plantes ligneuses pérennes font partie des usages traditionnels de ces peuples et favorisent une forte biodiversité cultivée.

Notre étude porte sur les communautés indigènes Awajún vivant dans le département d'Amazonas, au nord du Pérou, où les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers (SAFC) sont à la fois sources de revenus et d'aliments. Nous avons recensé dans ces SAFC plus de 74 espèces de plantes cultivées en association avec les cacaoyers. Nous avons testé l'hypothèse d'une corrélation positive entre le niveau de biodiversité cultivée dans les SAFC, la sécurité alimentaire des familles et l'état nutritionnel des mères et des enfants dans deux communautés Awajún installées le long du fleuve Marañon. L'une d'elle (Chipe) est accessible uniquement par bateau, et l'autre (Urakusa) est accessible à la fois par voie terrestre et fluviale et est connectée aux marchés extracommunautaires. La diversité des plantes cultivées dans les SAFC d'Urakusa est apparue plus importante, avec un plus grand nombre de plantes issues de la forêt proche (tableau 12.1). Cependant, la population de cacaoyers dans les SAFC de Chipe (un mélange de cultivars locaux à bas rendements) montre une diversité phénotypique plus forte qu'à Urakusa, où les SAFC présentent un nombre très réduit de variétés, avec des rendements élevés, dans des parcelles plus grandes. Enfin, les SAFC de Chipe hébergent plus de Musacées, d'arbres forestiers, mais moins de racines, de tubercules, d'arbres fruitiers et de palmiers, ces types de plantes étant souvent recensés dans les forêts voisines. Ils comptent également une plus faible proportion de cultures annuelles, lesquelles sont essentiellement cultivées sur les berges du fleuve à l'étiage.

Sécurité alimentaire et malnutrition chez les familles de producteurs de cacao

Les familles de la communauté d'Urakusa consomment des aliments légèrement plus diversifiés que celles de Chipe (tableau 12.1). Cela pourrait s'expliquer par la plus grande diversité des plantes cultivées à Urakusa, mais la diète des habitants d'Urakusa est en réalité enrichie par des aliments importés par la route proche. De fait, ces familles consomment une faible proportion de nourriture autoproduite (tableau 12.1), ce qui suggère une dépendance plus forte aux produits importés. Cela est cohérent avec la plus forte perception d'insécurité alimentaire observée chez les familles d'Urakusa, tandis que les ressources traditionnelles de la forêt sont à portée de main toute l'année pour les ménages de Chipe. Par ailleurs, la prévalence du surpoids est plus de deux fois supérieure chez les femmes d'Urakusa que chez celles de Chipe, probablement parce que les produits importés sont potentiellement plus énergétiques et moins nutritifs et parce qu'ils comprennent des aliments plus transformés et ultra-transformés. Enfin, en dépit des différences observées en matière de diversité et de sécurité alimentaires, les deux communautés étudiées présentent des prévalences voisines concernant les retards de croissance chez les enfants.

Tableau 12.1. Caractéristiques des communautés indigènes d'Urakusa et Chipe en Amazonie péruvienne (source : Da Silva *et al.*, 2018).

Communauté	Urakusa		Chipe	
Province administrative du Pérou	Bagua		Condorcanqui	
Connection au marché	Proche, par route et par fleuve		Éloignée, par le fleuve	
Population	700 habitants		1 000 habitants	
Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers (SAFC)				
Taille des parcelles	Moyennes-grandes		Petites	
Variétés de cacaoyers	1-2 variétés introduites		Mélange de cultivars locaux	
Rendement en cacao	Haut		Faible	
Densité de la population de cacaoyers	Moyenne		Haute	
Diversité de plantes cultivées associées (richesse spécifique) dans la communauté	59 espèces		42 espèces	
Espèces forestières cultivées	40 %		10 %	
dont arbres à bois	11 %		21 %	
Musacées (plantains et bananiers doux)	13 %		29 %	
Palmiers et arbres fruitiers	41 %		30 %	
Racines et tubercules	14 %		4 %	
Cultures annuelles	1,5 %		0,5 %	
Indicateurs de sécurité alimentaire	Mai ²	Novembre ²	Mai ²	Novembre ²
Indice de diversité alimentaire du foyer (HFDI ¹)	50 %	18 %	60 %	17 %
Prévalence du retard de croissance ¹	37 %	45 %	38 %	41 %
Prévalence du surpoids ¹	50 %	53 %	18 %	28 %
Prévalence du profil alimentaire traditionnel ¹	36 %	31 %	52 %	39 %
Prévalence de l'insécurité alimentaire ¹	55 %	61 %	30 %	18 %

¹HFDI : le calcul de cet indice repose sur 10 groupes d'aliments à fort potentiel de contribution en micronutriments adéquats dans la diète des familles (les mêmes qui sont utilisés dans le MDD-W) et qui sont consommés par les familles au cours d'une semaine. Ici, nous présentons les pourcentages de familles n'ayant pas consommé au moins cinq des dix groupes alimentaires possibles.

Retard de croissance : rapport taille-âge des enfants de moins de cinq ans, comparés à la référence (z-score).

Surpoids : IMC \geq 25 kg/m² chez les femmes.

Profil alimentaire traditionnel : une famille a un profil alimentaire traditionnel quand plus de la moitié des aliments qu'elle consomme sont autoproduits.

Prévalence de l'insécurité alimentaire : elle repose sur l'échelle de l'accès déterminant l'insécurité alimentaire des ménages (HFIAS), qui est une mesure de la sécurité alimentaire du foyer ressentie sur une période d'un mois.

²Mai correspond à la fin de la saison des pluies et novembre est la fin de la saison sèche.

Stratégies de diversification des cultures : effets sur la sécurité alimentaire et la malnutrition

Cette étude met également en évidence le rôle joué par les SAFC qui compensent le manque de ressources traditionnellement issues de la forêt, pour les communautés indigènes qui en sont éloignées, et amortissent le manque de revenus et d'accès aux marchés et aux produits manufacturés, dans les communautés isolées vivant à proximité de la forêt. Ainsi, des communautés éloignées de la forêt comme Urakusa utilisent les SAFC pour cultiver, parmi des variétés de cacaoyers à fort rendement et générateurs de revenu pour l'achat d'aliments manufacturés, des espèces traditionnellement observées dans la forêt et auxquelles ils n'ont pas accès. Il s'agit le plus souvent de plantes à usage médicinal plutôt que de plantes à usage alimentaire.

L'irrégularité des sources de revenu nécessaires à l'achat de ces aliments est compensée par des emplois non agricoles et une gestion plus intensive de la population de cacaoyers dans les SAFC, encouragée par certains projets de développement promouvant une base génétique homogène à fort potentiel productif. Ce type de stratégie entretient donc possiblement l'insécurité alimentaire des ménages et la sous-nutrition infantile, tout en augmentant le risque de surnutrition liée à la consommation d'aliments importés transformés ou ultra-transformés.

Au contraire, les communautés comme Chipe utilisent les SAFC essentiellement pour des cultures de rente produisant du cacao, du bois et du plantain, et dépendent de la forêt proche pour se fournir en aliments et en plantes médicinales. Parce que leur isolement ne leur permet pas de transporter des récoltes volumineuses, ils cultivent de petites parcelles où les cacaoyers sont issus d'un mélange de cultivars locaux adaptés et semés plus densément. En dépit d'une plus faible vulnérabilité aux fluctuations des marchés extérieurs et des sources de revenus, ces communautés se trouvent malgré tout en situation de sous-nutrition, caractérisée par une faible diversité alimentaire et des retards de croissance infantile. Cela suggère que les stratégies de conception de SAFC développées par les communautés locales ne suffiraient pas pour résoudre les situations de malnutrition et d'insécurité alimentaire.

► Associations céréales-niébé en Afrique subsaharienne : implications pour la fertilité des sols et la sécurité alimentaire

Les associations avec les légumineuses pour restaurer la fertilité des sols

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les rendements des cultures dans beaucoup de pays d'Afrique subsaharienne sont davantage limités par la faible disponibilité en nutriments que par la faible disponibilité en eau (Sánchez, 2002). Les sols sableux et acides sont très répandus et réagissent généralement peu aux apports d'engrais minéraux. Pour ces sols, il est donc conseillé d'apporter à la fois des amendements organiques et des engrais minéraux. Toutefois, la disponibilité des

amendements organiques est souvent limitée, notamment à cause de la compétition pour d'autres usages, en particulier pour l'alimentation du bétail. L'appauvrissement continu en nutriments de ces sols par les exportations agricoles, sans retour de ces nutriments sur les parcelles, entretient et aggrave ainsi l'infertilité des sols. Dans ce contexte, l'utilisation de plantes fixatrices d'azote dans les systèmes de culture peut aider à restaurer en partie la fertilité des sols (Giller et Cadisch, 1995), tout en offrant des opportunités de diversification pour les agriculteurs.

Le niébé (*Vigna unguiculata* L.Walp) est l'une des légumineuses les plus cultivées par les agriculteurs en Afrique subsaharienne, soit en rotation avec les cultures principales, soit en association (figure 12.2). C'est une plante tolérante à la sécheresse, qui produit davantage que d'autres légumineuses en conditions de pluies erratiques. Dans les régions subhumides, le niébé est souvent associé avec le maïs (*Zea mays* L.), tandis que dans les régions semi-arides, il est associé avec du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) ou du mil (*Pennisetum glaucum* L.R.Br). Nous avons réalisé une synthèse systématique des associations céréales-niébé en Afrique subsaharienne, et nous avons estimé que le niébé fixe en moyenne 36 kg N ha⁻¹ quand il est associé aux céréales (Namatsheve *et al.*, 2020). Le taux moyen annuel de déséquilibre (ou épuisement) en azote des terres agricoles en Afrique subsaharienne est estimé entre 22 et 30 kg N ha⁻¹ (Giller et Cadisch, 1995 ; Sánchez, 2002). Si les résidus de niébé étaient laissés dans les champs, cela pourrait contrebalancer ce déséquilibre en azote. La fixation biologique de l'azote par les légumineuses pourrait être améliorée par un choix adapté des variétés, par l'inoculation avec des souches de *Rhizobia*, le chaulage, ou l'apport de phosphore.

Les associations avec les légumineuses pour améliorer la productivité

Notre synthèse a montré une productivité globale des parcelles plus élevée quand le niébé est associé à du maïs, du sorgho ou du mil par rapport à des cultures pures, avec respectivement des surfaces équivalentes assolées de 1,42, 1,26 et 1,30 (Namatsheve *et al.*, 2020). Le rendement des céréales associées est légèrement mais significativement réduit, cependant la production totale de grains par hectare est plus élevée qu'en l'absence d'association. En Afrique de l'Est et australe, les agriculteurs ont ainsi souvent tendance à favoriser la monoculture du maïs, avec pour conséquences un appauvrissement des sols en nutriments et une plus forte vulnérabilité aux ravageurs et aux adventices. L'accès au marché et des prix attractifs pour les légumineuses sont donc cruciaux pour compenser les pertes de rendements du maïs cultivé en association et ainsi encourager une adoption plus large de ces systèmes.

Diversifier la production avec des cultures plus nutritives

Nous avons mené une expérimentation chez des agriculteurs du Zimbabwe avec des associations maïs-niébé pendant deux saisons (figure 12.2). Contrairement à plusieurs études qui montrent que les associations céréales-légumineuses peuvent améliorer la nutrition des plantes en fer et en zinc à travers différents processus rhizosphériques (Zuo et Zhang, 2009), nous n'avons pas trouvé de différence significative entre la

teneur en éléments minéraux des grains issus des associations et celle des cultures pures (Namatsheve *et al.*, 2021). Ainsi, l'association maïs-niébé n'est pas apparue comme une option de biofortification agronomique dans ces sols pauvres en nutriments. En revanche, la teneur en éléments minéraux (Fe, Zn, Mn, Cu, Ca, Mg, P, K) est apparue systématiquement plus élevée pour le niébé que pour le maïs. Ce résultat a des implications fortes, car les carences en fer et en zinc dans les populations sont très importantes, notamment au Zimbabwe, où 27 % des enfants de moins de cinq ans souffrent de retard de croissance en raison de carences en macro et micronutriments, et 29 % des femmes en âge de porter un enfant sont anémiées (Unicef, 2019). Une modification des régimes alimentaires en faveur d'une plus grande diversification alimentaire, incluant notamment des légumineuses, pourrait contribuer à résoudre ce problème (Bezner Kerr *et al.*, 2019). Toutefois, la teneur en micronutriments des grains peut fortement varier d'une saison à l'autre, car la nutrition des plantes est affectée par la disponibilité en eau et est ainsi impactée par la distribution et le cumul des pluies.



Figure 12.2. Système avec association maïs-niébé au Zimbabwe (©Rémi Cardinael).

► Expansion du palmier à huile et sécurité alimentaire en Indonésie : effets hétérogènes et inégalité

Diversifier les sources de revenus dans un but de sécurité alimentaire

La sécurité alimentaire ne concerne pas seulement la production. Elle couvre aussi la disponibilité, à des prix abordables, d'aliments durables d'un point de vue environnemental. De fait, la sécurité alimentaire est liée à la diversification et à

l'accès au marché, aussi bien des sources de revenus que du type de culture produite. Dans les pays en développement, où les ménages comptent plusieurs adultes impliqués dans des activités différentes, le revenu du ménage peut provenir d'autres sources que la production de culture de subsistance, comme les cultures de rente, le travail hors ferme, ou les transferts de fonds envoyés par les migrants. Il est vrai que la diversification des cultures peut aller à l'encontre des bénéfices attendus de la spécialisation dans l'activité la plus productive. Toutefois, la spécialisation dans une culture profitable requiert souvent des paiements en avance, afin de préparer la terre ou d'acheter semences et intrants, dépenses hors de portée pour beaucoup d'agriculteurs. La spécialisation accroît aussi la vulnérabilité à un accident de récolte ou aux fluctuations de prix de la culture choisie. Enfin, la monoculture intensive a un coût environnemental, en appauvrissant les sols.

L'exemple du palmier à huile en Indonésie montre l'importance de l'accès au marché en matière de sécurité alimentaire. Le palmier à huile est une plante pérenne, utilisée comme huile de cuisine, intrant industriel et biocarburant. La plante, productive au bout de trois ans, est cultivée entre 25 et 30 ans. De bonnes semences et une application annuelle d'engrais augmentent les rendements. Selon les données de la FAO, l'expansion du palmier à huile a été particulièrement rapide en Indonésie : la surface cultivée y est passée de 0,5 million à 12 millions d'hectares entre 1980 et 2017. L'Indonésie est désormais le premier producteur d'huile de palme, avec la moitié de la production mondiale. Le gouvernement indonésien considère que cet essor a joué un rôle déterminant dans la réduction de la pauvreté (Rival et Levang, 2013). Cependant, une partie de l'expansion a empiété sur les forêts¹⁷, entraînant une perte de biodiversité et une détérioration des sols (Dislich *et al.*, 2017). L'utilisation d'intrants chimiques dans ces systèmes de culture intensive a eu de nombreux impacts environnementaux (Bessou et Pardon, 2017).

Nous examinons l'impact de l'expansion des plantations de palmiers à huile sur les ménages ruraux d'Indonésie. Nous nous focalisons sur deux aspects liés à la sécurité alimentaire et à la diversification des cultures : d'une part, les effets d'équilibre général, qui relient les marchés de produits, et de facteurs, à travers la modification des prix locaux et des salaires ; et, d'autre part, la répartition des effets entre riches et pauvres.

Considérer, au-delà des producteurs de cultures alimentaires, tous les ménages vivant dans une communauté

Les ménages travaillant dans les plantations de palmiers à huile ne sont pas les seuls à avoir bénéficié de leur expansion. À travers des effets d'équilibre général sur les salaires locaux et les prix, cet essor a aussi profité aux autres ménages de la région. Les plantations industrielles requièrent des infrastructures, comme des routes, qui améliorent l'accès au marché pour d'autres biens. Nous comparons tous les ménages des localités où des plantations industrielles ont ouvert entre

17. Entre 1990 et 2008, 17 % de la déforestation ont été directement liés au palmier à huile en Indonésie (Cuypers *et al.*, 2013).

1995 et 2005 et des localités similaires, propices à la culture du palmier à huile mais encore dénuées de plantations en 2005. La longueur de la période permet de comparer les mêmes districts administratifs au cours du temps, en contrôlant les différences entre districts qui pourraient être liées à l'introduction du palmier à huile (telles que le contexte institutionnel ou historique).

Les effets redistributifs sont importants en matière de sécurité alimentaire

L'opinion publique associe souvent palmier à huile et plantations industrielles. Or, dans les faits, les petits planteurs représentent une part importante (environ 40 % de la surface cultivée en 2015). En outre, comme beaucoup de plantations industrielles ont obtenu la certification RSPO (*Roundtable on sustainable palm oil* – Table ronde sur l'huile de palme durable), le front d'expansion des plantations est désormais entre les mains des planteurs familiaux. Mais ceux-ci sont difficiles à identifier, du fait de leur diversité. Historiquement, le développement du palmier à huile en Indonésie s'est fondé sur l'association entre des entreprises d'huile de palme et les communautés locales. Les villageois octroient de la terre à une entreprise (créant le *nucleus*, le cœur de la plantation) ; en échange, l'entreprise ouvre des plantations familiales (les *plasma*), qui dépendent de l'entreprise principale pour le crédit, les semences, les inputs et les services d'extension. Les planteurs *plasma* livrent leurs fruits à l'huilerie de l'entreprise (qui doit les transformer en moins de deux jours après la récolte). D'autres planteurs sont *indépendants* : il s'agit de nouveaux entrants, ou d'anciens planteurs *plasma* qui ont remboursé leur dette à l'entreprise et restent, à des degrés divers, liés à l'huilerie industrielle. Aussi, les planteurs familiaux sont très hétérogènes en matière de statut, de taille et d'efficacité économique ou environnementale.

L'expansion du palmier à huile par les planteurs familiaux indépendants a probablement accru les inégalités. Contraints dans l'accès aux connaissances techniques, au capital et à des titres de propriété formels, les planteurs indépendants ne peuvent passer à des pratiques efficaces d'un point de vue économique et environnemental. Ils ne peuvent non plus lisser le risque lié aux fluctuations des prix internationaux.

Nous avons apparié les cartes des plantations industrielles (Austin *et al.*, 2017) sur plusieurs années, avec des enquêtes de consommation représentatives au niveau national, qui renseignent sur la localisation des ménages. Nous avons comparé la consommation alimentaire, dans les villages où des plantations de palmier à huile ont ouvert dans un rayon de 10 kilomètres entre 1995 et 2005, et dans des villages qui n'ont pas été touchés par ce développement. Nous avons ensuite estimé l'impact de la proximité à une plantation industrielle sur la répartition locale de la consommation. Nous avons regardé la part achetée (non produite) dans la consommation des ménages, un indicateur de l'accès au marché. Nous avons estimé que les ménages s'étaient plus appuyés sur les marchés pour leur nourriture lorsqu'ils vivaient près d'une plantation industrielle, et que ce changement a bénéficié aux pauvres plus qu'aux riches.

► Adopter des systèmes de production plus diversifiés et durables au Brésil : efficacité et pérennité des programmes REDD+

Des initiatives REDD+ pour réduire la déforestation en Amazonie

Certains systèmes de culture comme la production de soja ou l'élevage extensif pratiqués en Amazonie brésilienne ont des conséquences néfastes sur l'environnement – augmentation du ruissellement des engrais et des pesticides, surexploitation de la ressource en eau douce, émissions de gaz à effet de serre, perte de biodiversité – et trop importantes pour que ces systèmes soient maintenus. En réponse à ce problème, des initiatives infranationales financées par le programme REDD+ des Nations unies (Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts) prolifèrent depuis de nombreuses années en Amazonie brésilienne (Sills *et al.*, 2014). La plupart de ces initiatives sont des combinaisons de l'approche des projets intégrés de conservation et de développement (ICDP, en anglais) et de nouveaux instruments de conservation des forêts, comme les paiements pour services environnementaux. Ces initiatives prennent la forme de programmes de conservation dans lesquels les participants sont encouragés à éliminer complètement leur dépendance aux activités de déforestation en passant à des systèmes de production agricoles plus diversifiés et durables, *via* une agriculture plus intensive et une plus grande diversité de cultures notamment. Ces programmes visent à résoudre l'arbitrage entre préservation des ressources forestières et garantie de la sécurité alimentaire des petits exploitants (Duchelle *et al.*, 2017).

Le projet Sustainable Settlements in the Amazon, un projet phare de la programmation REDD+ au Brésil mis en œuvre entre 2013 et 2017, visait à freiner la déforestation, en offrant une assistance technique et des paiements conditionnels à 350 ménages pour le maintien du couvert forestier sur au moins la moitié de leurs terres. Les participants au projet vivaient dans 13 communautés situées dans les municipalités d'Anapu, Pacajá et Senador José Porfírio, près de la route transamazonienne BR-230, une zone caractérisée depuis toujours et encore aujourd'hui par une forte déforestation. Le projet cherchait à fournir une assistance technique à ces petits exploitants, à les aider à se conformer au Code forestier et à abandonner l'élevage extensif et l'agriculture sur abattis-brûlis. Ces actions visaient à faciliter la transition vers des pratiques agricoles plus diversifiées et durables, et à aider les petits exploitants à intensifier l'élevage et à diversifier la production végétale. Simonet *et al.* (2019) définissent ce projet comme un projet REDD+ à plusieurs composantes, combinant mesures incitatives, mesures dissuasives et assistance technique. Nous avons évalué les performances environnementales de ce projet à l'aide de données de télédétection en libre accès (Demarchi *et al.*, 2020).

Effacité des programmes REDD+

D'abord, nous avons reconstitué la perte de couvert forestier annuelle sur la période 2008-2018 de 21 492 exploitations agricoles de la région transamazonienne, en utilisant des données dérivées de deux ensembles de données sur le changement de la couverture terrestre : Global Forest Change (GFC) et Amazon Deforestation Monitoring Project (PRODES). Ensuite, nous avons évalué la cohérence de ces deux sources de données. Pour finir, nous avons estimé l'impact à long terme du projet, à l'aide de techniques micro-économétriques qui utilisent les niveaux de déforestation des non-participants pour reconstituer les niveaux de déforestation contrefactuels des participants au programme. Bien que les estimations des niveaux de déforestation à l'échelle des exploitations varient considérablement d'un jeu de données à l'autre, nous avons pu estimer qu'environ 2 hectares de forêt avaient été sauvés en moyenne sur chacune des 348 exploitations participantes au cours des trois premières années du programme, quelle que soit la source de données utilisée (figure 12.3). À l'aide des données GFC, nous avons montré que le groupe participant s'était écarté significativement de la trajectoire du groupe de contrôle pendant trois années consécutives (de 2013 à 2015). Nous avons pu mettre en évidence le même phénomène à l'aide des données PRODES (avec un décalage d'un an dû à la nature-même du jeu de données). De cette manière, nous avons démontré l'impact significatif du projet Sustainable Settlements in the Amazon sur la déforestation des participants.

Pérennité des effets des programmes REDD+

Nous avons également montré qu'à la fin du programme, les participants avaient repris le même rythme de déforestation que le groupe de contrôle. Toutefois, il est important de noter que le gain environnemental généré durant les trois premières années du programme n'a pas été annulé. En effet, aucun comportement de « rattrapage » n'a été observé dans le groupe participant. Autrement dit, le groupe des participants, dont la trajectoire s'était écartée de celle du groupe de contrôle, a retrouvé le même comportement que le groupe de contrôle après trois ans, mais l'écart de 2 hectares observé entre les deux groupes a été maintenu au moins deux années après la fin du programme (figure 12.3).

Ces résultats indiquent que les participants au programme ont accepté de modifier leur comportement pendant la durée du programme, pour finalement revenir à un modèle de « *business as usual* » après la fin du programme. Cela suggère que l'intervention n'a donc pas été suffisante pour déclencher un changement pérenne dans les comportements des agriculteurs. Toutefois, le gain environnemental généré au cours des trois premières années du programme n'a pas disparu par la suite, et il a persisté au moins jusqu'en 2018. Cette étude décrit ainsi une situation dans

laquelle l'effort de préservation de la biodiversité n'a pas pu être maintenu à l'issue du programme, car il entrait vraisemblablement en conflit avec l'objectif de sécurité alimentaire des populations qui ne sont pas parvenues à adopter des systèmes agricoles diversifiés et sont restées bloquées dans des systèmes agricoles basés sur la destruction de la ressource forestière.

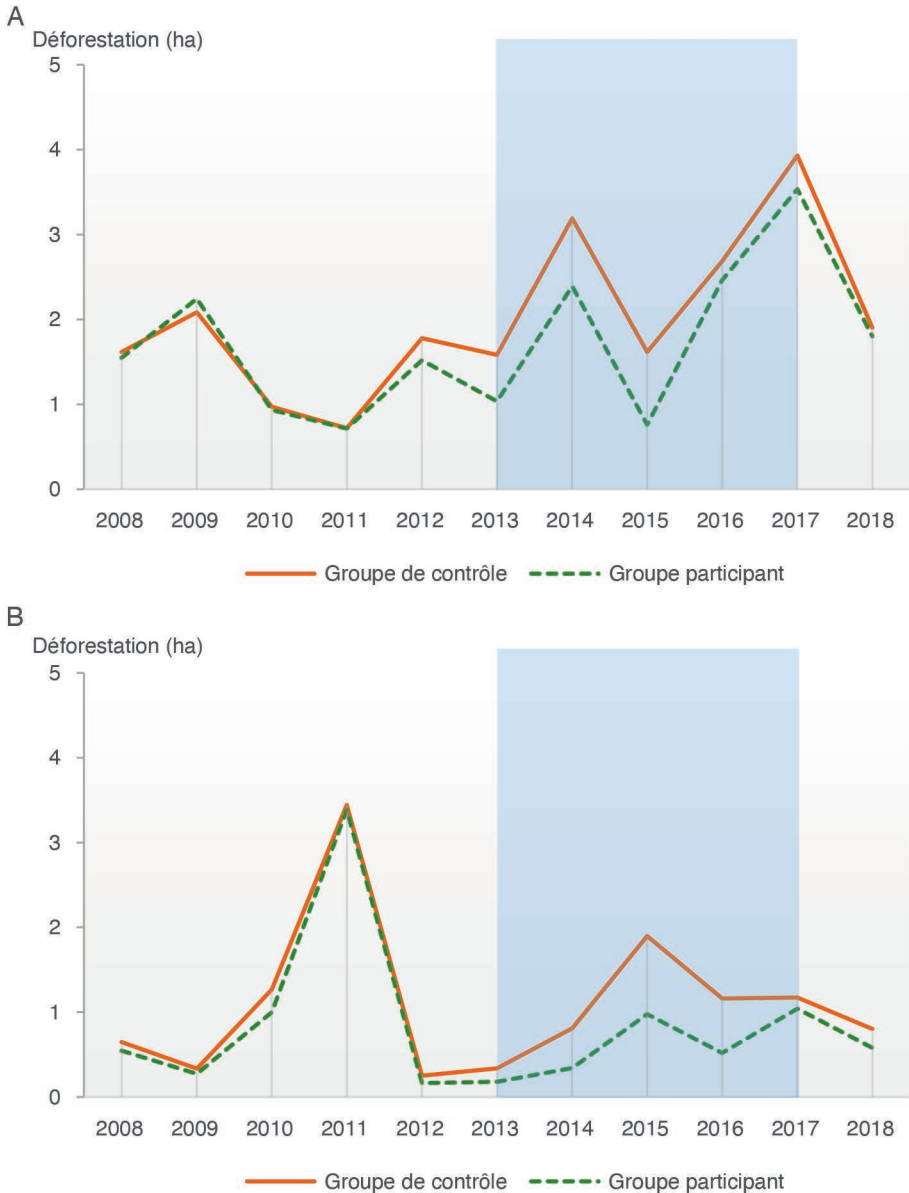


Figure 12.3. Impact du programme Sustained Settlements in the Amazon sur la déforestation à partir des données GFC (A) et PRODES (B). L'écart entre les deux courbes indique l'impact du programme (source : Demarchi *et al.*, 2020).

» Conclusion

Globalement, les résultats de ces différents projets mis en œuvre dans diverses régions du monde suggèrent que les stratégies de diversification, qu'il s'agisse de la diversification des systèmes de production ou de celle des sources de revenus, peuvent jouer un rôle clé dans le double objectif de préserver les ressources naturelles et d'assurer la sécurité alimentaire des populations. Plusieurs résultats importants ont été mis en évidence dans ce chapitre. D'abord, la diversification des systèmes de production basés sur l'agroforesterie est susceptible d'augmenter les rendements des cultures et de réduire la vulnérabilité des ménages en améliorant leur sécurité alimentaire. Ensuite, renoncer à la diversité des cultures au profit de la monoculture peut accroître les inégalités d'accès au marché des biens de consommation et ainsi menacer la sécurité alimentaire des ménages les plus vulnérables. Enfin, si des instruments tels que les paiements pour services environnementaux permettent de résoudre l'arbitrage entre ressources naturelles et sécurité alimentaire dans les zones tropicales à court terme, leur efficacité à long terme reste à démontrer.

» Remerciements

Les résultats de ce chapitre proviennent de cinq projets de recherche qui ont reçu un soutien financier du métaprogramme GloFoodS : Diversycao, Food&Forest, Perena, Serena et Soil2Crop.

» Références bibliographiques

- Austin, K., Mosnier, A., Pirker, J., McCallum, I., Fritz, S., Kasibhatla, P. (2017). Shifting patterns of oil palm driven deforestation in Indonesia and implications for zero-deforestation commitments *Land Use Policy*, 69, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.036>
- Bessou, C., Pardon, L. (2017). Environmental impacts of palm oil products: What can we learn from LCA? *Indonesian Journal of Life Cycle Assessment and Sustainability*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.52394/ijolcas.v1i1.2>
- Bezner Kerr, R., Kangmennaang, J., Dakishoni, L., Nyantakyi-Frimpong, H., Lupafya, E., Shumba, L., Msachi, R., Boateng, G.O., Snapp, S.S., Chitaya, A., Maona, E., Gondwe, T., Nkhonjera, P., Luginaah, I. (2019). Participatory agroecological research on climate change adaptation improves smallholder farmer household food security and dietary diversity in Malawi. *Agriculture, Ecosystems, & Environment*, 279, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.004>
- Brierley, C. K., Suarez, N., Arora, G., Graham, D. (2014). Healthcare access and health beliefs of the indigenous peoples in remote Amazonian Peru. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 90(1), 180–183. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.13-0547>
- Cuyppers D., Lust A., Geerken T., Gorissen L., Peters G., Karstensen, J., Prieler, S., Fisher, G., Hizsnyik, E., Van Velthuisen, H. (2013). The impact of EU consumption on deforestation: comprehensive analysis of the impact of EU consumption on deforestation. Final report. Publications Office, Luxembourg. <http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/1.%20Report%20analysis%20of%20impact.pdf>
- Da Silva, J., Dehevels, O., Mercier, S. (2018). Survey on agroforestry practices and Food security indicators. Diversycao project. GloFoodS 2017–2019.

- Demarchi, G., Subervie, J., Catry, T., Tritsch, I. (2020). Using publicly available remote sensing products to evaluate REDD+ projects in Brazil. CEE-M Working Paper Series <https://hal.inrae.fr/hal-02898225>
- Díaz, A., Arana, A., Vargas-Machuca, R., Antiporta, D. (2015). Health and nutrition of indigenous and nonindigenous children in the Peruvian Amazon. *Pan American Journal of Public Health*, 38(1), 49–56. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26506321/>
- Dislich, C., Keyel, A., Salecker, J., Kisel, Y., Meyer, K., Auliya, M., Barnes, A., Corre, M., Darras, K., Faust, H., Hess, B., Klasen, S., Knohl, A., Kreft, H., Mejjide, A., Nurdiansyah, F., Otten, F., Pe'er, G., Steinebach, S., Tarigan, S., Tölle, M., Tschardtke, T., Wiegand, K. (2017). A review of the ecosystem functions in oil palm plantations, using forests as a reference system. *Biological Reviews*, 92, 1539–1569. <https://doi.org/10.1111/brv.12295>
- Duchelle, A., de Sassi, C., Jagger, P., Cromberg, M., Larson, A., Sunderlin, W., Atmadja, S., Resosudarmo, I. A. P., Pratama, C. D. (2017). Balancing Carrots and Sticks in REDD+: Implications for Social Safeguards. *Ecology and Society*, 22(3), 2. <https://doi.org/10.5751/ES-09334-220302>
- Giller, K. E., Cadisch, G. (1995). Future benefits from biological nitrogen fixation: An ecological approach to agriculture. *Plant and Soil*, 174, 255–277. <https://doi.org/10.1007/BF00032251>
- Jayachandran, S., Laar, J. D., Lambin, E. F., Stanton, C. Y., Audy, R., Thomas, N. E. (2017). Cash for carbon: A randomized trial of payments for ecosystem services to reduce deforestation. *Science*, 357, 267–273. <https://doi.org/10.1126/science.aan0568>
- Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Zimmerer, K. S., de Haan, S., Carrasco, M., Meza, K., Cruz-García, G. S., Tello, M., Plasencia Amaya, F., Margot Marin, R., Ganoza, L. (2018). Farm-level agricultural biodiversity in the Peruvian Andes is associated with greater odds of women achieving a minimally diverse and micronutrient adequate Diet. *The Journal of Nutrition*, 148, 1625–1637. <https://doi.org/10.1093/jn/nxy166>
- Leroux, L., Jahel, C., Faye, N. F., Sirdey, N., Falconnier, G. N., Diouf, A. A., Bouquet, E. (2021), SERENA Project.
- Namatsheve, T., Cardinael, R., Corbeels, M., Chikowo, R. (2020). Productivity and biological N₂-fixation in cereal-cowpea intercropping systems in sub-Saharan Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00629-0>
- Namatsheve, T., Chikowo, R., Corbeels, M., Mouquet-Rivier, C., Icard-Vernière, C., Cardinael, R. (2021). Maize-cowpea intercropping as an ecological intensification option for low input systems in sub-humid Zimbabwe: Productivity, biological N₂-fixation and grain mineral content. *Field Crops Research*, 263, 108052. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108052>
- Rosenstock, T. S., Dawson, I. K., Aynekulu, E., Chomba, S., Degrande, A., Fornace, K., Jamnadas, R., Kimaro, A., Kindt, R., Lamanna, C., Malesu, M., Mausch, K., McMullin, S., Murage, P., Namoi, N., Njenga, M., Nyoka, I., Paez Valencia, A. M., Sola, P., Shepherd, K., Steward, P. (2019). A planetary health perspective on agroforestry in Sub-Saharan Africa. *One Earth*, 1(3), 330–344. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.017>
- Rival, A., Levang, P. (2013). *La Palme des controverses : palmier à huile et enjeux de développement*. Éditions Quae, Versailles.
- Roopsind, A., Sohngen, B., Brandt, J. (2019). Evidence that a national REDD+ program reduces tree cover loss and carbon emissions in a high forest cover, low deforestation country. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, 24492–24499. <https://doi.org/10.1073/pnas.1904027116>
- Sánchez, P. A. (2002). Soil fertility and hunger in Africa. *Science*, 295(5562), 2019–2020. <https://doi.org/10.1126/science.1065256>
- Sills, E. O., Atmadja, S. S., de Sassi, C., Duchelle, A. E., Kweka, D. L., Resosudarmo, I. A. P., Sunderlin, W. D. (Eds) (2014). REDD+ on the ground: A case book of subnational initiatives across the globe, Bogor, Indonesia: CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/005202>
- Simonet, G., Subervie, J., Ezzine-de-Blas, D., Cromberg, M., Duchelle, A. (2019). Effectiveness of a REDD+ project in reducing deforestation in the Brazilian Amazon. *American Journal of Agricultural Economics*, 101(1), 211–229. <https://doi.org/10.1093/ajae/aay028>

- Sinare, H., Gordon, L. J. (2015). Ecosystem services from woody vegetation on agricultural lands in Sudano-Sahelian West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 186–199. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.009>
- Unicef (2019). The state of the world's children 2019. Children, food and nutrition: Growing well in a changing world. UNICEF, New York. <https://www.unicef.org/reports/state-of-worlds-children-2019>
- Zalles, V., Hansen, M. C., Potapov, P. V., Stehman, S. V., Tyukavina, A., Pickens, A., Song, X. P., Adusei, B., Okpa, C., Aguilar, R., John, N., Chavez, S. (2019). Near doubling of Brazil's intensive row crop area since 2000. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(2), 428–435. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810301115>
- Zuo, Y., Zhang, F. (2009). Iron and zinc biofortification strategies in dicot plants by intercropping with gramineous species: A review. In Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S., Alberola, C. (Eds). *Sustainable Agriculture*. Springer, Dordrecht, pp. 571-582. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_35