Synthèses

DURABILITÉ DES SYSTÈMES POUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Combiner les approches locales et globales

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

éditions Quæ

Durabilité des systèmes pour la sécurité alimentaire

Combiner les approches locales et globales

Alban Thomas, Arlène Alpha, Aleksandra Barczak,
Nadine Zakhia-Rozis, coordinateurs

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex

Dans la collection Synthèses

L'antibiorésistance
Un fait social total
C. Harpet, coord.
2022, 240 p.

Assimilation de l'azote chez les plantes
Aspects physiologique, biochimique et moléculaire
J.-F. Morot-Gaudry, coord.
2022, 422 p.

La fabrique de la ville en transition
M. Fenker, I. Grudet, J. Zetlaoui-Léger, coord.
2022, 258 p.

La fabrique de l'agronomie
De 1945 à nos jours
J. Boiffin, T. Doré, F. Kockmann, F. Papy, P. Prévost, coord.
2022, 498 p.

Cet ouvrage a bénéficié du soutien financier d'INRAE.
Il est diffusé sous licence CC-by-NC-ND 4.0.

Pour citer cet ouvrage :
Thomas A., Alpha A., Barczak A., Zakhia-Rozis N. (coord.), 2024. *Durabilité des systèmes pour la sécurité alimentaire. Combiner les approches locales et globales*. Versailles, Quæ, 246 p. (coll. Synthèses).

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex
www.quae.com
www.quae-open.com

© Éditions Quæ, 2024
ISBN papier : 978-2-7592-3852-1
ISBN PDF : 978-2-7592-3853-8
ISBN ePub : 978-2-7592-3854-5
ISSN : 1777-4624

Sommaire

Préface 7

Avant-propos 11

Introduction 13

Partie 1
Gouvernance des systèmes alimentaires

Chapitre 1. La gouvernance est incontournable… mais est-ce vraiment ce que l'on croit ? 23

Analyser la sécurité alimentaire à travers le prisme de la gouvernance 24

Trois perspectives différentes sur la gouvernance de la sécurité alimentaire 26

Conclusion 33

Remerciements 34

Références bibliographiques 34

Chapitre 2. Effets de la gouvernance territoriale et des chaînes de valeur sur la sécurité alimentaire : exemples au Sénégal, au Maroc et en France 39

Au Sénégal, une gouvernance bouleversée par les investissements d'agrobusiness 41

Casablanca : une gouvernance en émergence, illustration de la zone industrielle de Ouled Hadda 44

Interventions foncières pour des projets agricoles en Île-de-France 46

Conclusion 48

Remerciements 49

Références bibliographiques 49

Partie 2
Liens entre offre agricole et besoins alimentaires et nutritionnels

Chapitre 3. Analyser la transition nutritionnelle à travers l'offre et la demande alimentaires : approches croisées en économie, gestion et nutrition 53

Les déterminants de la transition nutritionnelle 55

Quels leviers pour inverser la transition nutritionnelle de la consommation à la production agricole ? 58

Conclusion 60

Remerciements 61

Références bibliographiques 61

Chapitre 4. Chocs de production agricole : origines et impacts sur les prix des produits agricoles 65
Principaux facteurs biotiques et abiotiques responsables des chocs de production 66
Méthodes issues de la *data science* pour anticiper les chocs de production et évaluer leur impact sur les prix 69
Transmission de l'information dans les marchés de matières premières agricoles 73
Conclusion 76
Remerciements 76
Références bibliographiques 77

Chapitre 5. Régimes alimentaires et changement d'usage des terres à l'échelle globale : l'importance du cadre de modélisation 79
Trois cadres de modélisation contrastés 80
Les scénarios 83
Résultats 85
Conclusion 89
Remerciements 90
Références bibliographiques 90

PARTIE 3
INNOVATIONS AGROÉCOLOGIQUES ET DIVERSITÉ DES RÉGIMES ALIMENTAIRES

Chapitre 6. Reconnaître le rôle des femmes dans la sécurité alimentaire : études croisées sur l'alimentation familiale au Sénégal et au Nicaragua 95
Reconsidérer la contribution des femmes à la SAN 96
Cadre analytique des rapports de genre dans la SAN familiale 98
Le travail des femmes et l'inégalité de genre dans l'agriculture et les systèmes alimentaires au Nicaragua et au Sénégal 100
Conclusion 104
Remerciements 105
Références bibliographiques 105

Chapitre 7. Innovations agroécologiques, sécurité alimentaire et nutritionnelle pour les petits agriculteurs : une mise en perspective Afrique-Europe 109
Présentation des études de cas et des principaux résultats 110
Discussion et conclusion 120
Remerciements 121
Références bibliographiques 121

PARTIE 4
PROCÉDÉS DE TRANSFORMATION INNOVANTS POUR DES ALIMENTS DE QUALITÉ

Chapitre 8. Réduire les pertes et le gaspillage alimentaires dans les chaînes d'approvisionnement en viandes et en fruits : que peut apporter le génie des procédés alimentaires ? 125
Objectifs et approche méthodologique 126

Pertes et gaspillage tout au long de la chaîne d'approvisionnement en viandes...127
Pertes et gaspillage tout au long de la chaîne d'approvisionnement en fruits frais...130
Conception intelligente et technologies innovantes pour réduire les pertes et le gaspillage...132
Conclusion...136
Remerciements...136
Références bibliographiques...136

Chapitre 9. Huiles de palme artisanales : de la construction de la qualité dans le sud du Cameroun à la consommation à Yaoundé...139
Caractéristiques des fruits traités, des huileries artisanales et des conditions d'extraction dans la zone étudiée...140
Influence du type de fruits et du procédé d'extraction sur la composition et la qualité de l'HPR artisanale...142
Approvisionnement en huile de palme artisanale et industrielle et pratiques commerciales à Yaoundé...144
HPR : critère de choix, stratégie d'achat et consommation à Yaoundé...146
HPR : un ingrédient principal des plats locaux...148
Conclusion...150
Remerciements...151
Références bibliographiques...152

Partie 5
L'agroécologie pour promouvoir des chaînes de valeur résilientes

Chapitre 10. Ni tout à fait lui-même, ni tout à fait un autre : regards socio-économique et géographique sur la diversité et la résilience dans la transition agroécologique...157
La pasteurisation, une technique de contrôle et d'optimisation...158
Diversité des formes d'organisation dans le développement territorial...163
Conclusion...167
Remerciements...168
Références bibliographiques...168

Chapitre 11. Mobiliser l'agroécologie pour améliorer la production et la commercialisation du lait : enseignements tirés d'études de cas au Burkina Faso, en France et en Inde...171
Production et commercialisation du lait : tendances actuelles dans trois régions contrastées...172
L'agroécologie dans les systèmes de production et de commercialisation du lait...178
Discussion et conclusion...181
Remerciements...183
Références bibliographiques...184

PARTIE 6
MOBILISER LES RESSOURCES LOCALES COMME LEVIER DE LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Chapitre 12. Sécurité alimentaire et ressources naturelles : stratégies de diversification 189
Diversifier les systèmes agricoles pour améliorer la sécurité alimentaire des parcs agroforestiers sahéliens 190
Agroforesterie à base de cacaoyers en Amazonie péruvienne : une plus grande biodiversité cultivée améliore-t-elle la sécurité alimentaire ? 192
Associations céréales-niébé en Afrique subsaharienne : implications pour la fertilité des sols et la sécurité alimentaire 195
Expansion du palmier à huile et sécurité alimentaire en Indonésie : effets hétérogènes et inégalité 197
Adopter des systèmes de production plus diversifiés et durables au Brésil : efficacité et pérennité des programmes REDD+ 200
Conclusion 203
Remerciements 203
Références bibliographiques 203

Chapitre 13. Les biodéchets alimentaires en zone urbaine : une ressource pour l'économie circulaire entre villes et agriculture 207
Comment réduire l'impact des biodéchets alimentaires urbains grâce à l'économie circulaire ? 209
Le métabolisme territorial : une méthode pour la quantification et la qualification des biodéchets urbains 211
Recyclage des biodéchets alimentaires urbains par l'élevage 216
Conclusion 219
Remerciements 220
Références bibliographiques 220

Chapitre 14. Le maraîchage pour les villes africaines : contributions, défis et innovations au regard de la sécurité alimentaire 223
Contributions du maraîchage à la sécurité alimentaire 224
Évolution des systèmes de production et réduction des impacts environnementaux 225
Des pistes d'innovations pour un maraîchage plus durable 229
Conclusion 233
Remerciements 233
Références bibliographiques 233

Conclusion GloFoodS : un acteur et un marqueur des transformations profondes de l'agenda international 237

Liste des auteurs 241

Préface

Les systèmes alimentaires, que l'on peut définir comme l'ensemble des activités et des acteurs reliant la production, le transport, le stockage, la transformation, la restauration, la distribution, la préparation, la consommation et la gestion des déchets et des ressources alimentaires, ainsi que les fournisseurs d'intrants agricoles et toutes les institutions de régulation associées, représentent une part considérable des activités et des moyens de subsistance des êtres humains. Ils sont également au centre des principaux défis de l'humanité : changement climatique, santé humaine et environnementale, érosion de la biodiversité, développement humain équitable et, naturellement, sécurité alimentaire et nutritionnelle.

La sécurité alimentaire et nutritionnelle est ainsi un domaine de recherche majeur dans le champ de l'alimentation, de l'agriculture et de l'environnement. Pour atteindre la sécurité alimentaire mondiale, il faut trouver des moyens de transformer nos systèmes alimentaires afin de fournir une alimentation durable, saine et accessible à tous les êtres humains, qui seront près de 10 milliards vers 2050. Les nouvelles voies à suivre devraient englober toutes les dimensions de la sécurité alimentaire : la disponibilité des produits agricoles et alimentaires, l'accès à la nourriture et son utilisation, ainsi que la stabilité de l'approvisionnement alimentaire. Concevoir et accompagner les transitions des systèmes agricoles et alimentaires et atteindre la sécurité alimentaire mondiale couvrent ainsi un ensemble extrêmement vaste de questions, de disciplines scientifiques et d'échelles d'analyse. Il n'est donc pas surprenant que le Cirad et INRAE (alors Inra), les deux principales institutions françaises de recherche agronomique, se soient engagés dans un programme de recherche commun sur la sécurité alimentaire. GloFoodS (Transitions pour la sécurité alimentaire globale) a été lancé en 2014 en tant que « métaprogramme », une initiative de l'Inra visant à relever un défi spécifique avec une perspective interdisciplinaire, un budget dédié et une feuille de route partagée par les parties prenantes. Mais ce qui a véritablement fait l'originalité de GloFoodS, c'est l'idée de développer pour la première fois un métaprogramme comme une initiative conjointe Cirad-INRAE et de réunir les compétences scientifiques multidisciplinaires des deux instituts pour explorer les quatre dimensions de la sécurité alimentaire, tout en intégrant celle des politiques publiques.

Le programme phare GloFoodS (2014 à 2020) a été une expérience unique de gestion conjointe de la recherche pour le Cirad et INRAE. Il a été motivé par l'importance stratégique de la sécurité alimentaire comme sujet de recherche dans les plans stratégiques respectifs des deux instituts, ainsi que par la nécessité de gagner en visibilité dans les forums internationaux traitant des enjeux mondiaux et incluant la gouvernance de la sécurité alimentaire. Au-delà de l'analyse assez classique de l'équilibre entre l'offre agricole et la demande alimentaire, ainsi que du rôle des modèles de gouvernance de la sécurité alimentaire, GloFoodS a ajouté cinq autres domaines de recherche : les tendances et la variabilité des rendements des cultures et des animaux d'élevage ; le potentiel agricole de nouvelles terres mises en production ; les innovations relatives aux produits, aux procédés technologiques et aux approches

organisationnelles pour limiter le gaspillage alimentaire ; les déterminants des transitions nutritionnelles et leurs impacts sur la santé et l'environnement ; et les liens entre l'accès des ménages à l'alimentation et la pauvreté.

Lorsque le métaprogramme s'est achevé fin 2020, les responsables scientifiques de GloFoodS ont proposé une série d'événements de sensibilisation, dont un atelier final. Ils ont également formé un comité scientifique chargé de coordonner un ouvrage collectif rédigé à partir de résultats de recherche obtenus avec le soutien du métaprogramme GloFoodS. Comme le lecteur peut le constater en parcourant le sommaire, le large éventail de sujets et de champs et disciplines scientifiques correspond à l'étendue de l'objectif initial de GloFoodS lorsqu'il a été lancé par nos deux institutions. Le métaprogramme couvre une variété de domaines et de défis, allant de la gouvernance de la sécurité alimentaire à l'impact des transitions alimentaires et nutritionnelles sur les systèmes et les pratiques agricoles, l'équilibre mondial entre la production et la disponibilité des aliments, le défi de la réduction du gaspillage alimentaire par l'optimisation des procédés alimentaires, les moteurs de la transition agroécologique dans les pays en développement et les pays industriels, et les relations entre la sécurité alimentaire, l'accès à la terre et aux ressources naturelles au niveau local.

En améliorant la production conjointe de connaissances scientifiques sur les questions liées à la sécurité alimentaire par le Cirad et INRAE, GloFoodS a également contribué à renforcer la position de nos institutions de recherche dans les débats publics et les initiatives internationales sur la sécurité alimentaire. Il est clair que la sécurité alimentaire mondiale restera pendant un certain temps à l'ordre du jour des recherches du Cirad et d'INRAE, comme le démontrent nos priorités et nos objectifs (document stratégique INRAE 2030, stratégie scientifique et partenariale du Cirad 2019-2023).

Pour INRAE, cela est particulièrement vrai pour l'une de ses cinq priorités scientifiques détaillées dans le document stratégique INRAE 2030 (INRAE2030 – Partageons la science et l'innovation pour un avenir durable) : « Accélérer les transitions agroécologique et alimentaire, en tenant compte des enjeux économiques et sociaux ». Dans le cadre de cette priorité générale, une première proposition consiste à renforcer notre compréhension des processus de transition et des défis de la sécurité alimentaire, notamment en modélisant et en évaluant des scénarios prospectifs d'évolution de l'offre et de la demande alimentaire à l'échelle mondiale ; en analysant la variété des systèmes alimentaires du point de vue de leur autonomie et de leur résilience à différentes échelles ; et en étudiant l'évolution des structures agricoles et des facteurs de production, y compris la terre et le travail, leur autonomie par rapport aux politiques de soutien public et leur vulnérabilité aux risques mondiaux (climat, marchés, etc.). Une deuxième proposition concerne la conception de systèmes alimentaires sains et durables accessibles à tous. Parmi les exemples d'objectifs spécifiques, on peut citer une compréhension plus complète des facteurs de changement des systèmes alimentaires à l'échelle mondiale et locale, et l'évaluation des impacts sanitaires, économiques, sociaux et environnementaux de ces changements.

Pour le Cirad, qui travaille spécifiquement sur les systèmes alimentaires dans les pays du Sud, quatre des six champs thématiques stratégiques de son document « Objectifs

de stratégie scientifique et partenariale » (OSSP2 couvrant la période 2019-2023) sont directement liés aux systèmes alimentaires et aux questions de recherche de GloFoodS : développer une ingénierie des transitions agroécologiques, appréhender les territoires comme leviers de développement durable et inclusif, accompagner la transition vers des systèmes alimentaires plus durables et inclusifs, et soutenir toutes les agricultures du Sud face au changement climatique. Le Cirad est convaincu que les systèmes alimentaires doivent évoluer pour pouvoir produire plus et mieux, répondre à tous les principes de l'agroécologie et, *in fine*, améliorer la sécurité alimentaire, composante centrale du lien développement-santé-climat-environnement.

Le Sommet des Nations unies sur les systèmes alimentaires (UNFSS) qui s'est tenu en 2021 est un appel fort à l'action, où les dirigeants attendent des gestes audacieux et des décisions en rupture. Les communautés scientifiques du monde entier se sont mobilisées pour cet événement. Nos institutions de recherche ont le devoir de produire des connaissances scientifiques pour lesquelles les partenariats internationaux sont essentiels, de donner des orientations aux décideurs et, enfin, de susciter de véritables changements. Nous espérons que les lecteurs de la version française de ce livre (la version anglaise a paru en juin 2022) seront intéressés à en savoir davantage sur les communautés scientifiques du Cirad et d'INRAE qui travaillent sur les nombreuses dimensions de la sécurité alimentaire et qu'ils trouveront dans cet ouvrage de nouvelles perspectives sur ce thème.

Michel Eddi, ancien PDG du Cirad, et Philippe Mauguin, PDG d'INRAE

Avant-propos

La sécurité alimentaire et nutritionnelle désigne le défi consistant à fournir une alimentation durable, saine et accessible à tous les êtres humains. Elle comprend communément quatre dimensions couvrant des questions qui se chevauchent : disponibilité, accès, utilisation et stabilité. Cet immense défi nécessite une transformation des systèmes alimentaires mondiaux et la mobilisation de toutes les parties prenantes et des décideurs politiques sur la base de connaissances et de preuves scientifiques. Le besoin de connaissances intersectorielles et plus intégrées est évident, c'est pourquoi deux grands organismes français de recherche agronomique, le Cirad et l'Inra (devenu INRAE en 2020), ont mené entre 2014 et 2020 un ambitieux programme phare interdisciplinaire sur les transitions pour la sécurité alimentaire mondiale : le métaprogramme GloFoodS. Ce métaprogramme a fait appel aux compétences scientifiques pluridisciplinaires et à l'expérience internationale des deux institutions pour explorer l'équilibre et les écarts entre l'offre agricole et les besoins alimentaires et le rôle des modes de gouvernance de la sécurité alimentaire, tout en tenant compte de l'impact potentiel du changement global. Il a exploré différentes échelles, du niveau mondial au niveau des ménages. Entre 2014 et 2020, il a financé 45 projets de recherche (impliquant 35 doctorants). La plupart de ces projets ont mobilisé des partenaires universitaires internationaux et souvent aussi des acteurs autres que ceux venant du monde de la recherche dans plus de 25 pays. Ils ont couvert un large éventail de sujets concernant la sécurité alimentaire et nutritionnelle en réponse à quatre questions primordiales : Comment l'évolution de la production agricole affecte-t-elle les transitions alimentaires des ménages et leur accès à la nourriture ? Comment interagit-elle avec l'efficacité et la durabilité des systèmes alimentaires, en particulier concernant les pertes et le gaspillage ? Comment la gouvernance impacte-t-elle les systèmes de production agricole et l'utilisation des terres ? Comment les transitions alimentaires affectent-elles l'équilibre entre la disponibilité alimentaire, les systèmes de production agricole et l'utilisation des terres ?

Le métaprogramme GloFoodS a contribué à la recherche internationale sur la sécurité alimentaire sur plusieurs plans. Premièrement, il a combiné des approches originales en agronomie, sciences de l'environnement, nutrition, économie et sociologie, entre autres disciplines, tout en adoptant un point de vue global. Deuxièmement, il a mis en relation les composantes du changement global (changement climatique, érosion de la biodiversité, changements à grande échelle de l'occupation des sols, accroissement de la population mondiale, etc.) avec les transitions nutritionnelles des populations et l'impact de ces transitions sur les chaînes agroalimentaires. Ce positionnement global a naturellement été combiné avec des approches locales afin de comparer les résultats régionaux des scénarios globaux avec les observations à une échelle géographique plus fine. Le métaprogramme GloFoodS a donc abordé des questions relatives aux sciences agricoles, aux systèmes d'élevage, à la modélisation globale, aux changements d'usage des terres, aux modèles économiques et sociologiques dans les zones rurales, aux technologies agroalimentaires, à la nutrition et à la gouvernance

de la sécurité alimentaire. Enfin, il a permis de produire des recherches originales aux interfaces des défis de la sécurité alimentaire qui sont souvent très spécialisés en matière de domaines et de disciplines.

Cet ouvrage propose une sélection de résultats issus de projets de recherche financés par GloFoodS. Les résultats abordent la question de la gouvernance des systèmes alimentaires, les liens entre l'offre agricole et les besoins alimentaires et nutritionnels, les innovations agroécologiques et la diversité alimentaire, les défis de la transformation innovante des aliments de haute qualité, l'agroécologie et les chaînes de valeur alimentaires résilientes, et la gestion des ressources locales comme moteur de la sécurité alimentaire.

Conduire le métaprogramme GloFoodS sur cette période a été un formidable défi scientifique et humain pour nous et pour la communauté scientifique impliquée au Cirad et à INRAE. Nous espérons que ce livre sera utile aux lecteurs intéressés par les transitions vers la sécurité alimentaire mondiale et que l'enthousiasme avec lequel nous avons accompagné les chercheurs participants se reflétera tout au long de ses pages.

Alban Thomas, INRAE, et Étienne Hainzelin, Cirad, codirecteurs de GloFoodS

Introduction

Alban Thomas, Arlène Alpha, Aleksandra Barczak,
Nadine Zakhia-Rozis

La sécurité alimentaire mondiale est systématiquement associée au défi consistant à fournir une alimentation durable, saine et accessible à tous les êtres humains, dont la population totale devrait atteindre entre neuf et dix milliards d'habitants aux alentours de 2050. La définition de la sécurité alimentaire adoptée lors du Sommet mondial de l'alimentation en 1996 était la suivante : « La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active. » À partir de cette définition, et de sa version abrégée (« accès adéquat à la nourriture pour tous à tout moment pour une vie active et saine »), quatre dimensions de la sécurité alimentaire sont généralement acceptées : disponibilité, accès, utilisation et stabilité. Ces dimensions englobent des questions spécifiques ou qui se chevauchent.

Tout d'abord, la disponibilité des aliments dépend de la capacité des systèmes alimentaires mondiaux à produire des aliments en quantité et en qualité nécessaires. La deuxième dimension concerne l'accès à la nourriture et est liée aux problèmes de pauvreté et d'inégalités sociales qui limitent la possibilité d'accéder à une alimentation suffisante et équilibrée pour une grande partie de la population mondiale. Troisièmement, la consommation alimentaire finale aborde la question des transitions alimentaires en cours, les conséquences de la sous-nutrition et du surpoids et de l'obésité, et le double fardeau qui en résulte. Quatrièmement, la plupart des étapes des systèmes alimentaires (culture et élevage, chaîne agroalimentaire, commerce de détail, etc.) doivent faire face au problème de la volatilité des prix et du risque à la fois sur les marchés et dans la chaîne d'approvisionnement, ce qui entraîne une instabilité des prix de marché. En outre, chacune de ces quatre dimensions est influencée par les changements mondiaux déjà en cours, notamment le changement climatique, mais aussi l'épuisement ou la dégradation des ressources naturelles et les transitions démographiques et énergétiques.

La sécurité alimentaire devient encore plus complexe lorsque l'on prend en compte la question de l'échelle d'analyse, du type d'acteurs impliqués dans les systèmes alimentaires et des zones géographiques étudiées. Plus précisément, le concept est

pertinent à l'échelle mondiale (comment nourrir le monde dans les décennies à venir ?) et à l'échelle locale (comment concevoir des systèmes alimentaires plus durables au niveau des communautés locales ?), ainsi que pour différents contextes (systèmes alimentaires urbains et gestion des déchets solides urbains, moyens de subsistance durables dans les zones rurales). Avoir accès à une quantité suffisante d'aliments sains est bien sûr une préoccupation majeure dans les pays en développement, mais c'est aussi un problème pour les segments de population vulnérables dans les pays développés. Du côté des producteurs, l'amélioration des systèmes de culture et d'élevage est également pertinente pour un large éventail de régions géographiques, afin de s'assurer qu'ils impactent moins l'environnement et qu'ils ne mettent pas en péril la disponibilité des ressources naturelles pour les générations futures.

Au vu de ce bref exposé des défis considérables qu'implique l'objectif de sécurité alimentaire pour l'organisation et la performance des systèmes alimentaires dans leurs étapes de production agricole, de transformation des aliments, de distribution et de consommation finale, il est clair que la sécurité alimentaire nécessite un effort interdisciplinaire important.

Cet ouvrage présente un ensemble de chapitres rédigés par des chercheurs du Cirad et d'INRAE, qui ont été coordinateurs ou participants aux projets de recherche financés par le métaprogramme GloFoodS de 2014 à 2020. Si ces chapitres ne forment pas une liste exhaustive de tous les sujets, approches ou défis mondiaux ou régionaux de la sécurité alimentaire, ils sont néanmoins représentatifs des recherches interdisciplinaires menées avec le soutien de GloFoodS. Par rapport à d'autres contributions collectives publiées sur la sécurité alimentaire, cet ouvrage présente des résultats de recherche récents correspondant, selon nous, à un champ plus large de disciplines et de dimensions de la sécurité alimentaire. Une autre source d'originalité réside dans la variété des échelles d'analyse ainsi que dans la combinaison d'approches locales et globales de la sécurité alimentaire.

L'ouvrage est divisé en six parties de deux à trois chapitres chacune. La première partie aborde la question de la gouvernance des systèmes alimentaires.

Le chapitre 1, rédigé par Arlène Alpha, Antoine Bernard de Raymond, Sandrine Fréguin-Gresh et Allison Loconto, utilise la gouvernance de la sécurité alimentaire comme cadre d'analyse pour montrer que les discours d'une multiplicité d'acteurs sur la sécurité alimentaire peuvent avoir un effet sur sa gouvernance plus important que celui provenant de débats structurés et de politiques formelles. Les auteurs illustrent l'opérationnalité de leur cadre d'analyse de la gouvernance en mettant en avant les conséquences que peuvent avoir un cadrage particulier de la sécurité alimentaire et les instruments qui lui sont associés sur la façon de gouverner la sécurité alimentaire à travers trois études de cas : un programme alimentaire national au Nicaragua, l'agenda de la résilience et son opérationnalisation au Sahel, et la modélisation de l'utilisation des terres. Ces études de cas démontrent l'utilité des approches mobilisées pour l'analyse de la sécurité alimentaire en révélant comment des instruments apparemment neutres ont le pouvoir de limiter les possibilités d'action et, partant, de façonner les comportements des acteurs.

Le chapitre 2, rédigé par Céline Bignebat, Romain Melot, Paule Moustier, Emmanuel Raynaud et Guillaume Soullier, explore la gouvernance des terres et

des chaînes de valeur alimentaires et son impact sur les moyens de subsistance des populations. Les auteurs partent du constat que la littérature prend de plus en plus en compte le rôle des moyens de subsistance des agriculteurs dans la promotion de la sécurité alimentaire, y compris l'accès à la terre et aux marchés, les politiques publiques, les actions des macro-acteurs privés dans les transactions foncières et le commerce des produits agricoles, ainsi que la gouvernance foncière associée à la gouvernance des chaînes de valeur. Les études de cas associent la gouvernance territoriale à la gouvernance de la chaîne de valeur par le biais des agrobusiness (Sénégal), analysent le développement d'une zone industrielle sous l'impulsion d'investisseurs publics (Maroc) et détaillent les leviers locaux de régulation de l'utilisation des terres (France).

La deuxième partie concerne les liens entre l'offre agricole et les besoins alimentaires et nutritionnels.

Le chapitre 3, rédigé par Sophie Drogué, Sandrine Costa, Michel Simioni, Viola Lamani, Marie-Josèphe Amiot et Caroline Méjean, aborde la transition nutritionnelle à travers l'offre et la demande alimentaires en utilisant des approches croisées en économie, en gestion et en nutrition. Les auteurs considèrent différents contextes de transition nutritionnelle pour explorer les changements globaux (notamment la dynamique de l'offre alimentaire disponible et l'urbanisation) et les transformations sociétales qui génèrent des changements de régime alimentaire. Ce chapitre étudie également certains des leviers permettant de freiner la transition nutritionnelle, centrés sur les perceptions et les croyances des consommateurs et leur statut socio-économique. La première étude de cas porte sur la qualité nutritionnelle des importations alimentaires aux Antilles françaises, avec l'identification des déterminants socio-économiques de la demande alimentaire, dans un contexte où l'offre alimentaire est fortement dépendante des importations. La seconde étude de cas s'intéresse aux déterminants socio-démographiques de la transition nutritionnelle au Vietnam, en tenant compte des changements de comportements et d'habitudes alimentaires au sein de la population étudiée.

Le chapitre 4, rédigé par David Makowski, Rotem Zelingher et Christophe Gouël, explore les origines des chocs dans la production agricole et leurs impacts sur les prix du marché des produits agricoles. À partir d'une revue de la littérature sur les chocs dans la production agricole, les auteurs identifient les principaux facteurs déterminant ces chocs pour proposer une hiérarchie des facteurs ayant le plus d'impact. Ils montrent également que ces facteurs sont souvent interdépendants, ce qui rend difficile la prévision du rendement des cultures. Sur la base de projets de recherche récents, ils montrent le potentiel de l'apprentissage automatique (*machine learning*) et des modèles probabilistes pour ouvrir une nouvelle voie dans la prévision des chocs de production et de leurs impacts sur les prix agricoles. Ce potentiel est lié au développement des bases de données en libre accès et d'algorithmes puissants récents. Enfin, les auteurs discutent des mécanismes économiques qui relient les prévisions de production saisonnières aux impacts sur le marché, et montrent comment l'amélioration des prévisions de production pourrait réduire la volatilité des prix.

Le chapitre 5, rédigé par Patrice Dumas, Agneta Forslund et Chantal Le Mouël, explore le rôle des cadres de modélisation pour représenter les régimes alimentaires

et les changements d'utilisation des terres à l'échelle mondiale. Partant du constat que les études existantes rapportent des résultats très différents sur l'ampleur des impacts environnementaux des régimes alimentaires à l'échelle mondiale, les auteurs plaident pour plus de transparence dans la communication des résultats de simulation de scénarios identiques obtenus à partir de plusieurs modèles différents. Le chapitre met en évidence les principaux mécanismes impliqués dans les différents modèles et montre dans quelle mesure ces mécanismes expliquent les résultats divergents, contribuant ainsi à clarifier les débats. Les auteurs se concentrent sur les impacts en matière de changements d'utilisation des terres causés par les changements de régime alimentaire, et simulent quatre régimes alimentaires contrastés avec trois modèles basés sur des cadres de modélisation différents, y compris un modèle de bilan de la biomasse, afin d'élargir le spectre des cadres de modélisation considérés.

La troisième partie traite des innovations agroécologiques favorisant la diversité alimentaire.

Le chapitre 6, rédigé par Sandrine Fréguin-Gresh, Danièle Clavel, Hélène Guétat-Bernard, Geneviève Cortès, Valentina Banoviez-Urrutia et Sandrine Dury, concerne l'évaluation du rôle des femmes dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Bien que le rôle des femmes dans les activités liées à l'alimentation soit largement reconnu, peu d'études documentent le rôle du genre dans les systèmes agricoles et alimentaires ou la relation entre le genre et la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Sur la base d'une analyse transversale de deux études de cas (Sénégal et Nicaragua), les autrices abordent les rôles joués par les femmes pour assurer l'accès à la nourriture pour leurs ménages, notamment grâce aux jardins agroécologiques, la manière dont ces rôles sont maintenus ou reconfigurés dans le temps, et la façon dont les femmes négocient des espaces d'action au sein des espaces productifs et domestiques afin de garantir la sécurité alimentaire des ménages.

Le chapitre 7, rédigé par Ludovic Temple, Éric Malézieux, Denis Gautier, Christine Aubry, Jeanne Pourias, Raul Puente Asuero et Hubert de Bon, traite des innovations agroécologiques, de la sécurité alimentaire et nutritionnelle et de la sécurité sanitaire des aliments, à l'échelle des petits agriculteurs, dans des perspectives africaine et européenne. Les auteurs abordent la question de la contribution directe ou indirecte des innovations agroécologiques à l'amélioration de la disponibilité et de l'accessibilité des produits alimentaires de qualité. Cette question de la qualité (englobant les dimensions nutritionnelles, sanitaires et organoleptiques) concerne les agriculteurs et les praticiens de diverses formes d'agriculture urbaine qui souhaitent renforcer leur sécurité alimentaire. Le chapitre examine les liens entre les méthodes agricoles et la diversité alimentaire à travers une analyse croisée des résultats de trois études de cas contrastées en Afrique et en Europe, en examinant la diversité de ces liens, les méthodes utilisées et les obstacles rencontrés.

La quatrième partie aborde les défis de la transformation innovante des aliments de haute qualité.

Le chapitre 8, rédigé par Alain Kondjoyan, Valérie Guillard, Pierre-Sylvain Mirade, Thierry Goli, Antoine Collignan, Élodie Arnaud, Sandrine Costa, Nathalie Gontard et Nadine Zakhia-Rozis, traite de la question des pertes alimentaires et de la réduction des déchets dans les filières viande et fruits, et de la manière dont l'ingénierie alimentaire pourrait apporter des solutions. Les auteurs se concentrent

sur la réduction de la quantité et de la qualité des aliments aux stades de la transformation, de la distribution et de la consommation, en raison d'un manque de technologies de transformation et de conservation adéquates, voire d'une mauvaise compréhension de ces technologies. Ils étudient comment l'impact des technologies de transformation peut être quantifié en matière d'atténuation des pertes et du gaspillage alimentaires dans les chaînes de viande et de fruits frais, par exemple en prolongeant la durée de conservation du produit et en développant des technologies de transformation et de conservation innovantes. Ils proposent des pistes pour réduire davantage les pertes dans ces chaînes de valeur, grâce à des technologies de transformation et de conservation optimisées, en utilisant une approche intégrée de l'ingénierie alimentaire.

Le chapitre 9, rédigé par Sylvain Rafflegeau, Germain Kansci et Claude Genot, explore les filières alimentaires de l'huile de palme rouge artisanale au Cameroun, de la conception de la qualité du produit à sa consommation. Ce chapitre vise à comprendre les liens entre la qualité physico-chimique et nutritionnelle et les conditions de production de l'huile de palme rouge artisanale du Sud-Cameroun, et à identifier les déterminants du choix des consommateurs pour des applications culinaires spécifiques. Les auteurs établissent un lien entre les caractéristiques de qualité des huiles de palme rouge artisanales et leurs conditions de production, et utilisent des enquêtes de terrain pour représenter les circuits de commercialisation et de distribution de l'huile de palme rouge depuis les producteurs industriels et artisanaux jusqu'aux marchés de Yaoundé. Leur analyse s'étend à la perception de la qualité du produit par les consommateurs et à l'identification des différents usages de l'huile de palme rouge dans les plats locaux. Enfin, ce chapitre propose une analyse prospective de la production et de la consommation de l'huile de palme, aux échelles artisanale et industrielle.

La cinquième partie porte sur l'agroécologie et les chaînes de valeur alimentaires résilientes.

Le chapitre 10, rédigé par Geneviève Teil et Sylvie Lardon, concerne les perspectives socio-économiques et géographiques de la diversité, de l'identité et de la résilience dans la transition agroécologique. Les autrices considèrent le concept de résilience comme le résultat d'une activité de transformation qui s'appuie sur des savoir-faire, des actions collectives et des méthodes de coordination entre acteurs. Elles proposent une perspective multidisciplinaire combinant socio-économie et géographie, avec des exemples en France, en Italie et au Brésil pour montrer comment les acteurs utilisent l'hybridation des modes de production, la commercialisation et les interactions multi-acteurs pour se différencier. Les autrices discutent la manière dont l'hybridation favorise des activités agricoles et alimentaires durables, tout en s'alignant sur les stratégies individuelles et collectives des acteurs, contribuant ainsi aux dynamiques de développement territorial.

Le chapitre 11, rédigé par Éric Vall, Claire Aubron, Stéphane Ingrand, Marie-Odile Nozières-Petit, Mathieu Vigne, Marie Dervillé, Étienne Sodré et Charles-Henri Moulin, traite de la mise à profit de l'agroécologie pour améliorer la production et la commercialisation du lait. Les auteurs proposent une approche originale de la transition agroécologique, basée sur des études de cas portant sur des systèmes de production laitière à faible niveau d'intrants ou agropastoraux, majoritairement

familiaux, au Burkina Faso, en Inde et en France. Ils considèrent l'agroécologie comme un moyen d'accroître la demande en produits laitiers tout en tenant compte de la durabilité des ressources naturelles et des écosystèmes. Le chapitre examine la place de l'agroécologie dans chaque situation, selon le cadre de la FAO, et discute les défis restants à relever concernant l'atténuation des impacts environnementaux et les mécanismes de gouvernance inclusifs pour les canaux de production et de distribution face à la dérégulation du marché.

La dernière partie s'intéresse à la gestion des ressources locales comme moteur de la sécurité alimentaire.

Le chapitre 12, rédigé par 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 et Éric Verger, explore les stratégies de diversification en matière de sécurité alimentaire et de ressources naturelles. Ce chapitre traite conjointement de deux problèmes majeurs auxquels sont confrontés les ménages ruraux des zones tropicales : la conservation des ressources naturelles et la sécurité alimentaire. Le compromis entre rentabilité et durabilité, qui sous-tend les solutions techniques à ces problèmes, est analysé à travers cinq études de cas centrées sur les stratégies de diversification : l'agroforesterie au Sénégal, l'agroforesterie à base de cacao en Amazonie péruvienne, la culture intercalaire de céréales et de pois au Zimbabwe et en Afrique subsaharienne, la monoculture pérenne d'huile de palme en Indonésie et la production bovine extensive dans la forêt amazonienne brésilienne.

Le chapitre 13, rédigé par Jean-Daniel Cesaro, Guillaume Duteurtre, Stéphane Guilbert et Nadine Zakhia-Rozis, aborde la question de la gestion des déchets alimentaires urbains dans le cadre de l'économie circulaire. Les auteurs identifient les synergies possibles au sein du système alimentaire entre l'agriculture et les villes pour rendre la gestion des déchets alimentaires plus efficace. Dans une perspective multipartenariale et multisectorielle tenant compte des secteurs amont et aval et des parties prenantes correspondantes, l'agriculture pourrait être une solution pour gérer les déchets alimentaires urbains. Ce chapitre retrace la production et le recyclage des déchets alimentaires à différentes étapes du système alimentaire, c'est-à-dire dans les marchés de gros et de détail, les magasins, les restaurants et les ménages. Pour montrer qu'une économie circulaire basée sur la valorisation des déchets alimentaires existe déjà dans le monde, avec des contraintes dues aux réglementations sanitaires, les auteurs considèrent des études de cas sur les villes de Montpellier, de Chicago, d'Antananarivo, de Dakar et de Hanoï.

Le chapitre 14, rédigé par Perrine Burnod, Angel Avadí, Paula Fernandes, Frédéric Feder, Christine Aubry, Thibault Nordey, Laurence Defrise, Djibril Djigal, Audrey Jolivot, Stéphane Dupuy, Komi Assigbetsé, Hélène David-Benz, Coline Perrin et Valérie Andriamanga, examine les défis et les innovations en matière de sécurité alimentaire associés au maraîchage dans les villes africaines. Les auteurs étudient la contribution effective du maraîchage intra- et périurbain à la sécurité alimentaire urbaine, la manière dont la production maraîchère évolue dans un

contexte de compétition foncière, le rôle de la pression sociale dans la réduction des effets environnementaux, et les innovations techniques et institutionnelles pour réduire l'utilisation d'intrants nocifs pour l'environnement et la santé. Le chapitre s'appuie sur des études de cas de maraîchage à différentes échelles – au niveau du territoire à Madagascar, de l'exploitation agricole dans le sud du Bénin et de la parcelle en Tanzanie et au Sénégal –, et il combine différentes disciplines (économie, géographie, agronomie, etc.) et méthodologies (analyse d'images satellites, enquêtes quantitatives et qualitatives, analyse des chaînes de valeur, essais agronomiques dans des stations expérimentales et dans des exploitations agricoles, etc.).

Ce livre devrait intéresser les lecteurs concernés par les transitions en cours vers des systèmes alimentaires plus durables et plus sains à l'échelle locale, nationale et internationale. Si les chercheurs impliqués dans les nombreuses dimensions de la sécurité alimentaire constituent un lectorat cible naturel pour cet ouvrage, nous espérons qu'un public plus large, tel que les étudiants et les experts des institutions nationales et internationales, ainsi que les décideurs, la société civile et d'autres parties prenantes, bénéficiera également de ces contributions.

Nous remercions tous les auteurs, qui ont participé à cet exercice ambitieux consistant à résumer des années de recherche des projets GloFoodS, tout en détaillant l'état de l'art dans leurs domaines d'intérêt et les perspectives scientifiques pour les recherches futures. Les chapitres ont été rigoureusement révisés par des scientifiques, internes et externes au programme GloFoodS, dont l'expertise a contribué de manière significative à leur cohérence et à leur qualité globale. Nous tenons à remercier tout particulièrement Marie-Josèphe Amiot, Anthony Fardet, Étienne Hainzelin, Pierre Gasselin, Éric Malézieux et Bertrand Schmitt. Enfin, l'équipe de rédaction et d'édition de Quæ a apporté une aide précieuse à la préparation de cet ouvrage. Nous remercions tout particulièrement Christelle Fontaine de nous avoir accompagnés tout au long du processus de publication de cet ouvrage.

Partie 1

Gouvernance des systèmes alimentaires

Chapitre 1

La gouvernance est incontournable… mais est-ce vraiment ce que l'on croit ?

Arlène Alpha, Antoine Bernard de Raymond,
Sandrine Fréguin-Gresh, Allison Loconto

Depuis les années 1970, la sécurité alimentaire a généralement été présentée comme un problème technique, qui ne pouvait être résolu que par des solutions comme les technologies proposées par la révolution verte ou les systèmes d'information sur les marchés (Fouilleux *et al*., 2017). Dans les années 2010, lorsque l'on a commencé à davantage articuler les enjeux de nutrition et de sécurité alimentaire dans les forums internationaux, ce prisme technologique s'est déplacé sur les enjeux de carences en micronutriments et sur les technologies de fortification des aliments (Loconto, 2021). Globalement, l'analyse des définitions successives de la sécurité alimentaire – de celle axée sur la disponibilité alimentaire à celle mettant davantage l'accent sur l'accès à l'alimentation et sur la dimension nutritionnelle – montre qu'elles ne prennent pas explicitement en compte des questions telles que les inégalités, les asymétries de pouvoir au sein des systèmes alimentaires, ou la gouvernance de ces systèmes.

Les acteurs non étatiques ont développé des cadrages alternatifs pour répondre aux enjeux de faim et de malnutrition, qui s'appuient précisément sur des normes de justice, de droits et de souveraineté. Ainsi, en opposition au concept de sécurité alimentaire qui tend pour certains à éclipser le débat politique, de nombreux mouvements sociaux ont émergé dans le monde pour défendre le concept de souveraineté alimentaire. L'organisation paysanne transnationale La Via Campesina défend la souveraineté alimentaire comme un moyen de repolitiser la lutte contre la faim et la malnutrition. Ce mouvement s'inscrit dans des mobilisations sociales plus larges, qui se sont développées à travers le monde au milieu des années 1990 autour d'une critique du néolibéralisme (Trauger, 2015). Dans les années 2000, cette contestation s'est manifestée dans l'opposition aux conditionnalités des programmes d'ajustement structurel de la Banque mondiale et du Fonds monétaire international (FMI) qui exigeaient une libéralisation des marchés, ce qui n'a fait que renforcer les mouvements de lutte pour la souveraineté alimentaire dans de nombreux pays en développement. Les crises économique et alimentaire de 2008 ont marqué un tournant dans la manière de gouverner l'agenda international de la sécurité alimentaire. Le changement le plus emblématique est celui de la réforme

du Comité de la sécurité alimentaire mondiale dans le système des Nations unies, avec la création d'un mécanisme de la société civile et d'un groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition. Un certain nombre d'autres initiatives des Nations unies et du G8/G20 sur la sécurité alimentaire et la nutrition ont également vu le jour, conduisant à modifier les contours de la gouvernance de la sécurité alimentaire et de son analyse.

À l'opposé d'une approche normative évaluant le caractère bon ou mauvais des politiques publiques pour atteindre la sécurité alimentaire, la gouvernance est utilisée dans ce chapitre comme un cadre analytique. Ce cadre permet de dévoiler les luttes de pouvoir entre acteurs qui portent des visions différentes du problème de l'insécurité alimentaire et des solutions à mettre en place pour traiter ce problème social (cf. Constance *et al*., 2018). Cette approche de la gouvernance ne concerne pas seulement le droit « contraignant » (cadres réglementaires, subventions, taxes, etc.), mais aussi les métriques, les modèles, les normes et les instruments qui régissent la conduite des acteurs et représentent différentes formes de droit « non contraignant » (Bernard de Raymond et Thivet, 2021).

Après avoir expliqué ce que recouvre ce cadre analytique de la gouvernance, nous illustrons son intérêt à travers trois études de cas : un programme alimentaire national au Nicaragua, l'agenda de la résilience et son opérationnalisation au Sahel, et les modèles d'utilisation des terres. En conclusion, nous expliquons pourquoi une telle approche est essentielle dans l'analyse de la sécurité alimentaire, des instruments apparemment neutres ayant le pouvoir d'influencer les marges d'action, qui à leur tour façonnent les comportements des acteurs.

⏩ Analyser la sécurité alimentaire à travers le prisme de la gouvernance

On peut distinguer deux grandes définitions de la gouvernance dans le débat public et dans les milieux académiques. La première, normative, a émergé en lien avec le projet néolibéral de réorganisation des relations entre État, marché et société civile et consiste à appréhender la gouvernance comme une façon « douce » d'organiser les comportements et de coordonner les acteurs (Jessop, 1998). Dans cette optique, la gouvernance renvoie à une façon de gouverner qui prend en compte de multiples acteurs et favorise des processus plus inclusifs de délibération et de prise de décision (Lowi et Nicholson, 2015). La gouvernance revêt un caractère profondément politique dans la mesure où chaque acteur tend à la définir dans des termes qui renvoient à ses propres visions normatives du monde. Par exemple, les néolibéraux définissent la « mauvaise gouvernance » en termes d'inadéquation des marchés et de contrôle excessif de l'État. D'autres appréhendent la gouvernance comme un déficit de démocratie, en la définissant en termes de transparence, de responsabilité, d'équité et de participation (l'agenda de la « bonne gouvernance »). Ces deux approches normatives ont fortement influencé les politiques de sécurité alimentaire, mais leurs détracteurs estiment que le fait de proposer une batterie unique d'indicateurs de ce que serait la « bonne gouvernance » pour tous les pays

tend en réalité à contrecarrer les efforts faits pour gouverner de façon inclusive (Sundaram et Clark, 2015).

Cette critique des indicateurs de « bonne gouvernance » amène à la deuxième définition de la gouvernance, qui repose sur la notion foucaldienne de gouvernementalité (c'est-à-dire la conduite des conduites). Foucault (1997) met l'accent sur le fait de gouverner sur la « discipline » des corps dans une population donnée. Dans cette approche, la gouvernance recouvre un ensemble de pratiques qui « constituent, définissent, organisent et instrumentent les stratégies que les individus, en toute liberté, peuvent utiliser pour interagir les uns avec les autres ». Cette idée d'instrumentation de l'action publique a été développée en science politique pour déplacer l'attention portée sur les discours et les intérêts des acteurs vers la manière dont ces derniers sont enchâssés dans des instruments de politique publique (Lascoumes et Le Gales, 2007).

Les travaux menés dans cette optique se sont concentrés sur les instruments de politique publique classiques qui relèvent de l'autorité de l'État, tels que les règlements, les lois, les instruments financiers, les subventions et les taxes. Cependant, dans un contexte néolibéral où le retrait de l'État de plusieurs secteurs a laissé place à une gouvernance multi-acteurs dans les années 1980, une attention croissante est accordée aux instruments dits « non contraignants ». Il s'agit notamment des chartes, des outils d'évaluation, des modèles, des normes et des discours qui peuvent influencer la nature des débats dans les forums et les arènes de discussion, mais aussi le type de connaissances qui alimentent les politiques et les débats publics.

Une littérature croissante s'est ainsi attachée à examiner le rôle des modèles (par exemple, les modèles économiques, géospatiaux, agronomiques et de simulation) dans la gouvernance mondiale de l'agriculture, et elle montre que les modèles contribuent à faire en sorte que les visions qu'ils projettent deviennent réalité (Cornilleau, 2019a, 2019b ; Loconto et Rajao, 2020 ; Tétart, 2020). De même, une littérature émergente se concentre plus spécifiquement sur les instruments de mesure (métriques et indicateurs) qui s'avèrent déterminants dans les processus d'élaboration de politiques axées sur les objectifs (Cabane et Tantchou, 2016 ; Kanie et Biermann, 2017). Cette littérature montre que les modes et les processus de gouvernance eux-mêmes sont devenus une « expertise de la pratique et du processus politique » (Dingwerth et Pattberg, 2009). En effet, les connaissances des experts (notamment les agronomes, les économistes et les experts en développement) ont longtemps été privilégiées par rapport à d'autres types de connaissances dans les politiques alimentaires et agricoles (Cornilleau, 2019b ; Loconto et Fouilleux, 2019). Cette approche par les savoirs experts s'est accompagnée d'une stratégie de quantification et d'objectivation des politiques (Diaz-Bone et Didier, 2016), ce qui est devenu un marqueur de la gouvernance néolibérale (Desrosières, 2014 ; Porter, 2015).

En utilisant ici cette deuxième définition de la gouvernance, nous nous attachons à mettre en lumière qui gouverne et pourquoi. Nous pouvons en particulier soulever les interrogations suivantes : qui a le pouvoir de définir les règles que les autres doivent suivre ? Qui influence la conception des instruments de politiques qui servent les intérêts des différents acteurs ? Comment les instruments développés façonnent-ils les actions possibles une fois que les acteurs des politiques publiques s'en emparent et les mettent en œuvre ?

⏩ Trois perspectives différentes sur la gouvernance de la sécurité alimentaire

Dans cette section, nous abordons les questions ci-dessus à travers trois études de cas réalisées dans le cadre du programme GloFoodS : un instrument national visant à contribuer à la souveraineté alimentaire d'un pays ; un instrument régional dédié au renforcement de la résilience des populations dans le cadre de programmes de réponses aux crises alimentaires ; et un ensemble d'instruments internationaux destinés à modéliser l'utilisation des terres pour la production alimentaire.

Les limites d'un instrument national de politique de souveraineté alimentaire : le programme Faim Zéro au Nicaragua

Le Nicaragua est un pays d'Amérique centrale à faible revenu, marqué par une histoire extrêmement tumultueuse faite de multiples crises et catastrophes naturelles. Avec environ 17 % de sa population qui souffre de la faim, le Nicaragua est l'un des pays les plus touchés par l'insécurité alimentaire sur le continent américain. L'insécurité alimentaire affecte principalement les populations pauvres et rurales qui vivent dans une pauvreté multidimensionnelle (INIDE, 2016). Les inégalités entre les sexes et les âges, la dégradation des ressources naturelles, l'isolement et l'accès limité aux services exacerbent la pauvreté et l'insécurité alimentaire.

Pour faire face à ces problèmes, les politiques agricoles et les politiques alimentaires mises en place au Nicaragua ont évolué. Jusqu'aux années 1980, les gouvernements successifs ont mis en place des politiques s'appuyant sur le développement d'une production agricole tournée vers l'export afin de fournir des devises permettant d'importer les aliments et ainsi répondre aux besoins locaux (Fréguin-Gresh et Cortès, 2021). Dans les années 1980, un changement radical s'est produit avec la révolution sandiniste qui a favorisé de nouvelles orientations de politiques publiques focalisées sur la transformation du système alimentaire, la résolution des problèmes fonciers et l'amélioration des conditions sociales de la production agricole. Si l'orientation agro-exportatrice du pays est restée structurelle, les politiques se sont tournées vers l'appui à la production locale d'aliments et le soutien à la paysannerie (Zalkin, 1987) priorisant l'autosuffisance alimentaire (Austin *et al*., 1985). Dans les années 1990, le retour au pouvoir des gouvernements libéraux a conduit à privilégier de nouveau les exportations agricoles dans un contexte où la population et en particulier les groupes marginalisés (par exemple, les peuples autochtones, les femmes et les enfants) continuaient de souffrir de la pauvreté et de la faim. Peu d'interventions publiques sont alors mises en place pour s'attaquer à ces problèmes, à l'exception d'actions limitées et ciblées sur la nutrition des enfants et financées par l'aide internationale.

À partir du début des années 2000, des changements de politiques publiques ont lieu, à l'initiative d'une coalition d'acteurs sociaux et de députés sandinistes qui portent la résistance face aux institutions établies par le gouvernement et soutenues par les élites et les organisations multilatérales. Apparu dans les débats en réaction à l'idée d'une sécurité alimentaire par le marché, promu dans les négociations de l'Uruguay Round précédant la création de l'Organisation mondiale du commerce (Godek,

2014), le concept de souveraineté alimentaire s'introduit progressivement dans l'agenda politique national et se retrouve dans le projet de politique nationale de sécurité alimentaire et nutritionnelle. En 2007, Ortega est réélu à la présidence. Si son gouvernement a maintenu une certaine continuité des politiques macroéconomiques, les politiques de sécurité alimentaire commencent à changer. La nouvelle stratégie gouvernementale, appelée Plan national de développement humain (PNDH), permet de réorienter profondément le contenu des cadres de politiques vers la lutte contre la pauvreté et la faim. Fondée sur un diagnostic ancien, une nouvelle politique rurale globale a été conçue, sous le nom de PRORURAL Inclusif, après que la loi sur la sécurité et la souveraineté alimentaire et nutritionnelle (SSAN) a été promulguée en 2008. Cette loi ciblait l'agriculture familiale, la réduction de la pauvreté, l'adaptation au changement climatique et le renforcement de la sécurité alimentaire. PRORURAL Inclusif est conçu comme une politique à la fois agricole et alimentaire, s'articulant autour de trois programmes : 1) un programme alimentaire national (PNA), qui comprend un programme Faim Zéro ; 2) un plan agro-industriel national (PNAIR) ; et 3) un programme forestier national (PNF).

Le programme Faim Zéro était basé sur des transferts d'actifs productifs (*Bono Productivo Alimentario*, ou BPA, en espagnol). Outre une référence claire à la politique publique brésilienne « Faim Zéro », l'instrument BPA s'inspirait des travaux d'un économiste nicaraguayen, Orlando Núñez Soto, qui a fondé une idéologie de développement agraire pendant la révolution sandiniste (Núñez Soto *et al*., 1995) et était devenu conseiller présidentiel pour les questions sociales en 2008. L'objectif de l'instrument BPA était de fournir aux femmes les moyens d'acquérir des ressources productives telles que du bétail, des équipements et des intrants agricoles. La loi SSAN fixait un double objectif aux BPA : assurer un revenu suffisant aux ménages ruraux et garantir le droit à une alimentation saine, suffisante et adéquate pour tous. La loi plaçait également la souveraineté alimentaire au premier plan. Elle promouvait la durabilité environnementale et économique du système alimentaire et visait l'inclusion, en mettant l'accent sur les femmes, les enfants et les jeunes. L'instrument BPA fournissait des services aux acteurs des différentes chaînes de valeur, en donnant la priorité aux aliments de base (riz, haricots, maïs, sorgho, viande et produits laitiers), ainsi qu'au secteur rural et aux petits et moyens producteurs.

L'instrument BPA avait donc pour ambition d'être un programme de transfert d'actifs productifs d'élevage pour les femmes identifiées comme pauvres, afin de renforcer la capacité de production alimentaire et le patrimoine de leurs familles. L'aide était fournie sous forme d'intrants agricoles (par exemple, vaches, semences, outils, matériaux de construction) selon des critères définis par l'instrument et interprétés par des techniciens travaillant dans la région. Les bénéficiaires recevaient également une assistance technique, une formation et un financement, et devaient gérer un compte d'épargne afin de dégager un excédent de 20 % de la valeur reçue par le biais d'une caisse de crédit rural pour le développement de leur village. Le ministère de l'Économie familiale (MEFCCA) était responsable de la planification opérationnelle tandis que ses techniciens s'occupaient de la mise en œuvre locale.

Cependant, la manière dont l'instrument BPA était réellement mis en œuvre était source de controverse (Freguin-Gresh et Cortes, 2021). Dans les années 1980, face au manque de compétences techniques et de gestion de nombreux dirigeants révolutionnaires, les organisations locales jouaient un rôle central. Les « Cabinets pour la famille, la

communauté et la vie » – des organisations inspirées des Comités de défense sandinistes (CDS) – avaient en particulier un rôle déterminant dans le choix des bénéficiaires. Le rôle et la légitimité de ces organisations étaient contestés dès le début de la mise en œuvre des BPA. En effet, alors que leur mandat était de renforcer les relations entre les citoyens et l'État et de stimuler la participation sociale dans la prise de décision sur le terrain, les Cabinets prenaient en réalité en charge des inspections techniques et influençaient le choix des bénéficiaires, théoriquement en coordination avec les acteurs administratifs. Leur légitimité dépendait des forces politiques locales et de l'éthique personnelle de leurs représentants (Kester, 2009 ; Finnegan, 2011). La question du rôle des Cabinets dans la mise en œuvre des BPA était sensible, car il s'est avéré que certains Cabinets opéraient un biais de sélection entre les femmes engagées dans la politique locale et celles qui ne l'étaient pas. Cela remettait en question les principes d'universalité et de non-discrimination promus par la loi SSAN.

En outre, un système clientéliste – qui renvoyait à une tradition de plusieurs décennies d'activités politiques et économiques au Nicaragua – s'était rapidement formé (Envío, 2015). Il ressort que le bilan de l'efficacité de l'instrument BPA est mitigé. Bien qu'il ait été mis en œuvre dans tout le pays, le nombre de bénéficiaires est resté faible en raison du processus de sélection des bénéficiaires qui a été dévié de ses principes initiaux. Il faut rajouter que des hommes ont souvent été bénéficiaires à la place de leurs épouses. En effet, un critère d'éligibilité était d'être propriétaire de parcelles familiales (c'est-à-dire démontrer une capacité d'accès à des terres pour nourrir les animaux), ce qui était rarement le cas des femmes à cette époque. La composition des bons de production alimentaire a également fait l'objet de vives discussions et de tensions (Kester, 2009 ; Finnegan, 2011). Au début du programme, les femmes bénéficiaires recevaient des bovins (ou des vaches en gestation), mais elles ont par la suite reçu des truies en gestation et de petits animaux de basse-cour. Ce changement dans les modalités de mise en œuvre de l'instrument a conduit à confiner les femmes à la maison, où elles étaient « traditionnellement » responsables des tâches domestiques. Le ministère de l'Économie familiale a renforcé les capacités des bénéficiaires afin d'augmenter la productivité agricole et a encouragé les associations de femmes et leur autonomisation, mais il n'a pas pris en compte le changement des relations de pouvoir au sein du foyer qu'engendrait une modification des actifs transférés. L'instrument BPA n'a finalement pas rompu la division historiquement sexuée du travail (voir chapitre 6), qui reste une source de grande vulnérabilité pour la sécurité alimentaire des femmes.

L'instrument BPA illustre ainsi comment des règles, telles que les critères de sélection des bénéficiaires, leur interprétation par les techniciens et la politique des acteurs locaux responsables de sa mise en œuvre, peuvent contrecarrer l'ambition affichée de rendre les femmes autonomes pour renforcer la souveraineté alimentaire.

Qui gouverne la sécurité alimentaire dans les pays dits « sous régime d'aide » ? Le cas de l'agenda politique de la résilience au Sahel

L'étude des acteurs impliqués dans la gouvernance d'un problème public est d'une grande importance, car chaque acteur a souvent une représentation singulière de ce problème et des solutions adaptées à mettre en œuvre. L'agenda de la résilience, qui

s'est imposé dans les politiques internationales d'aide au développement au début des années 2010, illustre ce point. Avant cet agenda, la sécurité alimentaire était généralement comprise comme un problème de production agricole ou de défaillance des marchés agricoles. Cependant, l'agenda de la résilience a confirmé la montée en puissance d'une autre conceptualisation de la sécurité alimentaire, incarnée par les acteurs de l'urgence, de la santé publique et de la protection sociale. Celle-ci met davantage l'accent sur la dimension nutritionnelle de la sécurité alimentaire, et sur l'importance des interventions conduites dans les domaines de la santé, de l'hygiène, de l'éducation et de la protection sociale pour éradiquer la faim.

Le concept initial de résilience a été emprunté au domaine de la physique des matériaux et fait référence à la capacité d'une structure à revenir à son état initial après un choc (Holling, 1973). Il s'est progressivement imposé dans le discours international avec l'augmentation de la fréquence des crises et des catastrophes (Lallau, 2014), et l'idée que ces crises deviennent des phénomènes récurrents dans le contexte du changement climatique. L'amélioration de la résilience des populations, des pays ou des territoires face à ces chocs devient ainsi un défi de gouvernance, qui nécessite une coordination entre les deux mondes souvent dissociés de l'urgence et du développement. En Afrique de l'Ouest, l'introduction de la résilience dans le discours sur l'insécurité alimentaire est arrivée plus tard que dans d'autres régions (Vonthron *et al*., 2016), et elle est étroitement liée à la crise alimentaire de 2005 au Niger. Le cas du Niger a en effet mis en évidence le fait que les crises alimentaires ne peuvent plus être considérées comme des épisodes exogènes cycliques, mais qu'elles ont en réalité des causes structurelles et surtout des conséquences durables (Galtier, 2012). La décapitalisation des ménages (comme la vente de bétail pour faire face à une crise) est un exemple emblématique de conséquences qu'une crise peut avoir à long terme.

L'agenda de la résilience a été promu par la commissaire européenne à la coopération internationale, Kristalina Georgieva (aujourd'hui directrice générale du FMI), à partir de 2011, et introduit en Afrique de l'Ouest par les agences nationales de développement britannique et américaine. L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a également contribué à construire l'agenda de la résilience en Afrique de l'Ouest ; une équipe complète appelée « l'équipe résilience », entièrement dédiée à la gestion de la crise prolongée de la sécurité alimentaire dans la région du Sahel, a en effet été mise en place en 2016 au niveau du bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique de l'Ouest. L'agenda de la résilience, qui vise une meilleure prévention et réponse aux crises, se traduit concrètement par un appel à mettre en place des approches transversales et multisectorielles, allant au-delà des seuls secteurs agricole et alimentaire. Il offre ainsi l'opportunité d'introduire des questions jusque-là peu abordées dans la gouvernance de la sécurité alimentaire, qui sont liées à la nutrition, la santé, l'hygiène, l'éducation et la protection sociale.

La résilience est un terme polysémique qui inscrit désormais la sécurité alimentaire et nutritionnelle dans une stratégie globale de lutte contre la pauvreté, en lien avec une politique de protection sociale soutenue notamment par la Banque mondiale. Cette dernière ne mise pas uniquement sur les investissements productifs et leurs bénéfices en matière de croissance économique, mais aussi sur des interventions multisectorielles ciblées sur les populations les plus vulnérables qui ne bénéficient pas des effets de la croissance économique. En principe, l'agenda de la résilience

n'est pas une nouvelle politique caractérisée par un objet ou un domaine spécifique, mais plutôt un marqueur destiné à évaluer et à rationaliser les politiques existantes. Il va de pair avec la volonté de contribuer à la construction d'États-providence dans les pays du Sud. Il s'agit notamment d'établir les bases d'un système de protection sociale par le financement de filets de sécurité sociale pour les personnes les plus vulnérables. En Afrique de l'Ouest, cet agenda de la résilience est mis en œuvre à travers l'initiative AGIR (Alliance globale pour l'initiative Résilience), lancée en 2011 par l'Union européenne et les pays de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) et du Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS).

Compte tenu de ces ambitions affichées, que peut-on dire de la mise en œuvre de l'agenda de la résilience ? On constate que la portée concrète de cet agenda est largement conditionnée par ses instruments de financement et de mise en œuvre. Deux éléments sont particulièrement saillants. Premièrement, dans les pays dits « sous régime d'aide » (Lavigne Delville, 2017), la résilience est mise en œuvre par le biais des « priorités résilience pays » adoptées au niveau national et donc spécifiques à chacun des pays. On observe alors que l'agenda de la résilience fonctionne non pas comme un marqueur transversal, mais comme une nouvelle politique dotée d'un budget dédié, censé être alimenté par les bailleurs. Deuxièmement, cette approche consistant à s'appuyer sur les bailleurs fait écho à la logique d'opérations et de financements par projets des nombreux bailleurs et ONG occidentaux présents dans la région. Les projets mis en œuvre par ces ONG permettent certes d'élargir l'éventail des interventions dans le domaine de la sécurité alimentaire (par exemple, des transferts monétaires ou une agriculture sensible à la nutrition). Cependant, ces interventions restent généralement confinées à une localité ou à une région et illustrent ainsi les limites fréquentes d'une approche par projet pour assurer la pérennité des effets des interventions. Ce mode de fonctionnement pose des problèmes de consolidation, de cohérence entre les nombreuses interventions et de maintien à long terme des initiatives proposées par rapport à l'objectif de construction d'un État-providence social.

Le cas du Sahel fait écho à d'autres pays « sous régime d'aide », comme Haïti, dont le cas témoigne également des tensions entre acteurs nationaux, organisations internationales et bailleurs. L'analyse des interactions entre ces catégories d'acteurs dans l'élaboration de la Stratégie nationale pour la souveraineté et la sécurité alimentaires d'Haïti (Crétois, 2018) met en lumière de nouveaux problèmes liés à cette forme de gouvernance centrée sur l'aide. Premièrement, elle montre que les institutions existantes ne sont pas nécessairement remises en question et renouvelées par un processus participatif large et inclusif. Elle souligne ensuite l'impossibilité de construire un compromis entre les acteurs quand le processus de formulation de la stratégie se limite à juxtaposer des idées et des propositions d'action plutôt qu'à rechercher des orientations politiques claires. Enfin, la nature participative du processus est considérablement entravée par le fait que les acteurs ayant une influence et un pouvoir de décision (en l'occurrence les importateurs de denrées alimentaires) ne sont pas invités aux discussions, et que ceux qui sont concernés par les questions de sécurité alimentaire (la société civile) n'ont pas la capacité de participer efficacement aux forums de politiques publiques.

Qui gouverne lorsque les modèles sont les instruments de la gouvernance ? Le cas des modèles d'utilisation des terres dans la politique de sécurité alimentaire

Atteindre la sécurité alimentaire à l'échelle mondiale tout en protégeant l'environnement, comme le prévoient les objectifs de développement durable, nécessite un processus complexe de collaboration entre acteurs et l'intégration d'analyses et d'actions à plusieurs échelles. Cet agenda international axé sur des objectifs s'inscrit dans la vague la plus récente en matière de gouvernance mondiale de politiques fondées sur des preuves (Kanie et Biermann, 2017). Il existe un large éventail d'approches visant à articuler les objectifs entre eux ainsi qu'à identifier les indicateurs qui permettront de mesurer les progrès, et le type de données qui seront acceptées comme des preuves. Dans les années 1970, les premiers modèles développés par l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA) étaient utilisés à des fins de rapprochement entre blocs de l'Ouest et de l'Est dans un contexte de guerre froide (Bonneuil et Fressoz, 2016). Depuis lors, les problèmes qui se posent à l'échelle internationale, tels que le changement climatique et les transitions énergétiques, ont donné lieu à une coopération scientifique croissante (Aykut et Nadaï, 2019). Une question récurrente dans les débats politiques sur la sécurité alimentaire et qui interroge l'avenir est de savoir comment nourrir le monde avec l'utilisation actuelle des terres. Pour répondre à cette question, la modélisation de l'utilisation des terres et de la production agricole est désormais utilisée comme un moyen d'appréhender le futur en matière d'accès, d'utilisation et de gestion des terres dans différents systèmes de production agricole (Lambin *et al*., 2000).

L'une des principales promesses des modèles d'utilisation des terres – compris ici comme une gamme d'instruments visant à décrire, expliquer, projeter, prédire, prescrire, planifier et gérer l'utilisation des terres – est la capacité (ou du moins l'ambition) de fournir des représentations complètes du monde qui révèlent les causes sous-jacentes de certaines utilisations des terres (par exemple, des rendements élevés) ou de changements d'affectation des terres (telle la déforestation) (Riebsame *et al*., 1994). On s'attend donc à ce que ces modèles permettent aux décideurs de concevoir des politiques qui soient fondées sur des preuves et qui soient plus efficaces que celles basées sur une négociation politique traditionnelle. La modélisation de l'utilisation des terres s'appuie sur une longue tradition de cartographie qui constitue la quintessence d'un instrument du pouvoir de l'État (Scott, 1998). Parce que la modélisation produit une image sélective de la réalité sociale des communautés, les détracteurs d'une forme de gouvernance par les modèles soulignent le risque qu'une dépendance excessive des pouvoirs publics à l'égard des modèles d'utilisation des terres ne creuse le fossé entre représentants du gouvernement et communautés locales (Rajão, 2013). Lorsque la réalité s'éclipse à travers la modélisation, les décideurs ne voient plus les communautés, et des aspects importants de leur vie sociale sont invisibilisés et non pris en compte par les politiques publiques (Pickles, 1995).

En conséquence, pour les modélisateurs et les spécialistes des sciences sociales, seules une pluralité de méthodes de modélisation peut améliorer les connaissances, les politiques et les processus démocratiques. Certains modèles peuvent en effet

traiter les écarts entre réalité modélisée et réalité matérielle de différentes manières. Par exemple, il apparaît que les modèles de déforestation amazonienne ont un pouvoir d'action sur la réalité : ils produisent des réalités virtuelles ayant des effets réels sur le terrain, tels que des projets à grande échelle de barrages, de routes ou de ponts. La vision de l'Amazonie a ainsi changé : de forêt difficile à gérer, elle est devenue un lieu légal d'extraction de ressources pour l'exportation (Hecht et Rajão, 2020). En ayant pour seul étalon la mesure du stock de carbone, les modèles de classification des forêts tendent à exclure les temporalités liées à l'utilisation des terres. Ainsi, les terres « dégradées » utilisées par les petits producteurs ou les producteurs autochtones pour des rotations ou des pâturages ne s'inscrivant dans aucune classification claire (Cheyns *et al*., 2020), elles finissent par être dévalorisées dans leur contribution aux besoins locaux de sécurité alimentaire.

L'analyse du célèbre modèle d'économie des terres (*land sparing*) visant à déterminer quel système agricole peut permettre de préserver la nature tout en garantissant une alimentation suffisante, a montré que les modèles sont « performatifs », c'est-à-dire qu'ils reproduisent non seulement leurs hypothèses sur le terrain, mais aussi leurs visions du monde (Loconto *et al*., 2020). C'est ainsi que selon les porteurs de ce modèle, les producteurs les plus intensifs deviennent ceux qui préservent le mieux la nature et qui sont les mieux à même d'assurer la sécurité alimentaire. La mobilisation d'un réseau de scientifiques partageant les mêmes idées a permis de produire des preuves qui ont pu être par la suite facilement simplifiées et intégrées à des adaptations industrielles des outils d'analyse du cycle de vie. Ces outils ont été utilisés à leur tour pour sélectionner les fournisseurs de produits de base utilisant le moins de terres pour un volume de production donné. L'intégration de ces paramètres et de ces connaissances dans les normes de durabilité a permis de construire un discours certifiant que la production intensive est également durable. Sur le terrain, il en résulte une expansion de l'agriculture intensive et un renforcement du pouvoir des acteurs de cette forme d'agriculture sur le marché et dans le secteur de l'agrobusiness – à l'exclusion des petits producteurs –, le tout sans résoudre ni les problèmes environnementaux ni l'insécurité alimentaire.

Dorin et Joly (2020) expérimentent une toute autre façon de mobiliser les modèles en les mettant au service du débat entre acteurs. Avec le modèle Agribiom, utilisé pour déterminer la quantité de nourriture nécessaire dans le futur, les modèles deviennent ainsi des « objets frontières » qui produisent des virtualités réelles (c'est-à-dire des scénarios) et servent de support à une prospective participative visant à alimenter le débat public et non à prédire des résultats. Ils montrent que, lorsque l'on adopte comme posture politique d'utiliser un modèle comme une « machine à apprendre » plutôt que comme une « machine à dire la vérité », certaines réalités, certains processus et acteurs virtuels qui étaient invisibles dans les modèles prédictifs classiques peuvent être introduits dans les débats scientifiques et publics.

L'analyse des différents modes de gouvernance par les modèles permet d'avoir une compréhension fine de la politique des modèles et de leur utilisation, parfois implicite, dans la politique de sécurité alimentaire. Le fait de documenter, de façon détaillée, la manière dont les scientifiques travaillent et interagissent amène à considérer les modèles comme des produits humains liés à des contextes sociaux spécifiques, plutôt que comme de simples instruments indifférents au capitalisme

moderne. Cela apparaît clairement, par exemple, lorsque Hecht et Rajão (2020) montrent que la colonisation de l'Amazonie était un rêve civilisateur que les concepteurs des modèles d'utilisation des terres partageaient, et non un mouvement de destruction aveugle de la nature.

Dans de nombreux cas, les scientifiques et les experts sont conscients des conséquences des compromis qu'ils proposent, mais ils doivent gérer des demandes multiples tout en fournissant des réponses objectives aux décideurs politiques. Cheyns *et al.* (2020) montrent, par exemple, que la focalisation des scientifiques sur la question de la séquestration du carbone, qui va de pair avec la possibilité de participer aux marchés du carbone et d'appréhender le carbone comme une marchandise négociable, a conduit à négliger les notions civiques de justice pour les communautés rurales productrices d'huile de palme. De même, Wolf et Ghosh (2020) soulignent que les décisions de politiques visant à optimiser un modèle et un marché pour une pratique spécifique de gestion de l'azote associée à une seule culture ont amené à négliger un éventail de pratiques de gestion de l'azote qui auraient permis de mieux réduire ses émissions. L'agriculture à l'échelle industrielle bénéficie de cette situation au détriment à la fois d'une atténuation efficace du changement climatique et des moyens de subsistance des petits agriculteurs. Ces problèmes que l'on vit aujourd'hui sont plus la conséquence de pratiques institutionnalisées par des acteurs publics qui produisent des preuves (il est plus facile de modéliser une monoculture qu'un système agroforestier complexe) que de l'adhésion à un agenda politique particulier.

Ces exemples montrent que l'utilisation croissante des modèles dans la gouvernance de la sécurité alimentaire est une arme à double tranchant. La modélisation permet aux acteurs publics de « visualiser » l'utilisation des terres dans les discussions sur la sécurité alimentaire (par exemple, ce qu'il faut inclure/exclure, la priorité donnée à la production à court terme ou aux écosystèmes productifs à long terme). La réflexion en amont sur ce qui est modélisé et sur le caractère performatif des modèles est néanmoins peu prise en compte. Ce faisant, les modèles portent en eux le risque de modifier la réalité même des objets à gouverner.

⏩ Conclusion

Le concept de sécurité alimentaire a une définition bien établie autour de quatre piliers – disponibilité de la nourriture, accès à la nourriture, utilisation de la nourriture et stabilité dans le temps – qui est le résultat d'années de débats à l'échelle globale et d'un consensus international. Cependant, les études de cas présentées dans ce chapitre montrent que l'existence d'une définition générale n'éteint pas les tensions entre acteurs portant des visions différentes aussi bien des causes de l'insécurité alimentaire que des solutions qui devraient être appliquées. Dans différents contextes nationaux, régionaux et mondiaux, ces cas soulignent l'importance d'étudier, d'une part, qui définit la sécurité alimentaire au travers de l'élaboration d'instruments spécifiques et, d'autre part, qui met en œuvre ces instruments. L'approche utilisée par plusieurs projets financés par GloFoodS pour examiner la gouvernance de la sécurité alimentaire par ces instruments montre que l'opérationnalisation du discours sur la sécurité alimentaire varie grandement

suivant la nature des instruments mis en œuvre. Très souvent, les divergences qui existent entre les visions discursives portées par les modèles et ce qui est gouverné s'expliquent par la manière dont les instruments sont conçus et utilisés.

Cette forme de gouvernance soulève des questions quant à la représentation et à la légitimité des acteurs : c'est-à-dire, qui parle au nom de « ceux qui ont faim » ? Qui s'approprie le problème ? Etc. Elle remet également en question les instruments eux-mêmes et les types de connaissances et de pouvoir qui peuvent y être intégrés. La construction et l'utilisation des instruments sont liées à certaines visions du monde qui se reproduisent lors de la mise en œuvre de ces instruments, d'où leur capacité à gouverner la « conduite » de la sécurité alimentaire. Le mode de gouvernance introduit par les instruments crée également des gagnants et des perdants. Notre analyse invite donc à porter une attention particulière aux inégalités que les instruments de gouvernance produisent ou renforcent, consciemment ou non. De ce point de vue, l'existence d'une pluralité d'instruments dans le cadre d'une politique publique de la sécurité alimentaire permet non seulement d'améliorer les connaissances, mais contribue également à renforcer les processus démocratiques qui permettent le débat et la confrontation des visions du monde.

Enfin, alors que les chercheurs ont tendance à se concentrer soit sur la gouvernance mondiale de la sécurité alimentaire, soit sur la gouvernance dans des contextes nationaux spécifiques, une voie prometteuse qui a émergé de l'examen des trois projets GloFoodS est l'étude des interactions entre les échelles. Outre l'étude de la circulation des acteurs et des idées entre les échelles, il serait intéressant d'examiner comment, à chaque échelle, un mode de gouvernance se construit dans un contexte singulier de sécurité alimentaire, et comment les acteurs et les instruments permettent aux différents contextes d'interagir. Ainsi, de nombreux forums locaux (par exemple, les conseils alimentaires) ne sont pas nécessairement liés aux débats internationaux et peuvent néanmoins constituer de puissants leviers de changement à des échelles locales de mise en œuvre des politiques. En outre, à l'ère du numérique, les dynamiques d'interactions entre acteurs, à chaque échelle et entre échelles, évoluent et se construisent de plus en plus dans la mobilisation collective. Enfin, nous observons que le rôle des experts individuels tend de plus en plus à laisser place au rôle des réseaux dans leur capacité à relier les différents forums d'action politique, comme l'ambition du Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan de créer un réseau mondial des systèmes alimentaires urbains.

⏩ Remerciements

Ce chapitre est basé sur les projets suivants soutenus par le métaprogramme GloFoodS d'INRAE-Cirad : SALIMA, SYSRISK, GAPRA et GOSAMO.

⏩ Références bibliographiques

Austin, J., Fox, J., Kruger, W. (1985). The role of the revolutionary state in the Nicaraguan food system. *World Development*, *13*(1), 15–40. https://doi.org/10.1016/0305-750X(85)90064-6

Aykut, S. C., Nadaï, A. (2019). Le calcul et le politique. Le débat national sur la transition énergetique et la construction des choix énergétiques en France. *Revue d'anthropologie des connaissances*, *13*(4), 1009–1034. https://doi.org/10.3917/rac.045.1009

Bernard de Raymond, A., Thivet, D. (Eds.) (2021). *Un monde sans faim. Gouverner la sécurité alimentaire*. Presses de Sciences-Po, Paris. https://www.pressesdesciencespo.fr/en/book/?gcoi=27246100851060.

Bonneuil, C., Fressoz, J. B (2016). *The Shock of the Anthropocene: The Earth, History and Us*. Verso Books. https://www.versobooks.com/books/2388-the-shock-of-the-anthropocene

Cabane, L., Tantchou, J. (2016). Instruments et politiques des mesures en Afrique. *Revue d'anthropologie des connaissances*, *10*(2), 127–145. https://doi.org/10.3917/rac.031.0127

Cheyns, E., Silva-Castañeda, L., Aubert, P.-M. (2020). Missing the forest for the data? Conflicting valuations of the forest and cultivable lands. *Land Use Policy*, *96*, 103591. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.042

Constance, D. H., Konefal, J. T., Hatanaka, M. (Eds.) (2018). *Contested Sustainability Discourses in the Agrifood System*. Taylor & Francis, 1rst edition, London. https://doi.org/10.4324/9781315161297

Cornilleau, L. (2019a). Définir et gouverner les crises au sein du Comité de la sécurité alimentaire mondiale (1974–2008). *Critique internationale*, *85*(4), 23–41. https://doi.org/10.3917/crii.085.0023

Cornilleau, L. (2019b). Magicians at work: modellers as institutional entrepreneurs in the global governance of agriculture and food security. *Science & Technology Studies*, *32*(4), 58–77. https://doi.org/10.23987/sts.65187

Crétois, N. (2018). Jeux d'acteurs et blocages institutionnels dans l'élaboration de la Stratégie nationale de souveraineté et de sécurité alimentaire en Haïti. Mémoire de Master. Sciences Po Toulouse. CIRAD. PPAL. Montpellier. 41p. https://agritrop.cirad.fr/591659/

Desrosières, A. (2014). *Prouver et gouverner : une analyse politique des statistiques publiques*. La Découverte, Paris. https://doi.org/10.3917/dec.desro.2014.01

Diaz-Bone, R., Didier, E. (2016). Introduction: The sociology of quantification – perspectives on an emerging field in the social sciences. *Historical Social Research*, *41*(2), 7–26. https://doi.org/10.12759/hsr.41.2016.2.7-26

Dingwerth, K., Pattberg, P. (2009). World politics and organizational fields: The case of transnational sustainability governance. *European Journal of International Relations*, 15(4), 707–743. https://doi.org/10.1177/1354066109345056

Dorin, B., Joly, P.-B. (2020). Modelling world agriculture as a learning machine? From mainstream models to Agribiom 1.0. *Land Use Policy*, *96*, 103624. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.028

Envío, R. (2015). El Programa Hambre Cero: como se le va a las mujeres. Revista Envío

Finnegan, K. (2011). Sostenibilidad y Autogestión en Programas de Seguridad Alimentaria en Nicaragua, Independent Study Project (ISP) Collection. 1042. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/1042

Foucault, M. (1997). *Ethics: Subjectivity and Truth. The Essential Works of Michel Foucault, 1954–1984*. Vol. 1, New Press, New York.

Fouilleux, E., Bricas, N., Alpha, A. (2017). 'Feeding 9 billion people': global food security debates and the productionist trap. *Journal of European Public Policy*, *24*(11), 1658–1677. https://doi.org/10.1080/13501763.2017.1334084

Fréguin-Gresh, S., Cortès, G. (2021). Politiques agricoles et alimentaires au Nicaragua au prisme des changements institutionnels : trajectoires socio-historiques et défis actuels. *Économie rurale*, *377*, 5–21. https://doi.org/10.4000/economierurale.9040

Galtier, F. (2012). Note sur la crise alimentaire en cours au Sahel. Montpellier, Cirad. https://agritrop.cirad.fr/568969/

Godek, W. (2014). The institutionalization of food sovereignty: The case of Nicaragua's Law of Food and Nutritional Sovereignty and Security [Doctoral Thesis, Rutgers, The State University

of New Jersey]. RUcore: Rutgers University Community Repository. https://doi.org/doi:10.7282/T3TD9VMH

Hecht, S., Rajão, R. (2020). From "Green Hell" to "Amazonia Legal": land use models and the re-imagination of the rainforest as a new development frontier. *Land Use Policy*, *96*, 103871. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.030

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *4*(1), 1–23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245

INIDE (2016). Reporte de Pobreza y Desigualdad EMNV 2016, GRUN. Instituto Nacional de Informacion de Desarrollo. https://www.inide.gob.ni/docs/Emnv/Emnv17/Reporte%20de%20Pobreza%20y%20Desigualdad%20-%20EMNV%202016%20-%20Final.pdf

Jessop, B. (1998). The rise of governance and the risks of failure: the case of economic development. *International Social Science Journal*, *50* (155), 29–45. https://doi.org/10.1111/1468-2451.00107

Kanie, N., Biermann, F. (Eds.) (2017). *Governing Through Goals: Sustainable Development Goals as Governance Innovation*. MIT Press, Cambridge, MA. https://mitpress.mit.edu/books/governing-through-goals

Kester, P. (2009). Informe evaluativo (2007–2008) Programa Productivo Alimentario (PPA) "Hambre Cero". Managua, Embassy of the Kingdom of the Netherlands.

Lallau, B. (2014). La résilience contre la faim : nouvelle donne ou nouvel artifice ?, 8e Journées de recherches en sciences sociales, Société française d'économie rurale (SFER). Décembre 2014, Grenoble, France. https://www.sfer.asso.fr/source/jrss2014/jrss-2014-lallau.pdf

Lambin, E. F., Rounsevell, M. D. A., Geist, H. J. (2000). Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *82*(1–3), 321–331. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00235-8

Lascoumes, P., Le Gales, P. (2007). Introduction: understanding public policy through its instruments – from the nature of instruments to the sociology of public policy instrumentation. *Governance*, *20*(1), 1–21. https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2007.00342.x

Lavigne Delville, P. (2017). Pour une socio-anthropologie de l'action publique dans les pays « sous régime d'aide ». *Anthropologie & développement*, *45*, 33–64. https://doi.org/10.4000/anthropodev.542

Loconto, A. (2021). Gouverner par les métriques : un exercice dans l'intermédiation des connaissances. *In* Goulet, F., Caron, P., Hubert, B., Joly, P.-B. (Eds.). *Sciences techniques et agricultures. L'impératif de la transition*, Presses des Mines, Paris.

Loconto, A., Fouillieux, E. (2019). Defining agroecology: exploring the circulation of knowledge in FAO's Global Dialogue. *International Journal of Sociology of Agriculture and Food*, *25*(2), 116–137. https://doi.org/10.48416/ijsaf.v25i2.27

Loconto, A., Rajão, R (2020). Governing by models: exploring the technopolitics of the (in) visilibities of land. *Land Use Policy*, *96*, 104241. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104241

Loconto, A., Desquilbet, M., Moreau, T., Couvet, D., Dorin, B. (2020). The land sparing – land sharing controversy: tracing the politics of knowledge. *Land Use Policy*, *96*, 103610. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.014

Lowi, T. J., Nicholson, N. K. (2015). *Arenas of Power: Reflections on Politics and Policy*. Taylor & Francis. https://doi.org/10.4324/9781315635958

Núñez Soto, O., Cardenal, G., Morales, C. J. M. (1995). Desarrollo agroecológico y asociatividad campesina: el caso de Nicaragua. Managua, CIPRES (Centro para la Investigacion, la Promocion y el Desarrollo Rural Social).

Pickles, J. (Ed.) (1995). *Ground Truth: The Social Implications of Geographic Information Systems*. Guilford Press, New York.

Porter, T. M. (2015). The flight of the indicator. *In* Mugler, J., Rottenburg, R., Merry, S. E., Park, S.-J. (Eds.). *The World of Indicators: The Making of Governmental Knowledge through Quantification*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 34–55. https://doi.org/10.1017/CBO9781316091265.002

Rajão, R. (2013). Representations and discourses: the role of local accounts and remote sensing in the formulation of Amazonia's environmental policy. *Environmental Science & Policy*, *30*, 60–71. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.07.019

Riebsame, W. E., Meyer, W. B., Turner, B. L. (1994). Modeling land use and cover as part of global environmental change. *Climatic Change*, *28*(1–2), 45–64. https://doi.org/10.1007/BF01094100

Scott, J. C. (1998). *Seeing Like a State: How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*. Yale University Press, New Haven, Yale Agrarian Studies.

Sundaram, J. K., Clark, M. T. (2015). The Good-Governance Trap. *Project Syndicate*. https://www.project-syndicate.org/commentary/governance-reform-development-agenda-by-jomo-kwame-sundaram-and-michael-t--clark-2015-06

Tétart, G. (2020). Debating global food security through models. The Agrimonde foresight study (2008–2010) and criticism of economic models and of their 'productionist' translations. *Science, Technology and Society*, *25*(1), 67–85. https://doi.org/10.1177/0971721819889919

Trauger, A. (Ed.) (2015). *Food Sovereignty in International Context: Discourse, Politics and Practice of Place*. Taylor & Francis. https://doi.org/10.4324/9781315764429

Vonthron, S., Dury, S., Fallot, A., Alpha, A., Bousquet, F. (2016). L'intégration des concepts de résilience dans le domaine de la sécurité alimentaire : regards croisés. *Cahiers Agricultures*, *25*(6), 64001. https://doi.org/10.1051/cagri/2016039

Wolf, S. A., Ghosh, R. (2020). A practice-centered analysis of environmental accounting standards: integrating agriculture into carbon governance. *Land Use Policy*, *96*, 103552. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.003

Zalkin, M., 1987. Food policy and class transformation in revolutionary Nicaragua 1979–1986. *World Development*, *15*(7), 961–984. https://doi.org/10.1016/0305-750X(87)90045-3

Chapitre 2

Effets de la gouvernance territoriale et des chaînes de valeur sur la sécurité alimentaire : exemples au Sénégal, au Maroc et en France

Céline Bignebat, Romain Melot, Paule Moustier,
Emmanuel Raynaud, Guillaume Soullier

La sécurité alimentaire est communément traitée comme un problème de disponibilité des denrées alimentaires, variant selon le climat et les capacités de stockage, ou comme un problème d'accès aux aliments lié à la pauvreté. Une littérature de plus en plus abondante montre que les acteurs publics disposent d'un certain nombre de marges de manœuvre pour faire évoluer la sécurité alimentaire, en jouant sur des leviers essentiels des moyens d'existence des ménages agricoles : l'accès au foncier et l'accès au marché. Outre les politiques publiques, les actions de macro-acteurs privés ont également un poids important sur le fonctionnement des transactions foncières et des échanges de produits agricoles. Enfin, la gouvernance du foncier apparaît fréquemment associée à celle des chaînes de valeur. Ainsi, en Afrique, des opérateurs privés investissent dans la production, le commerce et la transformation agricole en développant des modalités de contractualisation, souvent associées à l'accaparement des terres (Cotula *et al*., 2009).

La gouvernance est devenue l'un des principaux objets de recherche en sciences sociales, dans tous les domaines de la vie économique et sociale, en particulier pour la gestion foncière, le développement territorial et les chaînes de valeur. Une question centrale qui se pose est de savoir comment coordonner les décisions d'acteurs aux intérêts liés mais parfois divergents (Chia, 2013). Le niveau intermédiaire de la gouvernance permet d'observer les processus d'intermédiation visant à négocier des arrangements régulant toute une filière ou le foncier. Ce dernier constitue « l'ensemble des relations entre les individus et la terre (et les ressources naturelles renouvelables que celle-ci supporte) » (Rochegude, 2005, p. 59) ou encore « l'ensemble particulier de rapports sociaux ayant pour support la terre ou l'espace territorial. » (Le Bris, 1991, p. 13).

La gouvernance d'une chaîne de valeur a trait aux « relations d'autorité et de pouvoir qui déterminent comment les ressources financières, matérielles et humaines sont réparties et circulent au sein de la chaîne » (Gereffi et Korzeniewicz, 1994, p. 97).

Les modes de gouvernance varient entre le marché caractérisé par des transactions immédiates sans engagement (dites *spot*), où la coordination est réalisée par le prix, et la hiérarchie, où l'approvisionnement est contrôlé par la voie administrative. Les contrats sont des formes intermédiaires de gouvernance, recouvrant divers engagements sur les conditions de la transaction. Le concept de mise à niveau d'un acteur de la chaîne (« *upgrading* ») est le processus d'acquisition de nouvelles capacités et d'accès à de nouveaux marchés par la participation à une chaîne de valeur particulière (Humphrey, 2004).

L'approche par la gouvernance territoriale traite quant à elle des questions de pilotage et de participation des acteurs. La gouvernance territoriale est comprise comme un « processus dynamique de coordination entre des acteurs publics et privés aux identités multiples et aux ressources asymétriques autour d'enjeux territorialisés » (Rey-Valette *et al*., 2011). Les formes de coordination varient en fonction du niveau de participation des différents groupes d'acteurs du territoire (Beuret, 2006), allant de la communication (des acteurs extraterritoriaux font passer un message concernant une décision) à la négociation (construction commune d'une décision). Ce cadre est dynamique puisque des innovations organisationnelles et institutionnelles peuvent changer le niveau de participation. Cette dernière peut se manifester par la coopération entre les différents groupes d'acteurs, mais aussi par des conflits, qui sont un moyen pour des parties écartées de réintégrer le processus de négociation (Chia *et al*., 2008).

Dans ce chapitre, nous étudierons la gouvernance du foncier et des chaînes de valeur et son impact sur les moyens de subsistance des populations. Nous y aborderons des exemples au Sénégal, au Maroc et en France. Les recherches menées au Sénégal combinent l'étude de la gouvernance territoriale et celle des chaînes de valeur à travers le développement de l'agrobusiness et ses effets sur l'agriculture durable, l'inclusion des petits producteurs au marché et leur sécurité alimentaire. Le travail mené au Maroc se concentre sur le développement d'une zone industrielle en milieu périurbain impliquant des investissements publics, mais peu régulé par les autorités publiques et qui se fait au détriment de la multifonctionnalité de l'agriculture. Enfin, les recherches menées en France s'intéressent aux leviers à disposition des acteurs locaux pour réguler l'usage du foncier agricole.

Nous faisons l'hypothèse que les évolutions des chaînes de valeur et de l'accès au foncier sont liées à plusieurs égards. Premièrement, en Afrique subsaharienne, la modernisation de l'agriculture, portée par les agrobusiness, caractérisée par de la coordination verticale, une grande échelle de production et l'intensification des cultures, exerce une forte pression sur le foncier. Cette pression peut avoir des effets négatifs lorsqu'elle entraîne une intensification de l'usage des intrants, une spécialisation de la production et une exclusion des usages extensifs du foncier (par exemple, le pastoralisme) ; ce d'autant plus lorsque les investisseurs s'implantent dans des pays où la gouvernance est faible et où les droits de propriété sont non sécurisés (Arezki *et al.*, 2015). Deuxièmement, dans les zones périurbaines, l'utilisation du foncier à des fins agricole se heurte à la pression urbaine résultant de projets industriels ou de construction de logements. Ces usages de la terre autres qu'agricoles empêchent le développement de filières courtes qui pourraient approvisionner la ville et mettre en valeur la multifonctionnalité potentielle des zones périurbaines (Duvernoy *et al*., 2005). Les pouvoirs publics ont la possibilité d'intervenir dans la

gouvernance territoriale pour réduire ces effets négatifs. Les trois études de cas (voir tableau 2.1 pour un résumé) illustrent ainsi certains des leviers qui sont utilisés. Elles caractérisent de façon précise ces leviers et leur fonctionnement effectif et donnent un point de vue éclairé sur leurs avantages et leurs limites.

Tableau 2.1. Résumé des données.

Localisation	Niveau de gouvernance/approche	Effets	Source de données
Vallée du fleuve Sénégal, département de Dagana[1]	Chaîne de valeur du riz (relation producteur-transformateurs) – Cadre des chaînes de valeur globales Foncier (installation des agrobusiness)	Accès au foncier des producteurs agricoles Pratiques agricoles (utilisation d'intrants chimiques)	Études de cas sur trois agrobusiness : 154 entretiens semi-directifs avec les acteurs de la chaîne de valeur et d'organisations en charge du développement et de la recherche. Séminaire de travail avec les représentants des producteurs et de l'agrobusiness Étude quantitative auprès de 470 producteurs référençant leurs revenus et leur sécurité alimentaire
Maroc, région de Casablanca[2]	Foncier en périurbain (installation d'une zone industrielle)	Accès au foncier des producteurs agricoles	Entretiens approfondis auprès de 20 acteurs du système foncier (exploitants, promoteurs, agents des collectivités)
Île-de-France[3]	Foncier en périurbain (préemptions Safer)	Accès au foncier des producteurs agricoles	Analyse de 784 préemptions Safer Entretiens avec 15 agents municipaux

[1] Soullier *et al*. (2018).
[2] Lenseigne et Bignebat (2019).
[3] Belleil (2018).

⏩ Au Sénégal, une gouvernance bouleversée par les investissements d'agrobusiness

Le département de Dagana est constitué de trois zones agroécologiques dans lesquelles les petits producteurs réalisent des activités différentes (figure 2.1). Dans le Waalo, localisé entre le fleuve Sénégal et la route nationale, les terres irriguées sont principalement utilisées pour la culture du riz, et dans une moindre mesure pour le maraîchage. Le Ferlo, situé au sud de la route, est une zone aride couverte de steppes arbustives et arborées, où le pastoralisme est la principale activité. Dans le Diéri, qui regroupe le lac de Guiers et les terres agricoles environnantes, l'agriculture est diversifiée. Ces activités agricoles sont principalement réalisées par des producteurs familiaux. Les cultivateurs sont surtout issus des ethnies wolofs et maures, alors que les agropasteurs sont principalement des Peulhs. Les ressources agricoles sont régies par la combinaison d'institutions coutumière et légale (Kamara 2014). D'une part, l'institution coutumière a été façonnée depuis des siècles par les

pratiques des agropasteurs, pour qui le territoire a une forte valeur identitaire. Cette institution prône la propriété collective des ressources agricoles, et la descendance hérite du droit d'usage. Elle cherche à limiter les conflits relatifs à l'utilisation des ressources agricoles, par exemple en favorisant la complémentarité entre les cultures et l'élevage. D'autre part, l'institution légale, à travers la loi sur le domaine national, dissocie les types de foncier. Les conseils municipaux définissent le plan d'occupation des sols et gèrent les affectations pour l'habitat, les cultures et l'élevage. Les terres dédiées à la protection des écosystèmes sont, quant à elles, gérées par l'État. La gouvernance territoriale combine parfois ces institutions coutumière et légale. Ainsi, les autorités locales et étatiques se sont en partie appuyées sur les institutions coutumières pour réaliser les attributions foncières liées à l'expansion des surfaces irriguées. Mais ces institutions ne sont pas toujours en accord, car elles peuvent aussi attribuer des fonctions antagonistes à une même ressource. Par exemple, la réserve naturelle de Ndiael est utilisée depuis des siècles pour le pastoralisme.

Suite à la crise des prix alimentaires de 2007, les décideurs publics et les organisations internationales ont renforcé leurs actions visant à développer le secteur agroalimentaire sénégalais. Les principaux leviers étaient l'encouragement des investissements à grande échelle, l'intensification des pratiques agricoles, l'accroissement des aménagements fonciers, la promotion de la contractualisation et le développement des infrastructures (Tyrou *et al*., 2019). Ces projets ont contribué à la transformation des chaînes de valeur, par le biais d'investissements d'agrobusiness dans les filières du riz (Soullier et Moustier 2020), de la tomate et des agrocarburants.

L'étude des investissements de trois agrobusiness révèle des implications territoriales variées (figure 2.1). L'entreprise Coumba Nor Thiam est issue du territoire du Waalo. Elle négocie avec les producteurs de riz et prend en considération les règles coutumières. Elle a progressivement augmenté son capital pour la production et la transformation de riz et, en 2014, elle a loué 1 000 hectares et réalisé des contrats avec 660 producteurs. L'entreprise anglaise West Africa Farms a investi en 2011 dans le Diéri en négociant avec les producteurs locaux. Par l'intermédiaire de ses employés, elle gère des exploitations maraîchères couvrant 200 hectares qui lui ont été attribués par la commune de Ngnith, en contrepartie d'une contribution au budget communal. Elle ne s'approvisionne pas auprès des producteurs locaux, mais elle a construit un canal irrigant 200 hectares cultivés par des producteurs locaux. L'entreprise Senhuile-Senethanol est passée par le biais de décrets ministériels pour imposer sa présence aux agropasteurs dans le Ferlo. C'est une entreprise italo-sénégalaise qui a accédé à 20 000 hectares localisés dans la réserve naturelle de Ndiael pour produire des agrocarburants. Bien qu'elle ait consenti quelques investissements en faveur des villages environnants (écoles, postes de santé, mosquées), ses activités obstruent les parcours pastoraux et l'accès aux points d'abreuvement (Papazian *et al*., 2016). Les producteurs exclus des négociations ont en conséquence réintégré le processus de gouvernance territoriale en créant une association pour négocier avec les pouvoirs publics et l'entreprise.

Les petits producteurs sont affectés différemment par les investissements des agrobusiness. Les agropasteurs peulhs voient leur accès au foncier réduit car les investissements contribuent à l'avancée des zones de cultures sur celles de pâturage. Si l'arrivée de West Africa Farms a permis l'accès de producteurs pratiquant une agriculture diversifiée à des surfaces irriguées, les investissements de Senhuile-Senethanol rentrent

en conflit avec les activités de 9 000 agropasteurs. Ainsi, 16,16 % des agropasteurs enquêtés ont déclaré considérer que leurs terres avaient été accaparées.

La réalisation de contrats ou l'intégration de la culture du riz par un agrobusiness ne provoque pas de changement de pratiques agricoles (Soullier *et al.*, 2018). La riziculture mise en œuvre par les petits producteurs est intensive et repose sur l'utilisation d'engrais et d'herbicides de synthèse. Toutefois, les agrobusiness ont une plus forte intensité culturale (1,95 cycle par an contre 1,15 pour les petits producteurs). Cela reflète l'efficacité des entreprises qui ont accès aux intrants et aux investissements au moment où elles en ont besoin pour assurer deux saisons de riziculture consécutives. De plus, les agrobusiness utilisent légèrement moins d'intrants, probablement pour limiter les risques économiques liés à la perte de fertilité des sols.

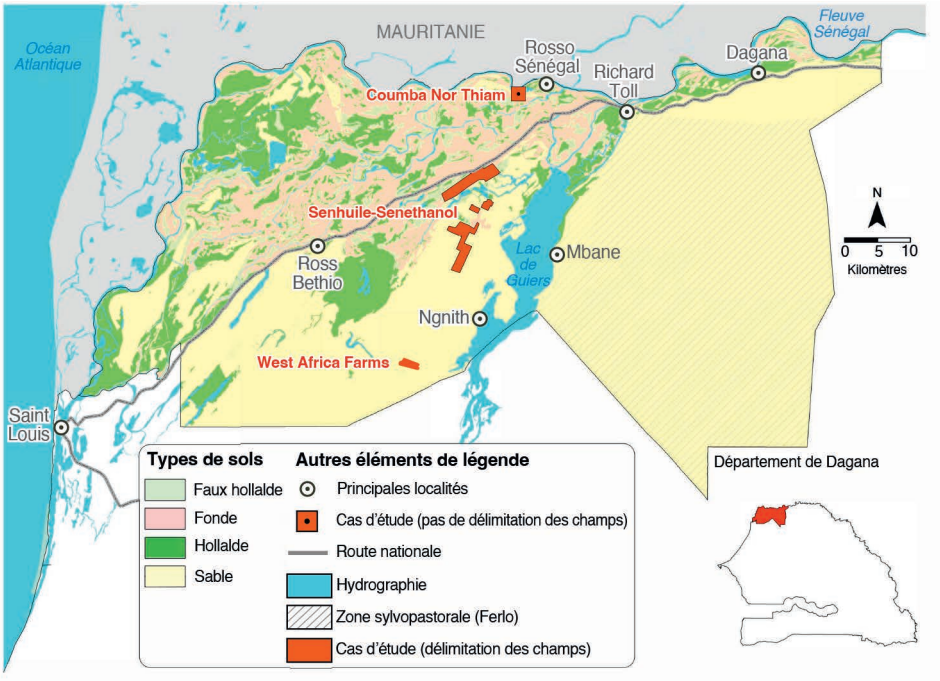

Figure 2.1. Localisation des trois agrobusiness au Sénégal (adapté de Soullier *et al.*, 2018).

Les effets des agrobusiness sur les revenus des différents producteurs sont limités. D'une part, 11 % des agropasteurs et 9 % des producteurs pratiquant une agriculture diversifiée sont des salariés travaillant pour Senhuile-Senethanol et West Africa Farms. Néanmoins, les revenus de certains producteurs baissent, car leurs activités sont contraintes en raison de l'accaparement des terres par les agrobusiness (en particulier par Senhuile-Senethanol). D'autre part, les méthodes quantitatives d'évaluation d'impact révèlent que les producteurs n'obtiennent pas de bénéfices supérieurs lorsqu'ils signent des contrats avec un transformateur de riz (Soullier et Moustier, 2018). Le contrat de commercialisation, qui spécifie des critères de qualité, n'inclut pas de prime à la qualité. Le contrat de production, qui inclut la fourniture d'intrants et de conseil technique, est réalisé par des riziculteurs endettés auprès de la banque agricole

nationale. Ce contrat leur permet de continuer la riziculture, mais il inclut une prime d'assurance et un taux d'intérêt élevés, qui réduisent de 38.8 % leur bénéfice.

Les effets des agrobusiness sur l'insécurité alimentaire des producteurs sont divers. Les producteurs travaillant pour ces entreprises peuvent affecter leur revenu supplémentaire à l'alimentation, alors que ceux dont les activités sont contraintes par les agrobusiness sont confrontés à une plus grande insécurité alimentaire. Par ailleurs, le contrat de commercialisation avec un rizier industriel diminue l'insécurité alimentaire des riziculteurs, car il réduit la variabilité des prix. Les ménages peuvent donc prévoir de manière plus fiable la quantité de paddy à vendre pour rembourser le crédit, et donc celle qui restera pour leur alimentation (Soullier et Moustier, 2018).

⏩ Casablanca : une gouvernance en émergence, illustration de la zone industrielle de Ouled Hadda

Le contexte démographique du Maroc se caractérise par une forte pression sur les zones urbaines du fait de la croissance démographique et de l'exode rural. En particulier, quelques grandes villes concentrent une majeure partie de la population urbaine (Schaffar et Nassori, 2016).

La région de Casablanca-Settat regroupe près de 25 % de la population urbaine du Maroc pour une superficie de 2,7 % du territoire (HCP, 2020, chiffres de 2014). Si son potentiel agricole est reconnu (avec près de 15 % de la surface agricole utile – SAU – nationale), la région joue un rôle industriel déterminant. Elle génère 74,5 % de la production industrielle nationale en valeur (2015) et attire plus de 80 % de l'investissement industriel en 2015.

La zone industrielle de Ouled Hadda en est une illustration exemplaire. Elle est située dans la province de Mediouna (limitrophe de Casablanca), à une quinzaine de kilomètres au sud-est du centre de Casablanca, dans sa première périphérie. Elle a été choisie pour cette étude en raison de son haut potentiel agricole et de son attractivité pour les implantations d'activités industrielles.

Une étude de terrain a été menée de juin à décembre 2018 à Casablanca et dans sa périphérie[1].

1. Les résultats présentés reposent sur une vingtaine d'entretiens (Lenseigne et Bignebat, 2019) : la chambre d'agriculture de Mediouna, les agences urbaines de l'Office national de conseil agricole (ONCA), la Direction provinciale de l'agriculture (DPA), un promoteur central de l'immobilier, l'Agence de développement agricole, ainsi que trois agriculteurs de la province de Mediouna. Ici, deux entretiens ont principalement été exploités : le Centre régional d'investissement (CRI) de Casablanca qui s'occupe de l'octroi de dérogations d'usage du sol pour la construction des plus gros projets économiques de la région ; et la Wilaya de Casablanca, organe régional du ministère de l'Intérieur. Les entretiens ont été menés selon une méthode semi-directive. Ces informations de première main ont été complétées par l'étude des sites officiels et des documents d'orientations d'administrations marocaines : Agence urbaine, CRI, ministère de l'Urbanisme. De plus, une lecture la plus exhaustive possible des articles de la presse marocaine a été ciblée. Enfin, un travail d'étude géographique de l'occupation du sol à l'aide du logiciel Google Earth Pro © a complété la collecte d'informations.

La zone industrielle de Ouled Hadda se trouve dans la commune de Sidi Hajjaj Oued Hassar d'environ 20 000 habitants pour un peu plus de 10 000 hectares en 2014. À cette même date, sa surface agricole utile potentielle est estimée à 68 % de sa superficie totale, dont 300 hectares irrigués composés de parcelles de droit de propriété privé (*melk*) d'une taille moyenne à grande (7,7 hectares en moyenne), dont les trois-quarts en faire-valoir direct. Sa vocation agricole est d'ailleurs préconisée par le Schéma directeur d'aménagement urbain (SDAU), document d'aménagement élaboré par le ministère de l'Urbanisme et validé par le ministère de l'Intérieur de 1984.

Dès 2004, la zone attire des investisseurs industriels privés (principalement industries du plastique et aciéries) qui acquièrent des terrains pour construire des entrepôts longeant la voie N9. La formalisation des droits d'implantation a été entamée sur une zone distincte, la zone industrielle de Titt Mellil à l'est de la commune. En projet depuis 2007, la zone industrielle de Ouled Haddad est reconnue auprès des administrations responsables de l'aménagement (Agence urbaine, CRI), principalement en réaction à l'installation des investisseurs par dérogation. Le processus dérogatoire a été autorisé au niveau national dès 1999 afin de faciliter la délivrance d'autorisations de construction pour des projets n'entrant pas dans le cadre des conditions réglementaires en place au niveau local (Nada, 2018). Il a été largement utilisé dans la zone étudiée (La Vie Éco, 2011). En 2010, la vocation industrielle de la zone est officiellement arrêtée par le SDAU de Casablanca. À cette date, elle est la plus grande zone industrielle du Maroc et compte 840 hectares sur la commune de Sidi Hajjaj Oued Hassar.

Suite à la déclaration de la vocation industrielle de Ouled Hadda, il a été convenu d'un partenariat public-privé, les industriels intéressés prenant une part importante dans le financement de la viabilisation du site : constitués en groupement d'intérêt économique (GIE), ils sont chargés de financer l'aménagement du site dans le cadre d'une convention passée avec le CRI. La commune de Sidi Hajjaj ne semble avoir été consultée à aucun stade du processus de développement de la zone industrielle, ses moyens financiers ayant été considérés comme trop faibles pour pouvoir financer son aménagement[2]. De ce fait, la municipalité n'a pas été impliquée dans le processus de décision : l'environnement institutionnel national ne laisse encore que peu de place aux instances publiques décentralisées et il permet dès lors une large marge de négociation au secteur privé qui profite de la flexibilité du système légal (par les dérogations par exemple).

En conclusion, cette étude nous amène à nous interroger sur les implications dans les zones périurbaines de décisions actuellement prises dans un contexte de pression démographique forte et de l'émergence d'institutions tentant d'encadrer les pratiques en cours (North, 1990). En particulier, l'exemple choisi pour cette étude tend à décrire une tendance à la régularisation de l'existant, contrairement à des politiques proactives imposant une direction souhaitée (Evans, 1999). Cela laisse craindre une généralisation des pratiques par anticipation que celles-ci seront acceptées *ex post* par les autorités locales en charge du développement urbain (Agence urbaine, CRI).

2. Source : entretien CRI, 2018.

⏩ Interventions foncières pour des projets agricoles en Île-de-France

L'objectif de l'étude était de déterminer si l'usage par les collectivités des préemptions agricoles est susceptible de favoriser l'agriculture de proximité dans une grande région métropolitaine comme l'Île-de-France. Nous nous sommes appuyés sur une base de données de 784 préemptions par les Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (Safer) lancées à la demande de communes franciliennes (période 2007-2017). Concernant les méthodes mobilisées, nous avons procédé à une analyse des données Safer (analyses factorielles, statistiques descriptives), couplées à un volet qualitatif consistant en des entretiens approfondis auprès d'un panel de 15 communes identifiées dans nos données comme étant les plus concernées par la procédure de préemption.

Les espaces agricoles franciliens ont connu au cours de ces dernières décennies une artificialisation importante, pour des besoins de construction de logements, de bureaux, d'infrastructures nécessaires au développement de l'agglomération parisienne. En Île-de-France, les acteurs non agricoles sont également très présents au niveau du marché foncier. En 2011 par exemple, 3 260 ventes ont été réalisées au profit d'acquéreurs non agricoles contre 942 au profit d'acquéreurs agricoles (Charre *et al*., 2012). Depuis l'année 2000 en effet, le marché est dominé par des vendeurs et des acquéreurs sans rapport avec l'activité agricole (un marché qui ne représente par ailleurs que 1 % de la superficie agricole régionale ; Bascianni-Funestre et Darley, 2013 ; Guelton, 2013). Les « stocks » (le patrimoine) et les flux (le marché) de terres agricoles sont par conséquent majoritairement entre les mains de personnes extérieures au monde agricole. Ces acteurs n'ont pas les mêmes objectifs de valorisation du foncier que des acquéreurs ou des propriétaires agricoles. Ils sont susceptibles de privilégier plus facilement une rente – de préférence élevée – que le maintien et la préservation de l'agriculture.

Depuis la loi du 8 août 1962, les Safer sont dotées d'un droit de préemption leur permettant d'intervenir sur les transactions immobilières et de réguler le marché foncier agricole (Grimonprez, 2016). Ce droit est encadré par les articles L. 143-1 et suivants du Code rural et de la pêche maritime. Le droit de préemption peut être défini comme le droit d'acquérir en priorité un bien destiné à la vente par son propriétaire (Struillou et Hostiou, 2011). En vertu de l'article L. 143-1, c'est uniquement en cas d'aliénation à titre onéreux de biens immobiliers à usage agricole et de biens mobiliers qui leur sont attachés ou de terrains nus à vocation agricole que la Safer peut exercer son droit de préemption. Le rôle qu'elle joue est d'autant plus important que les collectivités locales ne disposent d'aucun droit de préemption sur leurs espaces agricoles, naturels et forestiers comme elles peuvent l'avoir sur les espaces urbains (par le biais du droit de préemption urbain).

Dans un premier temps, nous nous sommes concentrés sur la répartition spatiale des préemptions en la comparant aux données concernant les pressions foncières. Les communes faisant le plus appel à la Safer dans le cadre de la convention de surveillance et d'intervention foncière sont situées dans la proche périphérie de Paris (rayon de 10 à 30 kilomètres autour de la capitale) et dans des secteurs où le prix du

foncier agricole dépasse très largement les valeurs moyennes régionales (ceinture verte, Yvelines). Les prix pratiqués dans ces secteurs excèdent généralement les dix euros par mètre carré.

Les prix de vente d'une terre agricole étant négociés en référence aux valeurs pratiquées sur le marché local, ces valeurs particulièrement élevées laissent présumer un usage non agricole (jardin d'agrément, anticipation de constructibilité) et illustrent les difficultés que peuvent rencontrer les acquéreurs agricoles (installés ou non) pour accéder au foncier. C'est d'ailleurs l'un des premiers constats que nous avons pu faire lors du traitement des données : en Île-de-France, entre janvier 2010 et décembre 2017, sur 784 préemptions, 72 % des biens acquis par la Safer ont fait l'objet d'une révision de prix. Le prix révisé se traduit, dans un cas sur deux, par une réduction de plus de 75 % du prix notifié dans la déclaration d'intention d'aliéner. Dans 84 % des cas, la réduction de prix a été supérieure à 50 %, et dans 98 % des cas à 25 %. Ces chiffres témoignent de la pression continue sur le foncier agricole en Île-de-France, lequel est vendu à des prix plus proches des prix des terrains à bâtir que des terrains à vocation agricole ou naturelle. L'une des raisons des tendances à la hausse est la place importante occupée par des non-agriculteurs au sein de ce marché.

Dans un second temps, nous nous sommes concentrés sur les caractéristiques des terrains préemptés : position dans le zonage du document d'urbanisme de la commune, contenance et, enfin, nature réelle des terrains. Plus de la moitié des préemptions concernent des parcelles situées dans les zones naturelles et forestières des plans locaux d'urbanisme, conséquence du fait que de nombreux espaces agricoles sont classés en dehors des zones agricoles. Parmi les 784 préemptions réalisées entre 2010 et 2017 par la Safer à la demande des communes, il apparaît que 59 % des parcelles préemptées ont une surface comprise entre 1 000 mètres carrés et un hectare et que 32 % des parcelles ont une surface inférieure à 1 000 mètres carrés. La taille réduite de ces emprises laisse présager des interventions souvent davantage motivées par des objectifs anti-spéculatifs que par des projets ambitieux sur le plan agricole.

Nos enquêtes de terrain ont permis d'identifier deux types de motivations principales pour le recours à la préemption :
– une première catégorie de communes utilise la préemption avant tout comme un instrument anti-spéculatif. Ces communes sont notamment susceptibles de solliciter la Safer pour préempter des terres agricoles non bâties ou partiellement bâties dans le cadre de projets de vente à destination d'acquéreurs non agricoles : acquéreurs de résidences secondaires ou de jardins d'agrément, gens du voyage.
– Une seconde catégorie de communes mobilise la préemption au service d'un projet agricole de proximité (maraîchage en circuit court notamment), souvent en complément d'autres outils (réglementation d'urbanisme protectrice). Ce profil reste minoritaire, mais tend à être plus fréquent sur les dernières années de la décennie étudiée.

Notre étude quantitative sur les préemptions agricoles lancées à la demande des communes, conjuguée à la réalisation d'entretiens semi-directifs, nous a permis de mettre en évidence des conflits d'usage importants dans les territoires ruraux et périurbains de la région francilienne.

Le phénomène de cabanisation, c'est-à-dire l'occupation par du bâti illégal et précaire, avait été identifié en amont de notre étude, mais l'enquête réalisée lui a

conféré une place beaucoup plus centrale que prévu. Il s'avère finalement être le principal moteur des interventions directes des collectivités locales sur leur foncier agricole. La dimension de sauvegarde et de préservation des terres agricoles, souvent invoquée de manière formelle, n'est généralement traitée que dans un second temps. Dans certaines communes, l'articulation des différents outils d'intervention foncière permet de répondre à la fois à des enjeux de cabanisation et à des enjeux de soutien à l'activité agricole, dans le cadre d'une stratégie foncière globale. Le partenariat avec la Safer est une option dont les communes peuvent se doter si elles le souhaitent et si elles font le choix d'y affecter des moyens. C'est moins souvent le cas dans les petites communes rurales qui peuvent de ce fait se retrouver démunies face à la cabanisation de leurs terres agricoles.

⏩ Conclusion

Nos travaux montrent certaines marges de manœuvre dont disposent les autorités publiques à l'échelle régionale pour protéger les agriculteurs des logiques marchandes à l'œuvre en matière de foncier. Les effets des politiques publiques restent néanmoins limités, ce qui s'explique en partie par la coexistence d'institutions officielles, de coutumes et de pratiques des acteurs privés. Au Sénégal, les changements de gouvernance territoriale provoqués par les investissements d'agrobusiness dépendent de la prise en compte des institutions coutumières et légales. Les producteurs sont divers en matière d'activités, de localisations et de groupes ethniques, et sont affectés de différentes manières par ces investissements. Certains producteurs voient leur contrôle des ressources agricoles territoriales diminuer et subissent une perte d'accès au foncier, de revenus et de sécurité alimentaire. Néanmoins, ces mêmes agrobusiness se substituent parfois aux politiques publiques, en fournissant certaines infrastructures socio-économiques de base, ce qui contribue à une plus grande acceptabilité de la part de la population (Soullier *et al*., 2018). Pour que les petits producteurs ne voient pas leur contrôle des ressources agricoles territoriales diminuer, il semble nécessaire que l'implantation des agrobusiness prenne en compte les règles coutumières de gestion des ressources agricoles, en plus d'identifier des dispositifs de contrôle et d'application des accords établis.

Dans la zone périurbaine de Casablanca, le système légal permet que les schémas locaux d'aménagement soient contournés par des dérogations largement utilisées par les promoteurs industriels, ce qui a sûrement nui à l'usage agricole des terres. Le fait que les autorités se contentent de prendre acte de ces situations existantes peut mener à un effet de verrouillage dans lequel les industriels prendront pour acquis le fait que les autorités acceptent *de facto* leurs décisions. Une division claire des compétences entre les agences nationales, régionales et locales pourrait permettre de mettre en place un plan d'aménagement urbain plus cohérent.

En Île-de-France, les recherches révèlent différents usages du droit de préemption. Les municipalités ont principalement pour but de geler la situation afin d'éviter l'étalement urbain en adoptant une position défensive. Ce n'est que de manière plus marginale que l'on identifie des projets agricoles résultant de décisions proactives.

Dans un contexte d'évolution rapide des investissements et de l'usage des terres publiques et privées, les décisions prises par les acteurs mènent à des changements ou à des adaptions institutionnelles. Le résultat de ces changements est souvent difficilement réversible, comme pour la construction de bâtiments en France ou au Maroc et le déplacement des agropasteurs au Sénégal.

Remerciements

Ce chapitre présente les résultats de deux projets financés par le métaprogramme Cirad-INRAE GloFoodS : Valchain « Effets économiques et agronomiques de la gouvernance des chaînes de valeur alimentaires : application aux céréales en Afrique de l'Ouest » (coordination Paule Moustier, Cirad-MoISA, et Guillaume Soullier, Cirad-ART-DEV) et Galop « Gouvernance alimentaire locale et planification » (coordination Céline Bignebat, INRAE-Sadapt). Galop souhaite remercier Coline Lenseigne pour son support scientifique très efficace.

Références bibliographiques

Arezki, R., Deininger, K., Selod, H. (2015). What drives the global "land rush"? *The World Bank Economic Review*, *29*(2), 207–233. https://doi.org/10.1093/wber/lht034

Basciani-Funestre, M-A., Darley A. (2013). Des marchés fonciers toujours opaques ? *In* Guelton, S. (Ed.) (2013), *Le Foncier en Île-de-France, retour sur 10 idées reçues*. Lab'Urba.

Belleil, J. (2018). Les interventions des collectivités locales en matière de gestion du foncier agricole en Ile-de-France [Unpublished master's thesis, AgroParisTech].

Beuret, J.-E. (2006). *La Conduite de la concertation. Pour la gestion de l'environnement et le partage des ressources*. L'Harmattan, Paris.

Charre, S., Maillet, C., Darley, A., Omhovère, M. (2012), Les pressions foncières en milieux agricoles et naturels. Exploitations des données Safer 2000-2011 [Scientific report]. https://www.institutparisregion.fr/nos-travaux/publications/les-pressions-foncieres-en-milieux-agricoles-et-naturels-1/

Chia, E. (2013). Repenser la gestion foncière: la gouvernance foncière au prisme de ses instruments. *In* Bertrand, N. (Ed.), *Terres agricoles périurbaines : une gouvernance foncière en construction* (pp. 235–247). https://www.quae.com/produit/1197/9782759221127/terres-agricoles-periurbaines

Chia, E., Torre, A., Rey-Valette, H. (2008). Conclusion : Vers une « technologie » de la gouvernance territoriale ! Plaidoyer pour un programme de recherche sur les instruments et dispositifs de la gouvernance des territoires. *Norois, Environnement, Aménagement, Société*, 167–177. https://doi.org/10.4000/norois.2603

Cotula, L., Vermeulen, S., Leonard, R., Keeley, J. (2009). Land grab or development opportunity? Agricultural investment and international land deals in Africa. Iied, IFAD. https://pubs.iied.org/12561iied

Duvernoy, I., Jarrige, F., Moustier, P., Serrano, J. (2005). Une agriculture multifonctionnelle dans le projet urbain : quelle reconnaissance, quelle gouvernance ? *Les Cahiers de la multifonctionnalité*, 87–104. https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01026211

Evans, A. W. (1999). The land market and government intervention. *In Handbook of Regional and Urban Economics*, 3 (pp. 1637–1669). https://doi.org/10.1016/S1574-0080(99)80011-X

Gereffi, G., Korzeniewicz, M. (Eds.) (1994). *Commodity Chains and Global Capitalism. Contributions in Economics and Economic History*. Greenwood Press, Westport, Conn.

Grimonprez, B., (2016). *Le Droit de préemption de la Safer*. LexisNexis. https://boutique.lexisnexis.fr/6702-le-droit-de-preemption-de-la-safer

Struillou, J-F., Hostiou, R. (2011). *Expropriation et préemption : aménagement, urbanisme, environnement*. Paris, Litec.

Guelton, S. (Ed.) (2013). *Le Foncier en Île-de-France, retour sur 10 idées reçues*. Editions ADEF.

HCP [Haut Commissariat au Plan], 2020, Monographie de la région de Casablanca-Settat 2020, Rabat. https://www.hcp.ma/reg-casablanca/attachment/2079833/

Humphrey, J. (2004). *Upgrading in global value chains* [Working Paper No. 28]. International Labour Office. https://www.ilo.org/integration/resources/papers/WCMS_079105/lang--en/index.htm

Kamara, S. (2014). *Développements hydrauliques et gestion d'un hydrosystème largement anthropisé : Le delta du fleuve Sénégal*. [Thèse de doctorat, université d'Avignon et université Gaston-Berger, Avignon]. HAL theses. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00965106

La Vie Éco. (2011). Zone industrielle d'Oulad Hadda : des dérogations spéciales pour des investissements de 2 milliards de DH. *La Vie Éco*, April 22. https://www.lavieeco.com/economie/zone-industrielle-doulad-hadda-des-derogations-speciales-pour-des-investissements-de-2-milliards-de-dh-19310/

Le Bris, E., Le Roy, E., Mathieu, P. (Eds.) (1991). *L'Appropriation de la terre en Afrique noire : manuel d'analyse de décision et de gestion foncières*. Éditions Karthala.

Lenseigne, C., Bignebat, C. (2019). Usage du foncier agricole périurbain : le cas de la zone industrielle Ouled Hadda au Maroc. 13th SFER conference.

North, D.C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678

Papazian, H., D'Aquino, P., Bourgoin, J., Ba, A. (2016). Jouer avec diverses sources de régulation foncière : le pluralisme sahélien. *Économie rurale*, 353–354, 27–44. https://doi.org/10.4000/economierurale.4904

Rey-Valette, H., Pinto, M., Maurel, P., Chia, E., Guihéneuf, P.-Y., Michel, L., Nougaredes, B., Soulard, C.-T., Jarrige, F., Guillemot, S., et al., 2011. Guide pour la mise en œuvre de la gouvernance en appui au développement durable des territoires. Irstea 155. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01485481

Rochegude, A. (2005). Le « Droit d'agir », une proposition pour la « bonne gouvernance foncière ». *Cahiers d'anthropologie du droit : Droit, gouvernance et développement durable*, 59–72. https://www.foncier-developpement.fr/wp-content/uploads/Rochegude-2005-le-droit-dagir.pdf

Schaffar, A., Nassori, D. (2016). La croissance urbaine marocaine : convergence vs concentration. *Revue économique*, 67, 207–226.

Soullier, G., Moustier, P., Bourgoin, J., Ba A. (2018). Les effets des investissements d'agrobusiness sur les agriculteurs familiaux. Le cas de la vallée du fleuve Sénégal. *Économie rurale*, 4 (366), 61–79.

Soullier, G., Moustier, P. (2018). Impacts of contract farming in domestic grain chains on farmer income and food insecurity. Contrasted evidence from Senegal. *Food Policy*, *79*, 179–198. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.07.004

Soullier, G., Moustier, P. (2020). The modernization of the rice value chain in Senegal: a move towards the Asian quiet revolution? *Development Policy Review*, *39*, O81–O101. https://doi.org/10.1111/dpr.12459

Tyrou, E., Ribier, V., Soullier, G. (2019). How do I build my agricultural growth pole? A review of policies in three West African countries. *In 170th Seminar of the European Association of Agricultural Economists*. Montpellier, France, CIRAD, MOISA Unit. https://agritrop.cirad.fr/595748/

Partie 2

Liens entre offre agricole et besoins alimentaires et nutritionnels

Chapitre 3

Analyser la transition nutritionnelle à travers l'offre et la demande alimentaires : approches croisées en économie, gestion et nutrition

Sophie Drogué, Sandrine Costa, Michel Simioni, Viola Lamani, Marie-Josèphe Amiot, Caroline Méjean

Que ce soit dans les pays industrialisés ou dans les pays en développement, la transition nutritionnelle a affecté de nombreuses régions du monde. Elle est causée par des changements démographiques, sociaux et économiques rapides et se traduit par une prévalence croissante de l'obésité et des maladies chroniques en lien avec la nutrition (Popkin, 2006a). En règle générale, cette transition consiste en un passage de régimes traditionnels à des régimes dits « modernes », caractérisés par une faible consommation d'aliments de bonne qualité nutritionnelle et une forte consommation d'aliments bon marché, facilement disponibles, à forte densité énergétique, contenant des niveaux élevés de graisses saturées, de sucres ajoutés et de céréales raffinées. Ces nouvelles habitudes alimentaires entraînent un déséquilibre entre consommation de nutriments et besoins nutritionnels.

Dans ce contexte, une des questions majeures à laquelle les scientifiques doivent répondre est celle de la caractérisation des modèles et des dynamiques de transition ainsi que de leurs spécificités. Les sociétés industrialisées et en développement doivent freiner les transitions nutritionnelles et identifier les leviers permettant d'atteindre la sécurité alimentaire et nutritionnelle, partout et pour tous.

L'une des caractéristiques les plus frappantes de la transition nutritionnelle est l'évolution de l'approvisionnement alimentaire à court terme. La mondialisation, le développement du commerce international et la dépendance croissante à l'égard des importations d'aliments transformés, de sucres simples et de graisses saturées bon marché sont autant de facteurs qui y contribuent. Les prix, les quantités et la diversité des produits alimentaires disponibles ont été affectés par la baisse des coûts de transport, la diminution des protections douanières sur les produits agroalimentaires et l'augmentation des flux d'investissements directs étrangers dans l'industrie

alimentaire. Pour analyser correctement le lien entre commerce et nutrition, il est nécessaire d'évaluer la dynamique du commerce des produits alimentaires en fonction de leur qualité nutritionnelle, grâce à une analyse globale de la disponibilité de tous les nutriments au niveau d'un territoire. Une telle évaluation est nécessaire pour que les décideurs publics puissent mieux comprendre l'impact des produits alimentaires sur la santé des populations et prendre des décisions pertinentes (Lamani *et al*., 2020).

Un autre défi pour les scientifiques est de déterminer les approches adéquates pour étudier comment les changements démographiques et socio-économiques influencent la dynamique de la transition nutritionnelle, en particulier dans les pays en développement qui sont encore en pleine transition. Les méthodes de décomposition (Fortin *et al*., 2011) peuvent améliorer les connaissances sur les différents rôles joués par la transition démographique, le développement économique et les comportements de consommation au fil du temps. De nombreux pays en développement ont connu des transitions tout à la fois démographiques, économiques, épidémiologiques et nutritionnelles dans les années 1970 et 1980, et les effets conjugués de ces transitions doivent être compris pour mieux orienter les nouvelles politiques nutritionnelles (Trinh *et al*., 2018a).

Enfin, une fois la transition décrite d'un point de vue historique, on doit s'intéresser aux leviers qui peuvent être utilisés pour inverser la transition nutritionnelle grâce à des politiques nutritionnelles. Ces politiques peuvent inclure des mesures fondées sur les prix ou les revenus, ou sur des campagnes de promotion de régimes traditionnels comme le régime méditerranéen, largement plébiscité par les scientifiques (Belahsen et Rguibi, 2006). Évaluer l'adhésion à ces régimes traditionnels plus sains et leurs déterminants individuels, tels que les normes sociales ou les croyances sur les coûts et bénéfices à consommer des aliments traditionnels, peut contribuer à orienter les politiques publiques vers des comportements alimentaires plus sains (Recchia, 2017 ; Aouate, 2016). Il est également nécessaire d'évaluer l'impact que pourraient avoir des politiques économiques ciblant la production agricole sur l'accès à ces aliments traditionnels.

Les transitions nutritionnelles sont des processus complexes impliquant des prises de décisions à tous les niveaux, de la ferme à la fourchette, et les conséquences sur la santé publique sont importantes. Une approche multidisciplinaire est donc nécessaire pour explorer le large éventail de déterminants des transitions nutritionnelles et l'impact potentiel des politiques, mais aussi pour étudier les conséquences des changements de modèles alimentaires. Par exemple, si les économistes utilisent des modèles basés sur des données réelles concernant les individus et les ménages pour faire des déductions sur leurs comportements (comme la sensibilité de la demande aux prix des aliments et aux instruments de politiques publiques), les épidémiologistes s'intéressent au lien entre le comportement des consommateurs et la santé publique, et les chercheurs en sciences de gestion étudient l'impact des politiques sur la chaîne agroalimentaire. Il est alors important de comprendre ces différences entre les domaines de recherche, car les politiques peuvent comporter des instruments axés sur la demande dont les effets seront mieux étudiés par des épidémiologistes travaillant avec des économistes, tandis que les politiques centrées sur l'offre le seront de préférence par des chercheurs en gestion et des économistes. Une approche transversale et interdisciplinaire appliquée à un objet d'analyse

commun, à savoir les habitudes alimentaires de la population, peut produire une analyse plus réaliste des causes et des conséquences des transitions nutritionnelles.

Dans ce chapitre, nous explorons le rôle de divers facteurs de changements économiques et sociétaux (par exemple, les revenus, l'urbanisation, la transition démographique, les changements socio-économiques) ou du comportement alimentaire dans les transitions alimentaires. Puis nous étudions les leviers à la fois du côté de l'offre et de la demande pour freiner la transition nutritionnelle. Ces objectifs ont été analysés dans différents contextes de transition nutritionnelle : dans les Antilles françaises (Lamani *et al*., 2020 ; Colombet *et al*., 2021), au Vietnam (Trinh *et al*., 2018a, 2018b) et au Maroc (Recchia, 2017), où les modèles alimentaires traditionnels tombent progressivement en désuétude auprès des jeunes générations et sont remplacés par des modèles plus modernes et moins sains.

⏩ Les déterminants de la transition nutritionnelle

Un grand nombre de publications en économie, en santé publique et en nutrition sur les déterminants de la nutrition ou de l'état de santé décrivent comment les facteurs politiques et socio-économiques ont contribué à modifier les habitudes alimentaires, la nutrition et l'activité physique (Hawkes, 2006 ; Popkin, 2006b ; Schram *et al*., 2018). Parmi ces facteurs, ont été mis en évidence les impacts négatifs de la libéralisation du commerce, du développement des investissements directs étrangers et de la mondialisation (Kearney, 2010). Par exemple, la baisse des coûts de transport, la diminution des barrières tarifaires et non tarifaires sur les importations et l'augmentation des investissements directs étrangers dans l'industrie agroalimentaire influencent les prix des produits importés, ainsi que la diversité, les quantités et la qualité des aliments disponibles. Bien que les consommateurs aient accès à des produits moins chers et plus diversifiés, des études ont montré que l'abaissement des barrières commerciales et l'augmentation du commerce international et de la mondialisation qui en résulte favorisent les importations d'aliments obésogènes.

Ces aliments sont connus pour augmenter le risque de maladies chroniques, telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires et les cancers (Schram *et al*., 2018 ; Cuevas García-Dorado *et al*., 2019). Dans certaines régions du monde, cette évolution est d'autant plus préoccupante que leur approvisionnement alimentaire dépend fortement des importations. C'est le cas des pays méditerranéens comme la Tunisie ou le Maroc, qui sont devenus dépendants des importations de farine, de sucre et d'huile végétale (autre que l'huile d'olive), du fait de leur décision de lutter contre la sous-alimentation en subventionnant les aliments à forte densité énergétique (Drogué *et al*., 2020 ; Saidi et Diouri, 2017). Aux Antilles françaises, où le secteur agricole local est fortement spécialisé dans les cultures de rente (canne à sucre et banane), le pays dépend des approvisionnements alimentaires en provenance de l'Hexagone, car il ne parvient pas à satisfaire la demande intérieure malgré les aides publiques (Méjean *et al*., 2020).

Pour examiner en profondeur le lien commerce-nutrition, Drogué *et al*. (2019) ont construit la base de données Reconcil afin de faire correspondre la nomenclature douanière internationale (dite « Système harmonisé » – SH), qui codifie les produits

échangés au niveau international, avec la table de composition nutritionnelle Ciqual établie par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Pour chaque code SH6 (qui correspond à un ou plusieurs aliments Ciqual), la base de données Reconcil fournit une approximation de la composition nutritionnelle de l'aliment pour 64 nutriments. Elle met à disposition des données hautement désagrégées sur la composition nutritionnelle des aliments faisant l'objet d'un commerce international, ce qui signifie que la qualité nutritionnelle de ces aliments peut être analysée de façon précise. À l'aide de cette base, Lamani *et al*. (2020) ont étudié la dynamique des importations alimentaires dans les Antilles françaises (Guadeloupe et Martinique) sur deux décennies, en examinant le prix, la qualité et la quantité nutritionnelles, ainsi que les types d'aliments. L'étude a révélé que les protéines animales, les graisses saturées et les sucres ajoutés dans les importations de produits alimentaires transformés ont considérablement augmenté au cours des 20 dernières années.

À la suite de ces travaux, Méjean *et al*. (2020) ont également utilisé la base de données Reconcil pour approfondir l'analyse de la qualité nutritionnelle des importations alimentaires dans les cinq territoires français d'outre-mer (La Réunion, Mayotte, Guyane, Martinique et Guadeloupe). Pour ces territoires, les auteurs ont calculé les soldes des importations en graisses végétales et animales, en glucides complexes, en sucre libre, en protéines végétales et animales. Selon leurs calculs pour 2015, la part des lipides libres, des sucres simples et des protéines animales dans les calories importées par habitant s'élevait à 42 % en Guadeloupe, 44 % en Guyane, 48 % en Martinique, 34 % à Mayotte et 33 % à La Réunion. Ces chiffres sont inquiétants, car dans les territoires où les données sont disponibles, Méjean *et al*. (2020) ont montré que les importations représentent plus de 90 % de la disponibilité calorique en Martinique et plus de 85 % à La Réunion.

Ainsi, l'amélioration de la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire par le biais des échanges semble être un problème difficile à résoudre par les seules actions de santé publique. Outre l'étude de l'évolution des disponibilités alimentaires, il est nécessaire d'analyser aussi comment les transitions démographiques et économiques ont influencé les transitions nutritionnelles et, par conséquent, les choix alimentaires de la population dans un pays donné.

Lamani *et al*. (2020) ont utilisé à la fois les données douanières françaises du commerce international au niveau SH6 et la base de données Reconcil, pour explorer empiriquement les relations entre l'évolution de la qualité nutritionnelle de la demande d'importation sur une période de 20 ans, et plusieurs facteurs clés du développement économique, tels que le revenu, l'expansion des supermarchés, la participation des femmes au marché du travail et l'urbanisation. Pour mettre en évidence les changements, les chercheurs ont utilisé des marqueurs alimentaires de la transition nutritionnelle, à savoir les protéines animales, les graisses saturées et la teneur en sucre et en fibres, et ont élaboré un modèle économétrique de commerce international. Les résultats ont montré que le développement de la vente au détail de produits alimentaires, l'augmentation des revenus et l'urbanisation en Guadeloupe et en Martinique ont entraîné une hausse de la demande d'importation de ces quatre nutriments. Cependant, aucun lien n'a été trouvé entre l'emploi des femmes et les importations de ces nutriments.

Généralement, les analyses des déterminants sociodémographiques des changements de régime alimentaire sur une période donnée se concentrent uniquement sur les effets de la composition du régime alimentaire qui reflètent l'impact des changements dans la population étudiée (par exemple, l'urbanisation, l'amélioration des revenus). En s'appuyant sur les développements récents des méthodes de décomposition en économie (Fortin *et al*., 2011), Trinh *et al*. (2018b) suggèrent de considérer un effet supplémentaire, l'« effet de structure », pour capturer l'impact des changements de comportement des consommateurs et des habitudes alimentaires dans la population étudiée. Les chercheurs s'accordent avec Popkin (2002) sur la limite principale de la plupart des études analysant les changements alimentaires. Elles ne considèrent que les changements dans la composition de la population comme des déterminants des changements observés dans les habitudes alimentaires. Les études existantes ne font pas le lien entre les changements de comportement des consommateurs et les changements d'habitudes alimentaires. Or, il est possible que des consommateurs, ayant le même niveau d'éducation ou de revenu, aient acheté des quantités différentes de produits alimentaires à des moments différents. Les habitudes des consommateurs peuvent avoir évolué au fil du temps (reflétant, par exemple, un choix plus prononcé pour les aliments sucrés ou les produits laitiers fondé sur la croyance qu'ils sont sains), ce qui peut également entraîner des changements dans les habitudes alimentaires.

Trinh *et al*. (2018a, 2018b) se sont intéressés à la transition nutritionnelle au Vietnam. Au cours des 30 dernières années, le Vietnam a connu une croissance économique soutenue, entraînant des transitions démographiques, épidémiologiques et nutritionnelles. Durant cette période, la population vietnamienne est passée d'un régime alimentaire traditionnel (comprenant des céréales, des légumineuses, des fruits et des légumes ainsi qu'un peu de viande et de poisson essentiellement locaux et de saison) à un régime moderne standardisé. La consommation d'aliments d'origine animale, de graisses, de sucre et d'aliments transformés prêts à consommer a augmenté, entraînant des déséquilibres alimentaires qui, associés à une activité physique moindre, augmentent les risques pour la santé. Toutefois, ces changements alimentaires coexistent avec une sous-nutrition infantile persistante dans les zones rurales, ainsi qu'avec des carences en micronutriments. Le Vietnam est désormais confronté au triple fardeau de la malnutrition (Pinstrup-Andersen, 2007).

Trinh *et al*. (2018b) ont analysé l'évolution du régime alimentaire des ménages vietnamiens entre 2004 et 2014. Cette évolution a été caractérisée par une augmentation de l'apport calorique total par habitant sur la même période, non seulement en moyenne mais aussi pour tous les quantiles de cette distribution. L'évolution de l'apport calorique provenant des protéines et des graisses présente un schéma similaire. En revanche, l'apport calorique provenant des glucides s'est réduit, avec une augmentation des consommations faibles et élevées au cours de la période, alors que l'apport moyen est resté stable.

D'une part, l'analyse de décomposition montre que les dépenses alimentaires et la taille du ménage semblent être les principaux moteurs de l'effet de composition, qui capte les impacts des facteurs sociodémographiques. Ce constat corrobore les résultats de nombreuses études antérieures (voir la revue systématique réalisée par Mayén *et al*., 2014). Alors que l'urbanisation est souvent notée comme un moteur

important des changements alimentaires (Popkin, 2002), son évolution ne semble pas expliquer ce même effet au Vietnam.

D'autre part, l'analyse de décomposition montre également l'importance de considérer l'effet dit « de structure » (c'est-à-dire l'impact des changements de comportement des consommateurs) lors de l'étude de la transition nutritionnelle au Vietnam. Les effets de structure et de composition vont dans des directions opposées : les effets de structure se traduisent toujours par une diminution de l'apport calorique, tandis que les effets de composition liés à la structure démographique et socio-économique de la population se traduisent toujours par une augmentation de l'apport calorique. L'effet total dépend donc de l'ampleur des deux effets pris individuellement. Il est à noter que les changements de comportement n'ont eu pratiquement aucun impact sur l'évolution de la consommation de graisses et de protéines au cours de la période étudiée, car ils ont largement été compensés par les impacts des changements dans les caractéristiques de la population. En revanche, ils ont eu un effet important sur la consommation de glucides. Ces changements ont même compensé l'effet des changements dans la composition de la population et ont conduit à une diminution de l'apport calorique provenant des glucides.

Récemment, Colombet *et al*. (2021) ont appliqué des méthodes de décomposition pour étudier la contribution des caractéristiques démographiques et socio-économiques à la transition nutritionnelle en Martinique. L'état de santé et la qualité des apports en nutriments et en aliments se sont détériorés entre 2003 et 2013, suggérant une transition nutritionnelle en cours. La transition démographique explique environ la moitié du déclin de l'état de santé et n'explique que marginalement les changements dans les apports alimentaires. On peut donc penser que des facteurs non observés de la transition nutritionnelle sont en jeu, tels que les évolutions des prix alimentaires ou du commerce de détail.

⏩ Quels leviers pour inverser la transition nutritionnelle de la consommation à la production agricole ?

Comme expliqué précédemment, il est essentiel de comprendre l'influence des facteurs politiques, économiques et socioculturels sur la transition nutritionnelle pour élaborer des stratégies pertinentes et adaptées au contexte qui permettent d'atteindre la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Ces stratégies peuvent porter simultanément sur la consommation alimentaire, la production agricole et l'organisation des filières.

Dans les pays en développement, la lutte contre la dénutrition est encore un enjeu important. Les pays qui ont fondé leurs politiques alimentaires sur des subventions de prix pour les aliments à forte densité énergétique ont souvent réussi à lutter contre la sous-alimentation, mais ils ont aussi favorisé la transition nutritionnelle et la dépendance aux importations, comme l'ont décrit Drogué *et al*. (2020) en Tunisie. En utilisant des approches méthodologiques innovantes, Trinh *et al*. (2018a) ont soulevé la question de la pertinence d'une politique basée sur les revenus pour lutter contre la sous-alimentation. Les auteurs ont revisité la question de l'estimation de

la relation entre l'apport calorique et le revenu, souvent abordée dans la littérature sur le développement (Ogundari et Abdulai, 2013), en utilisant des approches économétriques non et semi-paramétriques. La théorie économique suppose généralement que cette relation a une forme de U inversé dans les économies en développement : l'apport calorique par habitant augmente rapidement avec le revenu jusqu'à un seuil donné, puis ralentit et peut même s'arrêter. Ce seuil de revenu fournit une mesure du seuil de pauvreté, c'est-à-dire de la valeur jusqu'où une intervention sur le revenu peut avoir un impact positif sur l'apport calorique. La relation entre l'apport calorique et le revenu est estimée à l'aide des enquêtes biannuelles sur le niveau de vie des ménages vietnamiens entre 2004 et 2014. Toutes les spécifications sélectionnées semblent être concaves avec un seuil de pauvreté variant au cours de la période. Ce résultat souligne qu'il y a encore de la place pour des politiques fondées sur le revenu pour lutter contre la sous-nutrition au Vietnam, en particulier des politiques qui aident les ménages défavorisés à avoir plus de moyens pour satisfaire leurs besoins alimentaires.

Pour enrayer la transition nutritionnelle, il faut encourager les gens à manger plus sainement, et les politiques publiques doivent s'adresser aux personnes les plus vulnérables. L'étude de la qualité de l'alimentation d'une population au travers de son adhésion à des modèles alimentaires sains est un bon indicateur pour définir les populations cibles. Par exemple, suivre le régime méditerranéen traditionnel est reconnu comme un moyen de prévenir les maladies non transmissibles (D'Innocenzo *et al*., 2019), et divers indicateurs ont été définis pour en évaluer l'adhésion. Mais ces indicateurs doivent être utilisés avec précaution. Recchia (2017) a comparé quatre scores différents pour analyser l'adhésion au régime méditerranéen : le score de régime méditerranéen transformé (tMDS), le score de régime méditerranéen relatif (rMED), l'indice de qualité du régime méditerranéen (MDQI) et un nouveau score, le score basé sur la pyramide du régime méditerranéen (SPAM) tel que recommandé dans la pyramide méditerranéenne revisitée de Bach-Faig *et al*. (2011). Ces scores sont construits en attribuant un score individuel par groupe d'aliments en fonction de l'influence des aliments sur la qualité du régime (plus le score est élevé, plus le régime est de qualité). Le score SPAM diffère des autres scores car il inclut plus d'éléments. Les résultats au Maroc ont montré que le taux d'adhésion au régime méditerranéen était plus ou moins élevé selon le score utilisé, de moins d'un quart (23 %) pour le score SPAM à un peu moins de la moitié (48 %) pour les autres. Les femmes plus âgées, sans éducation et mariées semblaient avoir plus de chances d'adhérer au régime méditerranéen.

En plus de l'analyse ci-dessus, il est également intéressant de connaître les facteurs psychosociaux qui déterminent l'adhésion à un régime alimentaire sain. Par exemple, le régime méditerranéen traditionnel recommande de manger de grandes quantités de fruits et légumes (Bach-Faig *et al*., 2011), alors que les apports observés sont très faibles. Aouate (2016) a étudié certains des mécanismes, et spécifiquement certaines croyances, qui déterminent la consommation de fruits et légumes à l'aide d'entretiens qualitatifs (avec 15 dyades parents-enfants) et d'une enquête quantitative (251 parents du sud de la France). Les résultats montrent que la dimension plaisir associée à la consommation de fruits est présente dans les croyances des parents pour leur propre consommation, mais absente dans celles qu'ils ont concernant la consommation de

leurs enfants. Ce résultat soulève des questions sur la transmission du plaisir gustatif par les parents (Aouate, 2016), et souligne l'intérêt d'interventions spécifiques qui fournissent aux parents des méthodes pour aider leurs enfants à apprécier le plaisir d'une alimentation saine (Marty *et al*., 2017). Cependant, l'étude et la compréhension des facteurs psychosociaux ou de revenu qui peuvent encourager les gens à manger plus sainement sont inutiles si les aliments sains sont inaccessibles ou indisponibles.

Une autre question qui se pose est de savoir si les politiques publiques peuvent diminuer la dépendance aux importations d'aliments denses en énergie et obésogènes et améliorer la disponibilité et l'accès aux aliments sains. Cette question a été analysée dans la région méditerranéenne par Drogué *et al*. (2020), Le Mouël *et al*. (2018), Ramzi (2017) et Hafidi (2017). Drogué *et al*. (2020) ont étudié l'impact d'un meilleur respect des recommandations nutritionnelles sur les importations en Tunisie et ont conclu que la simple évolution du modèle alimentaire tunisien vers une alimentation plus saine ne suffirait pas à réduire la dépendance commerciale. Une réorganisation profonde des systèmes agroalimentaires pour restaurer la compétitivité de la production nationale sur le marché intérieur serait nécessaire. Le Mouël *et al*. (2018) ont tiré les mêmes conclusions concernant les pays méditerranéens. Plus précisément, les auteurs suggèrent d'améliorer les rendements et de mieux utiliser les facteurs de production pour augmenter les capacités de production.

C'était l'un des objectifs du Plan Maroc Vert (2008-2020), qui visait à soutenir la production agricole et à organiser les agriculteurs pour augmenter l'autosuffisance, les exportations et les revenus des agriculteurs. Deux analyses des conditions techniques et économiques de production dans les secteurs des agrumes et du blé dur ont été réalisées au Maroc. Une analyse des différents intermédiaires (installations de stockage, industrie meunière) a ensuite été réalisée en utilisant le paradigme structure-comportement-performance sur la base de 171 entretiens avec des professionnels du secteur (Ramzi, 2017 ; Hafidi, 2017). Les résultats ont montré qu'une politique de l'offre peut effectivement lever certaines contraintes sur la production agricole, mais ne peut pas supprimer les nombreux goulots d'étranglement qui restreignent l'accès à la nourriture. Concernant la filière blé dur, aux contraintes spécifiques à la production agricole (c'est-à-dire les coûts élevés des intrants – engrais, pesticides et semences) s'ajoutent des contraintes liées à l'insuffisance des ressources financières nécessaires pour gérer de façon adéquate la chaîne d'approvisionnement du blé (Ramzi, 2017). En ce qui concerne les clémentines, la rareté de l'eau d'irrigation, la faible qualité des fruits après les attaques de parasites et les maladies, le manque d'informations sur le marché, les exigences de qualité élevées des marchés de destination et le nombre limité de clients importateurs sont les principales contraintes des opérateurs de ce secteur (Hafidi, 2017).

⏩ Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons analysé la transition nutritionnelle à partir d'exemples tirés de la littérature scientifique et des résultats de recherche obtenus dans le cadre du métaprogramme INRAE-Cirad GloFoodS. Bien que cette analyse soit incomplète, car nous n'avons abordé que certaines des composantes de la transition

nutritionnelle, elle permet d'éclairer la transition nutritionnelle dans différents contextes, tels que les Antilles françaises, le Vietnam et le Maroc. L'analyse met également en évidence différents déterminants ou différentes stratégies qui pourraient être mis à profit pour inverser le phénomène. Par exemple, nous avons montré que les facteurs favorisant les transitions nutritionnelles par la demande peuvent être liés autant à la composition socio-économique et démographique de la population qu'à l'évolution des habitudes alimentaires des individus. Nous avons tenu compte des stratégies de la demande et de l'offre dans l'étude de ces facteurs. L'une des conclusions suggère que les caractéristiques alimentaires des populations et les facteurs psychosociaux devraient être pris en compte dans les interventions visant à améliorer la nutrition. Un deuxième constat suggère que, même si les politiques de soutien des prix peuvent avoir des effets contradictoires, les politiques fondées sur les revenus peuvent encore être efficaces. Mais celles axées sur la demande ne suffisent pas si l'accès à une alimentation saine est limité et si ces politiques ne sont pas accompagnées d'actions sur l'offre. Cela est vrai dans les pays méditerranéens, où l'amélioration des régimes alimentaires nécessitera une meilleure réorganisation de l'offre afin de réduire la dépendance aux importations alimentaires et de fournir aux populations des produits sains et de qualité. Comme le montrent les analyses de ce chapitre, une approche holistique de la transition nutritionnelle adaptée au contexte est nécessaire si l'on veut mieux répondre aux problèmes qui en découlent.

Ces études de cas partagent un objectif de recherche commun : examiner le rôle des contextes socio-économiques des transitions nutritionnelles et les facteurs déterminant le succès des stratégies pour aborder ces transitions. Les études de cas partagent également une approche similaire liant les sciences sociales et la nutrition. Enfin, la comparaison de trois contextes de transitions nutritionnelles fournit des informations importantes sur les conditions nécessaires au succès des politiques nutritionnelles, lorsque les politiques axées sur la demande ne sont pas accompagnées d'une organisation adéquate de l'offre dans la région ou le pays.

Remerciements

Les résultats présentés dans ce chapitre proviennent de trois projets de recherche qui ont reçu un soutien financier du métaprogramme GloFoodS – Reconcil, TAASE et Premedit – et du projet NuTWInd (Transition nutritionnelle dans les Antilles françaises) financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR-16-CE21-0009).

Références bibliographiques

Aouate, E. (2016). Étude exploratoire des comportements alimentaires en zone méditerranéenne : la consommation de fruits et de légumes des enfants en contexte familial dans les régions françaises de l'arc méditerranéen [Thèse, Montpellier SupAgro, Montpellier, France]. https://institut-agro.docressources.fr/index.php?lvl=notice_display&id=92230

Bach-Faig, A., Berry, E. M., Lairon, D., Reguant, J., Trichopoulou, A., Dernini, S., Medina, F. X., *et al.* (2011). Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates. *Public Health Nutrition*, *14* (12A), 2274–2284. https://doi.org/10.1017/S1368980011002515

Belahsen, R., Rguibi, M. (2006). Population health and Mediterranean diet in southern Mediterranean countries. *Public Health Nutrition*, *9* (8A), 1130–1135. https://doi.org/10.1017/S1368980007668517

CIHEAM/FAO (2015). Mediterranean food consumption patterns: diet, environment, society, economy and health. A White Paper Priority 5 of Feeding Knowledge Programme, Expo Milan 2015. CIHEAM-IAMB, Bari/FAO, Rome.

Colombet, Z., Simioni, M., Drogué, S., Lamani, V., Perignon, M., Martin-Prevel, Y., Merle, S., Amiot, M. J., Darmon, N., Soler, L. G., Méjean, C. (2021). Demographic and socio-economic shifts partly explain the Martinican nutrition transition: an analysis of 10-year health and dietary changes (2003–2013) using decomposition models. *Public Health Nutrition*, 1–12. https://doi.org/10.1017/S136898002100327X

Cuevas García-Dorado, S., Cornselsen, L., Smith, R., Walls, H. (2019). Economic globalization, nutrition and health: a review of quantitative evidence. *Globalization and Health*, *15* (15), 1–19. https://doi.org/10.1186/s12992-019-0456-z

D'Innocenzo, S., Biagi, C., Lanari, M. (2019). Obesity and the Mediterranean diet: a review of evidence of the role and sustainability of the Mediterranean diet. *Nutrients*, *11* (6), 1306. https://doi.org/10.3390/nu11061306

Drogué, S., Amiot, M. J., Lamani, V., Machou, F. (2019). Reconciliation of nutrition databases and food supply databases for assessing the impact of food security public policy on nutritional quality. Results of the GloFoodS project: Reconcil. 3 p. https://hal.inrae.fr/hal-02791473

Drogué, S., Perignon, M., Darmon, N., Amiot, M. J. (2020). Does a better diet reduce dependence on imports? The case of Tunisia. *Agricultural Economics*, *51* (4), 567–575. https://doi.org/10.1111/agec.12572

Fortin, N., Lemieux, T., Firpo, S. (2011). Decomposition methods in economics. *In* Ashenfelter, O., Card, O. (Eds.). *Handbook of Labor Economics* (pp. 1–102), Volume 4, Part A. Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)00407-2

Hafidi, H. (2017). Analyse économique de la filière de la clémentine dans la région de Berkane : application du modèle structure-comportement-performances [Thèse, École nationale d'agriculture de Meknès, Meknès, Maroc].

Hawkes, C. (2006). Uneven dietary development: linking the policies and processes of globalization with the nutrition transition, obesity and diet-related chronic diseases. *Globalization and Health*, *2* (1), 1–18. https://doi.org/10.1186/1744-8603-2-4

Kearney, J. (2010). Food consumption trends and drivers. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *365* (1554), 2793–807. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0149

Lamani, V., Drogué, S., Colombet, Z., Mejean, C. (2020). Imports and nutritional quality of foods in the Caribbean. Evidence from the French West Indies. *In* 4th International Conference on Global Food Security: Achieving Local and Global Food Security: at What Costs? 25 p., Montpellier [Online conference], France, December 2020. https://hal.inrae.fr/hal-03065926

Le Mouël, C., Forslund, A., Marajo-Petitzon, E., Caillaud, M. A., Schmitt, B. (2018). Brakes and levers to reduce the dependence on imports in the Middle East-North Africa region. *In* Le Mouël, C., Schmitt, B. (Eds.). *Food Dependency in the Middle East and North Africa Region*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1563-6_3

Marty, L., Miguet, M., Bournez, M., Nicklaus, S., Chambaron, S., Monnery-Patris, S. (2017). Do hedonic- versus nutrition-based attitudes toward food predict food choices? A cross-sectional study of 6-to 11-year-olds. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *14* (1), 1–10. https://doi.org/10.1186/s12966-017-0618-4

Mayén, A. L., Marques-Vidal, P., Paccaud, F., Bovet, P., Stringhini, S. (2014). Socioeconomic determinants of dietary patterns in low- and middle-income countries: a systematic review. *American Journal of Clinical Nutrition*, *100* (6): 1520–1531. https://doi.org/10.3945/ajcn.114.089029

Méjean, C., Debussche, X., Martin-Prével, Y., Requillart, V., Soler, L G., Tibère, L. (2020). Alimentation et nutrition dans les départements et régions d'Outre-mer. Expertise scientifique

collective de l'IRD réalisée à la demande de la Direction générale de la Santé de l'État français. Marseille, IRD, 208 p. + clé USB. https://hal.inrae.fr/hal-02921618

Ogundari, O., Abdulai, A. (2013). Examining the heterogeneity in calorie–income elasticities: A meta-analysis. *Food Policy*, *40*, 119–128. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.03.001

Pinstrup-Andersen, P. (2007). Agricultural research and policy for better health and nutrition in developing countries: a food system approach. *Agricultural Economics*, *37*, 187–198. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2007.00244.x

Popkin, B. M. (2002). The shift in stages of the nutrition transition in the developing world differs from past experiences! *Public Health Nutrition*, *5* (1A), 205–214. https://doi.org/10.1079/PHN2001295

Popkin, B. M. (2006a). Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *84* (2), 289–298. https://doi.org/10.1093/ajcn/84.2.289

Popkin, B. M. (2006b). Technology, transport, globalization and the nutrition transition food policy. *Food Policy*, *31* (6), 554–569. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.02.008

Ramzi, K. (2017). Analyse économique de la filière du blé dur dans la région du Saïs : application du modèle structure-comportements-performances [Thèse, École nationale d'agriculture de Meknès, Meknès, Maroc].

Recchia, D. (2017). Régime méditerranéen et état nutritionnel des femmes du Maroc urbain [Thèse, université de Montpellier, Montpellier, France].

Saidi, A., Diouri, M. (2017). Food self-sufficiency under the Green-Morocco Plan. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, *5* (Spl-1-SAFSAW), 33–40. https://doi.org/10.18006/2017.5(Spl-1-SAFSAW).S33.S40

Schram, A., Ruckert, A., VanDuzer, J. A., Friel, S., Gleeson, D., Thow, A. M., Stuckler, D., Labonte, R. (2018). A conceptual framework for investigating the impacts of international trade and investment agreements on non-communicable disease risk factors. *Health Policy and Planning*, *33* (1), 123–136. https://doi.org/10.1093/heapol/czx133

Trinh, H. T., Simioni, M., Thomas-Agnan, C. (2018a). Assessing the nonlinearity of the calorie-income relationship: An estimation strategy – With new insights on nutritional transition in Vietnam. *World Development*, *110*, 192–204. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.05.030

Trinh, H. T., Simioni, M., Thomas-Agnan, C. (2018b). Decomposition of changes in the consumption of macronutrients in Vietnam between 2004 and 2014. *Economics & Human Biology*, *31*, 259–275. https://doi.org/10.1016/j.ehb.2018.09.002

Chapitre 4

Chocs de production agricole : origines et impacts sur les prix des produits agricoles

David Makowski, Rotem Zelingher, Christophe Gouel

L'instabilité des prix est reconnue comme l'un des principaux facteurs d'insécurité alimentaire pouvant avoir des répercussions négatives sur l'état social, économique et sanitaire de nombreux ménages. Les prix des principales cultures vivrières et fourragères ont montré une grande variabilité sur les marchés internationaux et locaux pendant presque une décennie après la flambée des prix alimentaires de 2007 et 2008. Par exemple, le prix du maïs a augmenté d'environ 75 % entre septembre 2007 et mai 2008. À partir de 2015, les prix des produits agricoles se sont stabilisés, mais l'année 2020 et la crise de Covid-19 ont inauguré une nouvelle période d'instabilité qui a contribué à augmenter le nombre de personnes exposées à l'insécurité alimentaire (HLPE, 2020).

Bien que les prix des produits agricoles soient influencés par de nombreux facteurs (en particulier les stocks alimentaires, la demande de denrées et d'aliments pour animaux, et les prix des intrants – notamment les engrais), les chocs de production agricole sont souvent reconnus comme un facteur majeur de la volatilité des prix. Il a été démontré que les conditions environnementales défavorables (par exemple, les sécheresses) et la baisse de la production régionale qui en résulte ont largement contribué aux pics des prix alimentaires mondiaux (Tadasse *et al*., 2016).

Le lien entre les niveaux de production, les prix des produits agricoles et la sécurité alimentaire a conduit nombre d'entreprises, de gouvernements et d'organisations internationales à développer des systèmes de prévision pour anticiper les pénuries de production ou, au contraire, la surproduction (voir, par exemple, les bulletins MARS publiés par la Commission européenne[3]). Au cours de la dernière décennie, les méthodes d'apprentissage automatique ont été utilisées dans de nombreuses applications pratiques visant à anticiper les chocs de production agricole (Beillouin *et al*., 2020 ; Leng et Hall, 2020 ; Batunacun *et al*., 2021 ; Peng *et al*., 2021). Les raisons sont multiples. Tout d'abord, les techniques d'apprentissage automatique peuvent désormais être appliquées plus facilement qu'avant grâce à des librairies

3. https://ec.europa.eu/jrc/en/mars/bulletins

spécialisées mises en œuvre dans des logiciels libres tels que ceux développés en R ou en Python (Makowski, 2021). Ensuite, les grandes bases de données agricoles sont plus facilement accessibles, grâce notamment à l'émergence de bonnes pratiques en matière de science ouverte. Enfin, on a constaté que les modèles mécanistes – traditionnellement utilisés pour prédire les niveaux de production agricole – ne permettaient pas toujours de prédire les variations de production et n'avaient pas pris en compte plusieurs pertes de rendement importantes en Europe et aux États-Unis (Leng et Hall, 2020). Ces résultats décevants ont conduit les scientifiques à chercher des solutions alternatives pour prédire les variations de production agricole. Pour toutes ces raisons, l'apprentissage automatique est désormais souvent utilisé pour analyser les chocs de production, identifier leurs origines et évaluer leurs conséquences sur la sécurité alimentaire.

En nous appuyant sur une brève revue de la littérature, nous présentons les principaux facteurs biotiques et abiotiques déterminant les chocs de production agricole, et proposons une hiérarchie des facteurs les plus influents ; nous montrons qu'ils sont souvent interdépendants, ce qui rend la prévision du rendement des cultures particulièrement difficiles. Puis, sur la base de projets de recherche récents, nous montrons comment l'utilisation de l'apprentissage automatique et des modèles probabilistes pourrait ouvrir – conjointement avec le développement de bases de données en accès ouvert et de nouveaux algorithmes puissants – une nouvelle voie pour prévoir les chocs de production et leurs impacts sur les prix agricoles. Enfin, nous discutons des mécanismes économiques qui relient les prévisions saisonnières de production et les marchés, et comment l'amélioration des prévisions de production pourrait réduire la volatilité des prix.

⏩ Principaux facteurs biotiques et abiotiques responsables des chocs de production

Facteurs liés au climat

Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (2015, 2016), le nombre de catastrophes liées au climat a augmenté dans le monde depuis le début du siècle, générant des pertes économiques considérables. Environ 332 ont été enregistrées entre 2004 et 2014, alors que seulement 149 l'ont été entre 1980 et 1990. Sur la base de l'analyse de 78 cas post-catastrophe, les impacts concernant l'agriculture ont représenté 25 % de l'impact total des catastrophes liées au climat dans les pays en développement entre 2003 et 2013 (FAO, 2015, 2016). Les cultures ont été principalement touchées par les inondations (environ 59 % des dommages et des pertes), suivies par les tempêtes (26 %) et la sécheresse (environ 15 %), tandis que le bétail a surtout été affecté par la sécheresse (> 80 %) (FAO, 2015, 2016).

Les chocs de production dus à des événements climatiques défavorables se produisent sur tous les continents (tableau 4.1). Selon Lesk *et al.* (2016), sur la période 1964-2007, les sécheresses et les chaleurs extrêmes ont considérablement

endommagé la production agricole nationale à travers le monde et réduit la production céréalière de 9 à 10 %. En particulier, les sécheresses ont sévi dans de nombreux endroits, avec de multiples impacts (PNDA, 2012). Par exemple, la série de sécheresses qui s'est produite au Kenya entre 2008 et 2010 a eu des répercussions majeures sur le bétail, entraînant un nombre élevé de décès. Mais ces sécheresses ont également affecté l'agriculture (où la production de cultures alimentaires et industrielles a été plus faible que d'habitude), les systèmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement, le secteur électrique et les secteurs de l'éducation, de la santé et de la nutrition, avec une rétroaction négative sur les activités agricoles (Huho et Mugalavai, 2010 ; PNDA, 2012). Bien que fréquentes en Afrique, les sécheresses ont également été nombreuses dans d'autres régions, comme en Australie (Hochman et Horan, 2018) et en Europe (Beillouin *et al*., 2020). En 2018, l'Europe du Nord et de l'Est a subi de mauvaises récoltes, parmi les plus faibles observées au cours des dernières décennies. Dans cette région, des précipitations insuffisantes, accompagnées de températures élevées entre mars et août 2018, ont été à l'origine de pertes de rendement extrêmes (Beillouin *et al*., 2020). Plusieurs études montrent que, avec le changement climatique, l'impact de la sécheresse risque de s'aggraver à l'avenir dans plusieurs régions du monde. En particulier, Ercin *et al*. (2021) ont estimé que plus de 40 % des importations européennes deviendront vulnérables à la sécheresse (selon le scénario RCP6.0 à l'horizon 2050), et notamment les importations en provenance du Brésil, de l'Indonésie, du Vietnam, de la Thaïlande, de l'Inde et de la Turquie.

Outre la sécheresse, le stress thermique, l'excès d'eau et le gel sont d'autres causes courantes de pertes de rendement importantes (tableau 4.1). Selon Zampieri *et al*. (2017), le stress thermique a augmenté de manière significative dans les principales zones de production de blé sur la période 1980-2010, en particulier depuis le milieu des années 1990. Selon les mêmes auteurs, l'excès d'eau semble également être un problème crucial dans les régions tropicales et dans certaines régions des moyennes et hautes latitudes. Il semble également être à l'origine de nombreuses anomalies de rendement au sein des principaux pays producteurs de blé, tels que la Chine et l'Inde (Zampieri *et al*., 2017). Lobell *et al*. (2011) ont étudié en Californie les dommages globaux causés aux systèmes agricoles par des événements climatiques extrêmes sur une période de 15 ans (1993-2007), tels que mesurés par la Federal Crop Insurance Corporation aux États-Unis. Leurs résultats indiquent que les événements climatiques à l'origine de niveaux d'humidité excessifs sont la principale cause des dommages agricoles, suivis dans l'ordre par les vagues de froid et de chaleur. En Europe, le gel peut également provoquer de graves pertes de rendement. Vitasse et Rebetez (2018) ont analysé les dommages causés par le gel survenu au printemps 2017 en Suisse et en Allemagne. Ils ont constaté qu'en avril 2017, un épisode de gel avec des températures inférieures à – 4 °C a suivi une période exceptionnellement chaude, provoquant un développement des plantes plus précoce que la normale et de graves dommages engendrés par le gel, notamment dans les vergers et les vignobles. Un événement similaire caractérisé par une séquence chaud-froid s'est produit en France au début du printemps 2021, avec de forts impacts sur les vergers et les vignobles (Météo France, 2021).

Tableau 4.1. Exemples de chocs de production végétale et leurs principales causes.

Date	Localisation	Cause principale	Culture	Référence
1970	États-Unis	Maladie fongique	Maïs	Tatum (1971)
2002, 2006	Australie	Sécheresse	Blé	Hochman et Horan (2018)
2007	Mexique (Tabasco)	Inondations suite à de fortes précipitations	Différentes cultures, incluant maïs, agrumes, café, ananas et haricot	FAO (2015)
2008–2011	Kenya	Sécheresse	Maïs et haricot	Hoho et Mugalavai (2010) ; PNDA (2012)
2010	Pakistan (Punjab)	Inondations suite à de fortes précipitations	Coton, canne à sucre, riz, légumineuses, tabac, fourrage	FAO (2015)
2016	France	Maladie et excès d'eau	Blé	Ben-Ari *et al*. (2018)
2017	Europe de l'Ouest, notamment la Suisse et l'Allemagne	Gel	Vergers et vignes	Vitasse et Rebetez (2018)
2018	Europe de l'Est et du Nord	Sécheresse	Plusieurs grandes cultures telles que le blé, l'orge, l'avoine, la betterave sucrière et la pomme de terre	Beillouin *et al*. (2020)
2019–2020	Thaïlande	Sécheresse	Riz	USDA (2020)
2020	Corne de l'Afrique, moyen orient, Asie du Sud	Criquets	Prairies et diverses cultures	FAO locust watch website (2020)
2021	France	Gel	Vergers et vignes	Météo France (2021)

Ravageurs et maladies

Les niveaux d'impact des ravageurs et des maladies sur les rendements des cultures sont très débattus dans la communauté scientifique, mais il existe de nombreuses preuves montrant que les ravageurs et les maladies peuvent avoir un impact significatif sur les rendements des cultures. Savary *et al*. (2019) ont évalué les pertes de rendement pour cinq cultures majeures dans le monde, associées à 137 agents pathogènes et ravageurs. Ils ont constaté que les agents pathogènes et les ravageurs peuvent réduire considérablement les rendements des cultures. Par rapport aux situations sans ravageurs ni maladies, les experts ont estimé les pertes de rendement mondiales à 21,5 % pour le blé (10,1 %-28,1 %), 30 % pour le riz (24,6 %-40,9 %),

22,5 % pour le maïs (19,5 %-41,1 %), 17,7 % pour la pomme de terre (8,1 %-21,0 %) et 21,4 % pour le soja (11,0 %-32,4 %). Cette étude indique également que les pertes les plus importantes se produisent principalement dans les régions à déficit alimentaire où la population croît rapidement.

Bien que les estimations des pertes de rendement moyennes fournissent des informations intéressantes sur le niveau d'impact attendu des ravageurs et des maladies, il est important de noter que ces impacts peuvent varier fortement selon les années et les lieux. Par exemple, Tatum (1971) mentionne que l'helminthosporiose était une maladie mineure du maïs entraînant moins de 1 % de perte annuelle avant 1970, mais qu'elle est soudainement devenue une maladie majeure à partir de 1970. Un autre exemple concerne les incidences du criquet pèlerin. L'incidence de ce ravageur peut rester faible pendant plusieurs années, puis augmenter brusquement dès que les conditions climatiques deviennent favorables à son développement. Ainsi, en 2020, des essaims de criquets pèlerins se sont répandus dans la Corne de l'Afrique, au Moyen-Orient et en Asie du Sud, où ils ont menacé de grandes surfaces de pâturages et de cultures. Selon la FAO, l'année 2020 correspond à la pire infestation depuis 25 ans en Éthiopie et en Somalie, depuis 26 ans en Inde et depuis 70 ans au Kenya. La crise a touché 23 pays sur une vaste zone géographique allant du Pakistan à la Tanzanie.

Il convient de mentionner que les facteurs biotiques et abiotiques ne sont pas indépendants. La propagation des essaims de criquets en 2020 était due à une saison des pluies supérieure à la moyenne en mars et avril, qui a créé des conditions de reproduction favorables aux criquets. Un autre exemple frappant de l'interdépendance entre les facteurs météorologiques et les maladies des cultures concerne les pertes historiques de rendement du blé observées en France en 2016. Ces pertes étaient en partie liées à la chaleur atypique de la fin de l'automne et du début de l'hiver 2015, qui a probablement entraîné des niveaux élevés d'incidence des maladies au printemps 2016 (Ben-Ari *et al*., 2018).

⏩ Méthodes issues de la *data science* pour anticiper les chocs de production et évaluer leur impact sur les prix

Prévision de la perte de rendement des cultures

Comme nous l'avons vu, de nombreux facteurs peuvent avoir des répercussions sur le rendement des cultures. Des études récentes indiquent que des extrêmes multiples doivent être pris en compte en plus des extrêmes climatiques simples (Ben-Ari *et al*., 2018 ; Toreti *et al*., 2019), ce qui rend l'analyse des causes de la variation des rendements encore plus complexe. En raison des multiples facteurs en jeu et de leurs interactions, la prévision des pertes de rendement des cultures est difficile et mobilise de nombreux collectifs de recherche et entreprises privées.

Pendant plusieurs décennies, les modèles de culture basés sur les processus et intégrant des mécanismes détaillés de croissance des cultures ont été considérés comme des outils très prometteurs pour prévoir le rendement des cultures (Wallach *et al*., 2019). Cependant, ces modèles mécanistes fournissent parfois des prévisions

inexactes (Lobell et Burke, 2010 ; Müller *et al*., 2017) et ne tiennent pas compte de pertes de rendement extrêmes (Ben-Ari *et al*., 2018). Plusieurs études ont comparé les performances de modèles de culture complexes avec des techniques de prévision simples, et elles ont montré que les règles de classification et les modèles de régression simples basés sur des variables climatiques, – telles que la température ou les précipitations – sont souvent plus performants que les modèles de culture complexes pour prédire l'occurrence d'anomalies de rendement (Ben-Ari *et al*., 2016 ; Leng et Hall, 2020). En particulier, aucun de ces modèles n'a anticipé la perte de rendement historique du blé survenue en France en 2016 (tableau 4.1), même quelques semaines avant la récolte (Ben-Ari *et al*., 2018). Une limitation majeure des modèles mécanistes est qu'ils sont souvent difficiles à paramétrer à partir de données expérimentales, ce qui réduit leur pouvoir prédictif (Wallach, 2011). Cela explique au moins en partie leurs faibles performances prédictives (Leng et Hall, 2020).

Les modèles statistiques et l'apprentissage automatique supervisé offrent une alternative intéressante aux modèles de culture complexes. Ils sont généralement simples à calibrer lorsque de grands ensembles de données sont disponibles, et ont des performances aussi bonnes, voire meilleures, que les modèles de culture complexes basés sur des processus (Lobell et Burke, 2010 ; Ben-Ari *et al*., 2016). Ces approches ont été de plus en plus utilisées au cours de la dernière décennie pour prévoir le rendement des cultures, en raison du développement de bases de données en libre accès et d'algorithmes puissants (Beillouin *et al*., 2020 ; Sharif *et al*., 2017 ; van Klompenburg *et al*., 2020). La procédure standard utilisée pour développer et tester ces algorithmes prédictifs présente plusieurs spécificités et repose sur l'utilisation de deux jeux de données, appelés jeu de données d'entraînement et jeu de données de test. L'ensemble de données d'apprentissage est utilisé pour ajuster les algorithmes qui cartographient la variable de réponse Y (par exemple, le rendement des cultures) en fonction des entrées X (comme les variables climatiques). Au cours du processus d'apprentissage, l'ensemble de données d'apprentissage est utilisé pour calibrer les hyperparamètres qui définissent les principales caractéristiques des algorithmes considérés. Après cette étape d'apprentissage, la performance des algorithmes est évaluée et comparée à l'aide d'un ensemble de données de test, comprenant des données indépendantes de celles incluses dans l'ensemble de données d'apprentissage. Plus précisément, la procédure standard comprend les étapes suivantes :

1. définition des variables d'entrée X (parfois appelées *features*) et de la sortie Y (la variable à prédire) ;
2. définition de deux ensembles de données comprenant les valeurs de X et de Y, appelés respectivement ensemble de données d'apprentissage et ensemble de données de test ;
3. entraînement d'un ou de plusieurs algorithmes prédisant Y en fonction de X en utilisant l'ensemble de données d'entraînement ;
4. optimisation des hyperparamètres (si nécessaire) ;
5. test des algorithmes sur la base de l'ensemble de données de test et sélection du plus précis.

Parfois, lorsqu'aucun ensemble de données de test indépendant n'est disponible, une technique de validation croisée est mise en œuvre pour évaluer les performances des algorithmes.

Un des avantages de cette procédure est qu'elle peut être facilement mise en œuvre avec une grande diversité de jeux de données, d'entrées, de sorties et d'algorithmes. De nombreux algorithmes sont maintenant utilisés pour prévoir le rendement des cultures, et les lecteurs peuvent se référer à van Klompenburg *et al*. (2020) pour une description des techniques les plus populaires utilisées dans ce contexte, telles que les réseaux de neurones, les régressions linéaires pénalisées, la forêt aléatoire et les machines à vecteurs de support. Concernant les entrées (X), les plus fréquemment utilisées sont liées à la température, à la pluviométrie et au type de sol. La sortie Y est généralement le rendement de la culture, l'anomalie de rendement (écart par rapport au rendement attendu), ou la probabilité de perte de rendement. Inversement, les évolutions des surfaces cultivées sont rarement prédites.

Parmi toutes ces méthodes, les méthodes de régression linéaire pénalisées (également appelées techniques de régularisation) se sont récemment révélées intéressantes pour la prévision du rendement des cultures. Elles sont utiles pour réduire la variance des estimations des paramètres, en particulier dans les espaces de grande dimension. Ces méthodes sont basées sur la régression linéaire mais sont soumises à des contraintes sur les coefficients, destinées à améliorer la précision de la prédiction. Sharif *et al*. (2017) ont constaté que deux de ces méthodes (lasso et elastic-net) étaient plus performantes que la régression linéaire classique et la sélection par étapes pour prédire les rendements du colza au Danemark. Dans un contexte très différent, Laudien *et al*. (2020) ont utilisé la régression pénalisée (lasso) pour sélectionner les variables climatiques les plus pertinentes pour prédire les rendements du maïs en Tanzanie.

Les méthodes d'apprentissage automatique non paramétriques sont maintenant fréquemment utilisées pour la prédiction du rendement des cultures, en particulier la forêt aléatoire (*Random Forest*, RF). La RF génère un ensemble d'arbres de décision (généralement plusieurs centaines), où chaque arbre est défini sur la base d'un sous-ensemble de données *bootstrap* de Y et de X, avec la règle de décision dépendant d'un sous-ensemble aléatoire de variables d'entrée X. Une description de la RF est détaillée dans Makowski (2021), et des applications récentes de la RF à la prévision du rendement des cultures sont présentées dans Beillouin *et al*. (2020) et dans Peng *et al*. (2021). Comparée à la régression linéaire, la RF présente plusieurs avantages, car elle ne fait pas d'hypothèse forte sur la relation entre X et Y et elle est capable de gérer des interactions complexes. Selon Leng et Hall (2020), les anomalies de rendement du maïs observées aux États-Unis sont très bien reproduites par la RF et sont prédites avec beaucoup plus de précision qu'avec les modèles de culture basés sur les processus.

Il est important de noter qu'il n'existe pas un algorithme qui conduise toujours aux prédictions les plus précises, quel que soit le contexte. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre la procédure en cinq étapes décrite ci-dessus (ou sa variante basée sur la validation croisée), en utilisant une série d'algorithmes afin de trouver la technique la mieux adaptée à un problème donné. Avec la puissance des ordinateurs modernes, la mise en œuvre de cette procédure ne nécessite généralement pas un temps de calcul important.

Les outils d'apprentissage automatique ont été longtemps critiqués pour leur manque de transparence et pour la difficulté de les utiliser pour analyser et comprendre

l'effet de X sur Y. Cette critique est beaucoup moins justifiée qu'auparavant, car de nouveaux outils ont été récemment développés pour visualiser la réponse simulée de Y en fonction de X. Ainsi, ces techniques de visualisation (par exemple, graphique de dépendance partielle, valeurs de Shapley) ont été appliquées avec succès pour analyser les origines des mauvaises récoltes survenues dans le nord-est de l'Europe en 2018 (Beillouin *et al*., 2020), pour identifier les facteurs de dégradation des prairies en Chine (Batunacun *et al*., 2021), ainsi que les principaux facteurs de variation du rendement du blé d'hiver en Europe et leur évolution dans le temps (Peng *et al*., 2021).

Analyse de l'effet des chocs de production sur les prix

Divers modèles ont été élaborés pour prédire les prix des matières premières agricoles. La plupart d'entre eux ne fournissent que peu d'informations sur les effets des variations régionales de la production agricole sur les prix mondiaux. Cependant, la production mondiale de plusieurs cultures majeures, comme le maïs, le blé dur ou le soja, est concentrée dans un très petit nombre de pays. Pour ces cultures, les prix sont susceptibles d'être fortement influencés par les niveaux de production ou de rendement de quelques producteurs clés. Jusqu'à présent, cette question n'avait pas été étudiée en détail à l'aide de méthodes statistiques.

Récemment, afin de quantifier l'effet des chocs de production sur les variations de prix, Zelingher *et al*. (2021) ont développé et testé plusieurs modèles statistiques et d'apprentissage automatique en utilisant des données régionales annuelles de production (FAOstat) et des données mensuelles de prix (base de données de la Banque mondiale) publiquement disponibles. Les modèles les plus précis ont été utilisés pour analyser les relations entre la production (ou le rendement) régionale de maïs et les prix mondiaux, pour identifier les régions productrices les plus et les moins influentes sur le marché mondial du maïs, et enfin pour quantifier l'effet des variations de la production (ou du rendement) régionale sur les variations des prix mondiaux.

Certains résultats obtenus par Zelingher *et al*. (2021) avec la RF (l'un des algorithmes d'apprentissage automatique les plus précis testés dans cette étude) sont présentés dans la figure 4.1, où sont affichés les graphiques de dépendance partielle (PDP) produits par la RF. Les PDP sont une technique de visualisation souvent utilisée pour analyser les résultats des algorithmes d'apprentissage automatique. Ici, les PDP décrivent les réponses moyennes de la probabilité d'augmentation du prix du maïs en fonction des changements de rendement relatif du maïs en Amérique du Nord. La probabilité d'une augmentation des prix tombe en dessous de 0,5 dès que la variation de rendement est positive en Amérique du Nord par rapport à l'année précédente, tandis qu'elle atteint des valeurs bien supérieures à 0,5 lorsque la variation de rendement est négative (c'est-à-dire une perte de rendement en Amérique du Nord par rapport à l'année précédente). Bien que cela ne soit pas illustré ici, les PDP obtenus avec la RF montrent des tendances beaucoup plus faibles et des courbes beaucoup plus aplaties pour les régions autres que l'Amérique du Nord. Ces résultats révèlent qu'une petite diminution (augmentation) du rendement du maïs en Amérique du Nord est capable d'augmenter (diminuer) la probabilité d'un accroissement du prix du maïs à l'échelle mondiale, et que la production de maïs dans les autres régions a une influence beaucoup plus faible sur le prix mondial.

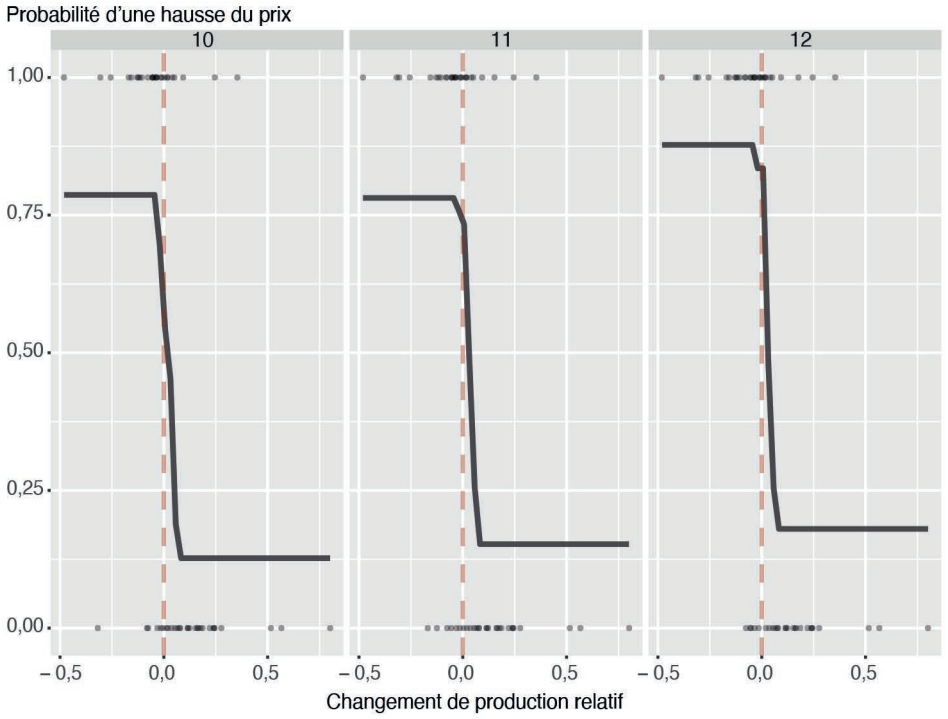

Figure 4.1. Probabilité d'une hausse mensuelle du prix du maïs en fonction de la variation du rendement relative en Amérique du Nord (adapté de Zelingher et al. 2021).

Les courbes correspondent à la réponse moyenne de la probabilité d'augmentation des prix en fonction d'un changement de rendement relatif en Amérique du Nord, estimée à l'aide d'un algorithme de classification de type forêt aléatoire (RF). Les points indiquent les variations observées (sur l'axe des ordonnées, 1 = augmentation des prix, 0 = baisse des prix) recueillies sur la période 1961-2018. Les trois graphiques présentent les résultats pour trois mois – octobre (10), novembre (11), décembre (12) – couvrant la saison post-récolte en Amérique du Nord. Les variations relatives de rendement (FAOstat) sont exprimées par rapport à l'année précédente. Les changements de prix relatifs (Maïs (US), n° 2, jaune, f.o.b. US Gulf ports, base de données de la Banque mondiale) sont exprimés par rapport à l'année précédente, mêmes mois.

⏩ Transmission de l'information dans les marchés de matières premières agricoles

Nous avons présenté dans les sections précédentes les nouveaux outils disponibles pour prévoir les chocs de production agricole et leur impact sur les prix. Dans cette section, nous montrons le lien entre l'observation saisonnière de ces chocs et la dynamique des marchés, en détaillant les mécanismes par lesquels l'information sur la production future affecte les prix courants.

Quelle est la nature de l'information disponible au sujet de la production agricole ? Sur la base de ce qui a été présenté dans les sections précédentes, il s'agit de toute

observation d'événements naturels corrélés aux niveaux de production. Cela peut être l'observation de la météo (températures et précipitations), la pression exercée par les ravageurs, ou des mesures de télédétection (comme l'indice différentiel normalisé de végétation). Étant donné l'importance stratégique de l'agriculture, les agences statistiques nationales fournissent régulièrement des prévisions de production et les mettent à jour avec l'arrivée de nouvelles informations. C'est du moins le cas pour les cultures vivrières pour lesquelles le Conseil international des céréales, le Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA) et l'Agricultural Market Information System fournissent chacun des prévisions mensuelles de production. L'historique de ces prévisions associée aux réactions des marchés lorsqu'elles ont été rendues publiques nous informent sur la manière dont l'information affecte les marchés de matières premières agricoles.

Comment l'information sur la récolte à venir affecte-t-elle les prix courants ? Pour répondre à cette question, il est important de prendre en compte la structure de ces marchés. Les prévisions de production concernent le niveau de la production future, alors que les prix courants sont supposés équilibrer les marchés selon les quantités disponibles immédiatement, et non dans le futur. Les prévisions peuvent toutefois avoir un effet sur les prix courants si ces derniers sont liés dans le temps, ce qui n'est pas nécessairement le cas pour tous les produits agricoles. Mais c'est le cas pour la plupart des grandes cultures, car celles-ci sont souvent stockables, parfois après transformation (par exemple, la betterave à sucre peut être stockée sous la forme de sucre raffiné). Le stockage crée un lien entre les conditions de marché actuelles et futures. Si des acteurs stockant une matière première apprennent que la prochaine récolte sera plus faible qu'attendue, ils vont anticiper des prix plus élevés dans le futur et conserver plus de stocks. Si ce comportement est généralisé, cela va immédiatement accroître les prix sur le marché du fait de la réduction des quantités disponibles liée au stockage additionnel.

Un tel comportement semble requérir de la part des détenteurs de stocks d'exceptionnelles capacités de prévision, puisqu'ils doivent convertir une prédiction des quantités en une prédiction concernant les prix. En réalité, de nombreuses cultures stockables sont échangées sur les marchés à terme. Donc les marchés à terme sont l'endroit où l'information relative à la production est transformée en information relative aux prix à terme. De nombreux travaux montrent que, les jours de publication des nouvelles prévisions de production de l'USDA, les marchés à terme s'ajustent fortement en fonction de nouvelles informations disponibles (Karali *et al*., 2019) : les prix augmentent si les prévisions de production sont plus faibles que les prévisions du marché, et inversement. Cela montre que, lorsqu'ils sont présents, les marchés à terme sont essentiels pour agréger les différentes sources d'information et les rendre cohérentes à travers les prix.

L'information sur la production future a un effet sur les prix (à terme et courants), mais aussi sur les quantités, ce qui engendre des changements dans la manière dont les ressources sont allouées sur le marché. Nous avons mentionné que les niveaux de stocks s'ajustent au nouvel environnement, mais de nombreuses autres décisions s'ajustent aussi, telles que celles sur la production de cultures concurrentes, la consommation, l'importation et l'exportation. Globalement, ces ajustements permettent de rendre cohérent le comportement des agents avec la rareté à venir. Si la récolte s'annonce

faible, les prix courants et à terme augmentent, ce qui accroît le stockage et la production quand c'est possible (par exemple, dans l'autre hémisphère) et diminue les usages, permettant ainsi d'éviter un pic de prix au moment de la récolte.

Prendre en compte tous ces ajustements de manière empirique est difficile, notamment parce que, pour de nombreuses cultures, les récoltes s'étalent à travers le monde sur de nombreux mois. Pour éviter ce problème, Gouel (2020) propose une analyse sur la base d'un modèle du marché du soja, qui présente l'avantage d'avoir une production très concentrée, avec plus de 80 % de la production mondiale provenant de l'Argentine, du Brésil et des États-Unis. Depuis les années 1980, l'USDA fournit des prévisions de production du soja pour l'Argentine et le Brésil en plus de celles pour les États-Unis disponibles depuis plus longtemps. Ces prévisions nous permettent d'évaluer la quantité d'informations sur la récolte fournie chaque mois. Cela est illustré par la figure 4.2. Si l'on fait l'hypothèse que la récolte à venir peut être représentée par une distribution continue, du fait des incertitudes existantes concernant les conditions pendant la saison de croissance, chaque mois qui passe permet la collecte d'information concernant ces conditions, réduit l'incertitude et l'étalement de la distribution statistique, de sorte que plus on est proche du moment de la récolte, plus précise est l'information sur son niveau.

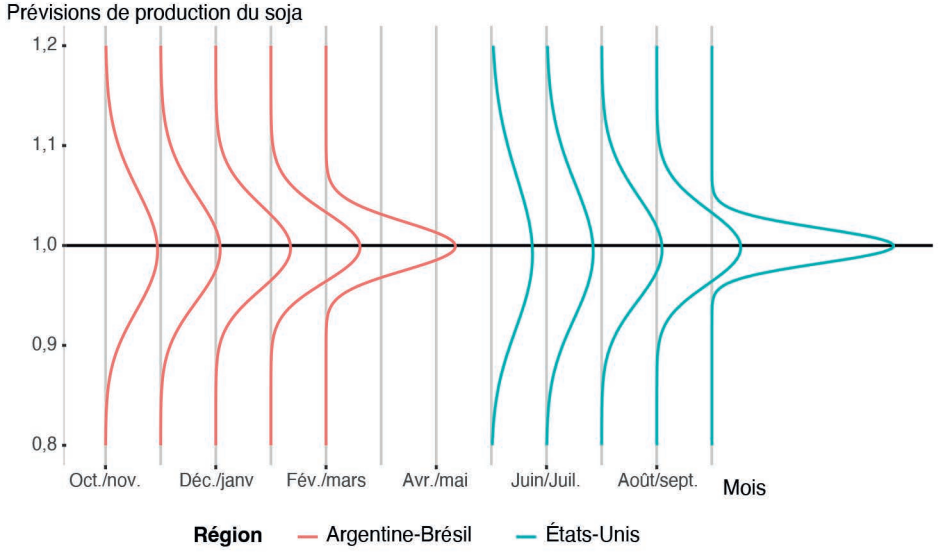

Figure 4.2. Évolution des prévisions de production de soja au cours des saisons (basée sur les données présentes dans Gouel, 2020).

Les courbes correspondent aux densités des prévisions de production, avec la production moyenne normalisée à 1 pour toutes les périodes. L'écart-type de chaque densité est calculé à partir de séries temporelles de prévisions de récolte de l'USDA. Dans cette représentation simplifiée, on fait l'hypothèse que les récoltes ont lieu en mars/avril en Argentine et au Brésil, et en octobre/novembre aux États-Unis.

Gouel (2020) construit aussi un modèle du marché mondial du soja pour évaluer les effets de ces informations saisonnières. Il montre que les prévisions saisonnières ont des effets complexes sur la volatilité des prix. Globalement, ces prévisions tendent à

diminuer la volatilité des prix, car elles permettent aux agents de mieux se préparer aux nouvelles conditions de marché. Mais elles vont aussi avoir tendance à déplacer la volatilité plus tôt dans la saison. Si le niveau de production n'était observé qu'à la récolte, alors les prix seraient très volatils pendant cette période. Cependant, avec de bonnes prévisions saisonnières, comme c'est le cas pour les principales grandes cultures aux États-Unis, le niveau de la récolte est relativement bien connu avant que celle-ci ne soit réalisée, et par conséquent les prix ne sont pas particulièrement volatils à la récolte. Ils le sont lorsque de nouvelles informations arrivent, durant la saison de croissance. Cependant, cette période est celle pendant laquelle les stocks sont à leur plus bas niveau (ils décroissent d'une récolte à la suivante). Les stocks sont importants pour absorber les effets des chocs. Lorsqu'ils sont bas, le marché est plus sensible aux chocs. Déplacer l'information de la saison de récolte à la saison de croissance implique donc de la faire arriver à un moment où les stocks sont au plus bas. En résumé, les prévisions saisonnières réduisent la volatilité des prix en moyenne, mais l'augmentent pendant la saison de croissance qui présente une grande sensibilité aux chocs. Enfin, la possibilité d'ajuster les stocks tôt dans la saison sur la base des prévisions saisonnières réduit le besoin d'avoir de grands stocks entre les saisons.

Conclusion

La quantification des chocs de production dans l'agriculture et de leurs conséquences a récemment fait des progrès significatifs, grâce à la combinaison de nouvelles données et de nouvelles approches statistiques basées sur l'apprentissage automatique. C'est une avancée, car peu de pays peuvent actuellement supporter les coûts des enquêtes de terrain qui sont à la base des prévisions de production aux États-Unis. Ces nouvelles techniques sont peu coûteuses à mettre en œuvre et évolutives, ce qui les rend plus facilement applicables dans des pays aux ressources limitées.

De meilleures prévisions saisonnières des récoltes sont importantes pour la sécurité alimentaire, car elles permettent aux autorités et aux acteurs du marché de s'adapter à l'avance aux mauvaises récoltes et aux évolutions des prix. Il est fréquent que les pays en développement mettent en œuvre des politiques de sécurité alimentaire reposant sur le stockage des céréales, ce qui peut s'avérer coûteux. Dans ce contexte, il serait utile de faciliter autant que possible la mise à disposition d'informations sur l'état des cultures pendant la saison de croissance pour réduire les risques de pics de prix sans augmenter les niveaux de stocks.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier leurs collègues qui ont contribué au projet PrevSaison (soutenu par le métaprogramme GloFoodS d'INRAE et du Cirad) et à plusieurs autres projets de recherche connexes sur la sécurité alimentaire et l'analyse des séries chronologiques de rendement des cultures, et plus particulièrement Damien Beillouin, Tamara Ben-Ari, Thierry Brunelle, Philippe Ciais, Zhu Peng et Bernhard Schauberger.

Références bibliographiques

Batunacun, Wieland, R., Lakes, T., Nendel, C. (2021). Using Shapley additive explanations to interpret extreme gradient boosting predictions of grassland degradation in Xilingol, China. *Geoscientific Model Development*, *14*, 1493–1510. https://doi.org/10.5194/gmd-14-1493-2021.

Beillouin, D., Schauberger, B., Bastos, A., Ciais, P., Makowski, D. (2020). Impact of extreme weather conditions on European crop production in 2018. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *375*(1810), 20190510. https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0510

Ben-Ari, T., Adrian, J., Klein, T., Calanca, P., Van der Velde, M., Makowski, D. (2016). Identifying indicators for extreme wheat and maize yield losses. *Agricutural and Forest Meteorology*, *220*, 130–140. http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.01.009

Ben-Ari, T., Boé, J., Ciais, P., Lecerf, R., Van der Velde, M., Makowski, D. (2018). Causes and implications of the unforeseen 2016 extreme yield loss in the breadbasket of France. *Nature Communications*, *9*, 1–10. http://doi.org/10.1038/s41467-018-04087-x

Ercin, E., Veldkamp, T. I. E., Hunink, J. 2021. Cross-border climate vulnerabilities of the European Union to drought. *Nature Communications*, *12*, 3322. https://doi.org/10.1038/s41467-021-23584-0

FAO. (2015). The impact of natural hazards and disasters on agriculture, food security and nutrition. FAO report.

FAO. (2016). Damage and losses from climate-related disasters in agricultural sectors. FAO report.

FAO Locust watch website. (2020). http://www.fao.org/ag/locusts/en/info/2094/index.html

Gouel, C. (2014). Food price volatility and domestic stabilization policies in developing countries. *In* Chavas, J.-P., Hummels, D., B. D. Wright (Eds.). *The Economics of Food Price Volatility* (pp. 261–306). Chicago, IL, University of Chicago Press.

Gouel, C. (2020). The value of public information in storable commodity markets: Application to the soybean market. *American Journal of Agricultural Economics*, *102* (3), 846–865.

Huho, J. M., Mugalavai, E. M. (2010). The effects of droughts on food security in Kenya. *The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses*, *2* (2), 61-72. http://doi.org/10.18848/1835-7156/CGP/v02i02/37312

Hochman, Z., Horan, H. (2018). Causes of wheat yield gaps and opportunities to advance the water-limited yield frontier in Australia. *Field Crops Research*, *228*, 20–30. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.08.023

HLPE. (2020). Impacts of COVID-19 on food security and nutrition: developing effective policy responses to address the hunger and malnutrition pandemic. FAO. http://doi.org/10.4060/cb1000en

Karali, B., Isengildina-Massa, O., Irwin, S. H., Adjemian, M. K., Johansson, R. (2019). Are USDA reports still news to changing crop markets? *Food Policy*, *84*, 66–76. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.02.005

Laudien, R., Schauberger, B., Makowski, D., *et al.* (2020). Robustly forecasting maize yields in Tanzania based on climatic predictors. *Scientific Report*, 10, 19650. https://doi.org/10.1038/s41598-020-76315-8

Leng, G, Hall, J. W. (2020). Predicting spatial and temporal variability in crop yields: an inter-comparison of machine learning, regression and process-based models. *Environmental Research Letters*, *15*, 044027. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7b24

Lesk, C., Rowhani, P., Ramankutty, N. 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529, 84–88. https://doi.org/10.1038/nature16467

Lobell, D. B., Burke, M.B. (2010). On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, *150*, 11, 1443-1452. http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.07.008

Makowski, D. (Coord.) (2021). *Data science pour l'agriculture et l'environnement – Méthodes et applications avec R et Python*. Éditions Ellipses.

Météo France, 2021. Températures : un début de printemps très contrasté, last modified 09/04/02021, https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/temperatures-un-debut-de-printemps-tres-contraste

Müller, C., Elliott, J., Chryssanthacopoulos, J., Arneth, A., Balkovic, J., Ciais, P., Deryng, D., Folberth, C., *et al*. (2017). Global gridded crop model evaluation: benchmarking, skills, deficiencies and implications. *Geoscientific Model Development*, *10*, 1403–1422, https://doi.org/10.5194/gmd-10-1403-2017

Peng, Z., Abramoff, R., Ciais, P., Makowski, D. (2021). Uncovering the past and future climate drivers of wheat shocks in Europe with machine learning. *Earth's Future*, *9*, e2020EF001815. http://doi.org/10.1029/2020EF001815

PNDA. (2012). Kenya post-disaster needs assessment. 2008-2011 drought. Republic of Kenya.

Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N., Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, *3*, 430–439. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y

Sharif, B., Makowski, D., Plauborg, F., Olesen, J. E. (2017). Comparison of regression techniques to predict response of oilseed rape yield to variation in climatic conditions in Denmark. *European Journal of Agronomy*, *82A*, 11–20. https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.09.015

Tadasse, G., Algieri, B., Kalkuhl, M., von Braun, J. (2016). Drivers and triggers of internationales food price spikes and volatility. *In* Kalkuhl, M., von Braun, J., Torero, M. (Eds.), *Food Price Volatility and Its Implications for Food Security and Policy* (pp. 59–82). Cham, Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28201-5_3

Tatum, L. A. (1971). The southern corn leaf blight epidemic. *Science*, *171*, 3976, 1113-1116. http://doi.org/10.1126/science.171.3976.1113

Toreti, A., Belward, A., Perez-Dominguez, I., Naumann, G., Luterbacher, J., Cronie, O., *et al.* (2019). The exceptional 2018 European water seesaw calls for action on adaptation. *Earth's Future*, *7*, 652–663. https://doi.org/10.1029/2019EF001170

van Klompenburg, T., Kassahun, A., Catal, C. (2020). Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 177, 105709. http://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105709

Vitasse, Y., Rebetez, M. (2018). Unprecedented risk of spring frost damage in Switzerland and Germany in 2017. *Climatic change*, *149*, 233–246. https://doi.org/10.1007/s10584-018-2234-y

Wallach, D. (2011). Crop model calibration: a statistical perspective. *Agronomy Journal*, 103, 1144–1151.

Zampieri, M., Ceglar, A., Dentener, F., Toreti, A. (2017). Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales. *Environmental Research Letters*, *12*, 064008. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa723b

Zelingher, R., Makowski, D., Brunelle, T. (2021). Assessing the sensitivity of global maize price to regional productions using statistical and machine learning methods. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *5*, 171. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.655206

Chapitre 5

Régimes alimentaires et changement d'usage des terres à l'échelle globale : l'importance du cadre de modélisation

Patrice Dumas, Agneta Forslund, Chantal Le Mouël

Les changements de régime alimentaire à travers le monde ont des conséquences importantes sur les usages des terres et, plus largement, sur les impacts de l'agriculture sur l'environnement au niveau global. La demande agricole totale est en effet majoritairement déterminée par l'évolution de la population et des régimes alimentaires qui, à travers l'ajustement de l'offre, détermine les ressources utilisées pour la production agricole.

Les conséquences environnementales des changements de régime alimentaire à l'échelle globale sont évaluées par nombre d'études, sous l'angle du changement d'usage des terres (Paillard *et al*., 2011 ; Erb *et al*., 2016 ; Mora *et al*., 2020), des conséquences en matière d'intensification de l'agriculture (Brunelle *et al*., 2015), des émissions de gaz à effet de serre (GES) (voir entre autres Stehfest *et al*., 2009 ; Hedenus *et al*., 2014 ; Searchinger *et al*., 2019 ; Clark *et al*., 2020) ou de l'évolution de la biodiversité (Henry *et al*., 2019). Les effets des changements de diète sur les prix (Stevanović *et al*., 2017) ou la santé (Willett *et al*., 2019) ont également été analysés.

Ces études montrent que les régimes alimentaires ont une importance cruciale au regard de l'impact de l'agriculture sur l'environnement, et que la part des produits animaux dans les diètes, en particulier les produits issus des ruminants, est déterminante. De nombreuses études mettent en avant les effets bénéfiques en matière de santé humaine et d'environnement d'une transition vers des régimes plus sains, avec plus de diversité, plus de légumineuses, de fruits et légumes, et moins de produits animaux, de sucre et d'huiles, au moins pour les pays émergents et développés.

Les évaluations de l'ampleur des conséquences de ces transitions, à l'échelle globale, sont nettement plus divergentes (voir, par exemple, Le Mouël et Forslund, 2017, sur l'usage des terres, et Prudhomme *et al*., 2020a, sur les émissions de GES). Des différences dans les hypothèses des scénarios évalués expliquent une partie de ces divergences, mais le type de modèle et les choix de modélisation jouent également un rôle. C'est particulièrement visible lorsque les conséquences environnementales

et économiques sont évaluées en utilisant les mêmes scénarios, tels les SSP-RCP[4] et plusieurs modèles, en particulier des modèles intégrés (Popp *et al*., 2017). L'utilisation de sources de données et de paramètres variés explique pour partie ces résultats divergents, mais les différences entre approches de modélisation sont également cruciales (Prudhomme *et al*., 2020a). Lorsque plusieurs modèles intégrés différents sont utilisés pour simuler les mêmes scénarios, l'importance des cadres de modélisation est, le plus souvent, mentionnée, mais pas analysée. De façon générale les études se focalisent sur les moyennes ou les médianes, sans analyser l'ensemble des informations générées par les modèles. L'étude de von Lampe *et al*. (2014) fait figure d'exception, les différences entre modèles y étant à la fois présentées et analysées.

Ici, nous préconisons une plus grande transparence lorsque des résultats de simulation obtenus à partir de différents modèles sont présentés. Se focaliser sur les moyennes ou les médianes cache la fragilité et les incertitudes associées. En revanche, montrer quels mécanismes présents dans les différents modèles contribuent aux différences dans les résultats permet de mieux comprendre et interpréter les résultats des modèles et d'éclairer le débat scientifique.

En nous concentrant sur les conséquences des changements de régime alimentaire sur les usages des terres, nous montrons comment et dans quelle mesure les cadres de modélisation peuvent influencer les résultats des simulations. Ce sont les mécanismes à l'œuvre dans les différents modèles et leur influence sur les résultats qui sont au centre de l'étude, mécanismes que nous examinons en simulant les effets sur l'usage des terres de quatre diètes contrastées avec trois modèles fondés sur des principes différents.

Le nombre de modèles utilisés est relativement restreint par rapport à un exercice typique d'intercomparaison de modèles (von Lampe *et al*., 2014[5]). Cependant, un modèle de bilan n'intégrant ni comportement économique des agents ni prix est considéré, ce qui élargit considérablement le spectre des cadres de modélisation analysés. De plus, travailler avec moins de modèles permet d'aller plus loin dans l'harmonisation de la traduction des scénarios en variables d'entrée de chaque modèle, et ainsi d'être plus à même d'isoler les effets des mécanismes dans l'explication des différences entre résultats.

⏩ Trois cadres de modélisation contrastés

Les trois modèles considérés sont GlobAgri, un modèle de bilan de flux de produits agricoles, et deux modèles d'équilibre partiel de marchés, MATSIM-LUCA (Market And Trade SIMulation model for Land-Use Change Analysis) et NLU (Nexus Land Use).

4. Dans le cadre du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), un ensemble de scénarios communs est utilisé, combinant des scénarios décrivant les conditions socio-économiques, les SSP (*shared socio-economic pathways*), et des scénarios correspondant à différents futurs pour le climat, les RCP (*representative concentration pathways*).

5. von Lampe *et al*. (2014) mène un exercice de comparaison considérant 10 modèles intégrés, avec différentes caractéristiques, différentes résolutions spatiales et différents niveaux de désagrégation de l'agriculture, dont six modèles d'équilibre général (AIM, ENVISAGE, EPPA, FARM, GTEM, MAGNET) et quatre modèles d'équilibre partiel du secteur agricole (GLOBIOM, IMPACT, MagPIE, GCAM).

GlobAgri, un modèle de bilan de flux

GlobAgri est un modèle de bilan des flux de biomasse, qui utilise en entrée les données de FAOStat et de sources complémentaires pour l'élevage, les flux d'azote et les émissions de GES. Le principe de ce type de modèle est d'assurer que les ressources (production et importations) sont égales aux usages (alimentation humaine et animale, autres usages et exportations), pour chaque produit dans chaque pays ou groupe de pays (que l'on appellera par la suite région). Les importations de chaque produit sont une fonction linéaire de la somme des usages, et les exportations sont représentées comme une part constante de la taille du marché mondial (c'est-à-dire, de la somme des importations de toutes les régions). La demande d'aliments pour les animaux est proportionnelle à la production des différents types d'animaux.

Un changement de régime alimentaire impacte la demande, qui à son tour détermine les importations et les exportations. La production domestique s'ajuste et, lorsqu'il s'agit d'un produit animal, impacte la demande d'aliments pour les animaux qui vient s'ajouter à la demande humaine. Enfin, les ajustements des productions domestiques des différents produits provoquent des changements d'usage des terres sur la base des rendements des cultures et des pâtures[6]. Le bilan des flux d'azote et les émissions de GES peuvent également être calculés par GlobAgri. Ce cadre de modélisation a été utilisé pour l'évaluation quantitative de plusieurs prospectives, soit à l'échelle du monde (Le Mouël *et al*., 2018a), soit avec un focus particulier sur certaines régions (Le Mouël *et al*., 2023), et pour l'estimation des émissions de GES de différentes options pour l'agriculture et les systèmes alimentaires mondiaux (Searchinger *et al*., 2019).

La version de GlobAgri utilisée ici correspond à celle de Le Mouël *et al*. (2018b), utilisée pour la prospective Agrimonde-Terra (Le Mouël *et al*., 2018a), avec 2008 comme année de référence (moyenne de 2007-2009), 14 régions et 33 agrégats de produits agricoles. Le cadre générique de modélisation est appelé GlobAgri, tandis que la version particulière utilisée est plus spécifiquement nommée GlobAgri-DietsAgT.

MATSIM et NLU, deux modèles économiques

MATSIM-LUCA est un modèle d'équilibre partiel des marchés agricoles à l'échelle mondiale. Comme dans la plupart des modèles de ce type, une fonction d'offre dépendante des prix est confrontée à un ensemble de fonctions de demande (pour l'alimentation humaine, animale et pour les autres usages), également sensibles aux prix, pour chaque produit et dans chaque région. La demande alimentaire, en particulier, et donc les régimes alimentaires sont endogènes, la consommation de chaque produit dépendant des préférences des consommateurs et des prix relatifs sur les marchés. Les technologies de production et les marchés de la terre et des autres intrants sont représentés explicitement dans MATSIM, en utilisant des fonctions à

6. Les contraintes sur les terres disponibles peuvent également être prises en compte dans GlobAgri, avec des ajustements du commerce international. Dans la version utilisée ici, ces contraintes ne sont pas prises en compte, et les surfaces s'ajustent librement.

élasticité de substitution constante (pour les demandes) et des fonctions à élasticité de transformation constante (pour l'offre). Les rendements des cultures sont donc endogènes et sensibles aux prix, un changement dans le prix d'un produit cultivé induisant un ajustement du mix optimal terre-autres intrants utilisé pour produire cette culture. Les prix de la terre et des autres intrants s'ajustent à leur tour, affectant la production des autres cultures. De façon similaire, le changement du prix d'un produit animal entraîne une réallocation dans le mix des différents aliments pour le bétail (herbe, concentrés et autres produits) utilisé pour produire ce produit animal, entraînant une modification des prix des aliments pour bétail et induisant des modifications de la composition des rations dans les autres secteurs d'élevage. De la même façon que pour les cultures, l'efficience des différents secteurs d'élevage est endogène et sensible aux prix. Une exception, dans MATSIM, est le rendement des pâtures qui est exogène et n'est pas sensible aux prix, situation que l'on retrouve dans GlobAgri-DietsAgT. Dans ce dernier, par hypothèse, les rendements des cultures et les efficiences des productions animales sont, par contre, également exogènes.

MATSIMU-LUCA fait l'hypothèse d'un marché mondial intégré, ce qui se traduit par le fait que chaque région exporte son surplus ou importe son déficit domestique d'un produit (calculé comme l'écart entre offre et demande domestiques, soit exportations nettes, positives en cas de surplus et négatives en cas de déficit) d'un pot commun mondial sans tenir compte de l'origine du produit. Le prix mondial permet d'équilibrer le marché international de chaque produit en annulant la somme des exportations nettes de toutes les régions. Les politiques commerciales sont représentées *via* des équations de transmission entre le prix mondial et le prix intérieur de chaque produit.

L'année de référence est 2009, les projections se font à l'horizon 2030, pour 17 régions et plus de 40 produits agricoles et de biomasse énergie. MATSIM-LUCA est décrit en détail dans Levert *et al*. (2017). Ce modèle a été utilisé pour évaluer les conséquences du déploiement de la biomasse énergie en France et dans l'Union européenne (Forslund *et al*., 2013) et pour quantifier les conséquences environnementales des politiques françaises touchant aux produits laitiers (Salou *et al*., 2019).

NLU est également un modèle d'équilibre partiel des marchés agricoles à l'échelle mondiale, mais il diffère de MATSIM-LUCA sur plusieurs mécanismes importants. Tout d'abord, la demande alimentaire est exogène, de même que le niveau absolu du commerce des produits issus des monogastriques. Ensuite, la représentation de l'offre est différente, que ce soit pour les cultures ou pour l'élevage. La modélisation de l'intensification agricole dans NLU est en effet construite autour de la substitution entre la terre et les fertilisants pour ce qui concerne les cultures, et la substitution entre différents systèmes de production de ruminants utilisant des proportions variées d'herbe, de concentrés et de résidus et de fourrages dans les rations, pour l'élevage. Le modèle est résolu par la minimisation du coût total de la production agricole à l'échelle de grandes régions tout en assurant l'équilibre offre-demande sur les marchés, les produits agricoles étant mesurés en équivalent énergie. Plusieurs classes de terre sont considérées. Elles sont définies sur la base de leur rendement potentiel simulé avec le modèle de culture LPJmL (Lund-Potsdam-Jena managed Land), ce dernier prenant en compte l'hétérogénéité des conditions pédoclimatiques. Les taux de déforestation sont exogènes, les changements de

surface agricole totale par région sont donc prédéterminés. Les rendements de la culture représentative dans chaque classe de terre dépendent de façon non linéaire de la quantité d'intrants utilisés, tandis que la production des produits animaux est linéairement reliée à la quantité d'aliments ingérés par le bétail. La productivité du secteur de l'élevage à l'échelle régionale s'ajuste de façon endogène, par la réallocation des cultures sur les classes de terre et les basculements entre systèmes pastoraux et systèmes mixtes culture-élevage de ruminants. Le rendement moyen de production d'herbe est ainsi endogène, à la différence de MATSIM-LUCA.

Une description détaillée de NLU a été publiée dans Souty *et al*. (2012), et la méthode de calibration est détaillée dans Souty *et al*. (2013). Le monde est divisé en 12 grandes régions et cinq produits agricoles sont représentés. NLU a été utilisé pour évaluer les conséquences de changements des prix des fertilisants sur l'intensification agricole (Brunelle *et al*., 2015), les politiques climatiques du secteur agricole (Prudhomme *et al*., 2020b) et les conséquences au niveau mondial de scénarios d'augmentation de la production des légumineuses en Europe (Prudhomme *et al*., 2020a).

Trois approches de modélisation bien distinctes

Les trois modèles ont des points communs, mais également des différences. Le cadre de modélisation de GlobAgri ne permet pas de substitution entre produits et entre intrants, et les structures de production, de consommation et d'échanges sont plutôt rigides. MATSIM est le plus flexible, la demande, l'offre et le commerce étant sensibles aux prix, tandis que NLU est intermédiaire, l'offre étant relativement flexible, mais la demande alimentaire exogène et les quantités échangées sur les marchés mondiaux étant constantes pour certains produits. La représentation des systèmes de production est assez différente dans les trois modèles, avec des rendements et des efficiences plus ou moins endogènes et sensibles aux prix. Dans GlobAgri, les rendements des cultures et les efficiences animales sont exogènes, décidés en dehors du modèle, en général comme partie intégrante du scénario simulé. Dans MATSIM et NLU, les rendements et les efficiences animales sont endogènes et répondent aux prix, à l'exception des rendements des prairies permanentes qui sont exogènes dans MATSIM. Dans NLU, la réponse des rendements des cultures aux intrants prend en compte certaines contraintes biophysiques, ce qui limite l'ajustement des rendements par rapport à MATSIM.

⏩ Les scénarios

Les hypothèses de changements de régime alimentaire

Quatre scénarios de régime alimentaire sont évalués à l'horizon 2050, trois étant issus de la prospective Agrimonde-Terra (Animp, Ultrap et Healthy), le quatrième (FAO) étant un scénario de prolongement des tendances de type « *business as usual* ».

Les hypothèses de prolongement des tendances actuelles dans le scénario FAO donnent lieu à une stabilisation de l'apport calorique total et de la part des produits

animaux dans les pays développés, tandis que dans les pays en développement et émergents, les régimes deviennent plus riches en calories et en produits animaux. Dans toutes les régions, les produits provenant des ruminants sont substitués par ceux issus des monogastriques. L'importance des huiles végétales et des sucres augmente de façon générale dans les régimes alimentaires. Le scénario FAO se base sur Alexandratos et Bruinsma (2012) pour GlobAgri-DietsAgt et NLU, et sur OECD-FAO World Agricultural Outlook (2014) pour MATSIM[7].

Le scénario Animp relève de l'hypothèse de « Transition vers des régimes alimentaires basés sur les produits animaux correspondant à une consommation de type urbain » d'Agrimonde-Terra. Les changements sont similaires à ceux du scénario FAO, mais beaucoup plus marqués dans les pays émergents et en développement, la part des produits animaux, et en particulier de la viande, augmentant fortement dans les régimes alimentaires.

Le scénario Ultrap correspond à l'hypothèse de « Transition vers des aliments ultra-transformés » d'Agrimonde-Terra. De nouveau, les changements sont similaires à ceux du scénario FAO, mais avec une transition vers plus de produits ultra-transformés dans toutes les régions du monde. Les régimes alimentaires de ce scénario sont riches en huiles végétales, sucres, sel et viande de volaille, l'augmentation de la part de produits animaux étant similaire à celle du scénario FAO, et donc significativement moindre que pour le scénario Animp.

Le scénario Healthy reprend l'hypothèse « Régimes sains diversifiés » d'Agrimonde-Terra, une transition profonde des systèmes alimentaires s'opérant vers des régimes alimentaires plus équilibrés, plus divers et, *in fine*, plus sains. La disponibilité alimentaire totale par tête diminue dans les pays développés, diminue ou stagne dans les pays émergents, et stagne ou s'accroît dans les pays en développement, afin d'atteindre les niveaux recommandés. La part de produits animaux décroît dans les régimes alimentaires de toutes les régions, sauf en Inde et en Afrique subsaharienne, où elle croît pour atteindre les niveaux recommandés. La place des huiles végétales, des sucres et du sel décroît fortement, tandis que celle des fruits et légumes, des céréales secondaires et des légumineuses s'accroît significativement.

Les hypothèses quantitatives des régimes alimentaires d'Agrimonde-Terra sont détaillées dans Le Mouël *et al*. (2018a).

Les hypothèses sur les autres variables

GlobAgri-DietsAgT et NLU utilisent les projections de la FAO en 2050 pour les changements de rendement (sauf pour les cultures dynamiques dans NLU), d'intensité culturale et de production de biomasse énergie. Les hypothèses de MATSIM sur les rendements et les usages non alimentaires (qui incluent la biomasse énergie) proviennent des projections OECD-FAO (World Agricultural Outlook, 2014). Les trois modèles utilisent des projections similaires sur les efficiences de l'élevage (issues de Bouwman *et al*., 2005).

7. Les projections du World Agricultural Outlook (2014) de l'OECD-FAO couvrent la période 2014-2023, elles sont extrapolées linéairement jusqu'en 2030 pour être utilisées dans MATSIM.

Des hypothèses additionnelles sont faites pour NLU. Tout d'abord, les taux de reforestation et de déforestation sont la continuation des tendances passées, avec un arrêt de la reforestation en 2022. Les changements d'efficience des intrants sont mis en cohérence avec les données sur l'efficience de la fertilisation azotée de Alexandratos et Bruinsma (2012). Enfin, les rendements potentiels, qui déterminent les classes de terre, sont constants.

Pour pouvoir comparer les résultats des modèles, des ajustements spécifiques doivent être faits pour NLU et MATSIM. L'année de référence de NLU est 2001, et pour être en cohérence avec les autres modèles dont l'année de référence est proche de 2010, les régimes alimentaires sont projetés entre 2001 et 2010 en utilisant les projections de la FAO. Pour ce qui concerne MATSIM, les résultats des simulations ont été extrapolés linéairement de 2030 à 2050, et remis à l'échelle avec un facteur de proportionnalité pour que les surfaces agricoles considérées dans MATSIM (qui ne couvrent pas certains produits agricoles) correspondent à celles de GlobAgri-DietsAgT et de NLU (qui couvrent tous les produits agricoles).

⏩ Résultats

Dans les quatre scénarios, les surfaces agricoles augmentent entre l'année de référence et 2050 (tableaux 5.2 et 5.3). Cependant, l'ampleur des changements est très différente d'un scénario à l'autre, ce qui reflète l'importance des régimes alimentaires pour l'usage des terres, et entre modèles, ce qui met en exergue l'effet des cadres de modélisation. Pour comprendre les effets des régimes, les résultats de GlobAgri-DietsAgT sont analysés dans un premier temps, car étant les plus simples à interpréter. Dans un deuxième temps est examiné le rôle des cadres de modélisation.

Les conséquences des régimes alimentaires sur les usages des terres : comparaison des scénarios

Pour GlobAgri-DietsAgT, l'ampleur du changement d'usage des terres dépend directement de la quantité d'énergie totale du régime et de la part de produits animaux. Les résultats sont présentés dans les tableaux 5.1 et 5.2. Ils indiquent que le scénario Animp, qui implique les régimes les plus riches en matière d'énergie totale et contenant une part très importante de produits animaux, conduit à l'expansion la plus importante des surfaces agricoles, avec + 406 millions d'hectares de surfaces de cultures et + 4 055 millions d'hectares de surfaces de pâtures. Le scénario FAO induit également une expansion agricole importante, mais significativement moindre, + 189 millions d'hectares pour les cultures et + 1 995 millions d'hectares pour les pâtures, les régimes alimentaires de ce scénario étant similaires en matière d'énergie disponible mais moins riches en produits animaux que ceux du scénario Animp. Les régimes alimentaires du scénario Ultrap sont assez proches de ceux du scénario FAO, tant en ce qui concerne l'énergie totale disponible que la part de produits animaux. Cependant, les huiles végétales, les sucres et la viande de volailles y sont

nettement plus présents, ces trois catégories de produits étant très performantes quant à la production d'énergie par hectare. Ainsi, le scénario Ultrap requiert peu de terre, avec une diminution des surfaces de culture (– 22 millions d'hectares) et un accroissement limité des surfaces de pâtures (+ 243 millions d'hectares). Enfin, le scénario Healthy produit des résultats médians, avec + 101 millions d'hectares pour les cultures et + 608 millions d'hectares pour les pâtures, sous l'influence de deux effets de sens opposé. Tout d'abord, comme les régimes alimentaires du scénario Healthy sont moins riches en énergie totale et en produits animaux, au niveau mondial et en moyenne, l'expansion agricole est réduite. Cependant, pour certains pays en développement ou émergents, et notamment pour l'Inde et l'Afrique, ce scénario implique des régimes à contenu plus fort en énergie et en produits animaux que les autres scénarios. Ces régions étant très peuplées, en forte croissance démographique, et plutôt moins performantes au niveau des rendements des cultures et des efficiences des élevages, les régimes du scénario Healthy entraînent des augmentations importantes de surfaces agricoles dans ces régions.

Tableau 5.1. Évolution des surfaces de cultures mondiales (de l'année de référence à 2050, en millions d'hectares).

Modèle / Scénario	GlobAgri-DietsAgT	MATSIM	NLU
Animp	+ 406	+ 76	+ 634
FAO	+ 189	+ 113	+ 436
Healthy	+ 101	+ 148	+ 75
Ultrap	– 22	+ 146	+ 290

Tableau 5.2. Évolution des surfaces de pâtures mondiales (de l'année de référence à 2050, en millions d'hectares)

Modèle / Scénario	GlobAgri-DietsAgT	MATSIM	NLU
Animp	+ 4055	+ 430	– 327
FAO	+ 1995	+ 350	– 129
Healthy	+ 608	+ 291	+ 230
Ultrap	+ 243	+ 343	+ 17

Les conséquences des régimes alimentaires sur les usages des terres : comparaison des modèles

Les changements d'usages des terres sont nettement moins forts avec MATSIM qu'avec GlobAgri-DietsAgT, ce que montrent les tableaux 5.1 et 5.2, en raison des effets-prix et des possibilités de substitution entre produits et entre intrants présents dans le modèle économique. Ces mécanismes redirigent la consommation vers les produits les moins chers (*via* les substitutions entre produits, y compris au travers des importations), et la production vers les intrants les moins coûteux (grâce aux substitutions entre produits, à l'ajustement des utilisations d'intrants et

aux changements de localisation de la production par les exportations). Ainsi, pour les mêmes niveaux de consommation, le besoin en surface est plus faible avec un modèle économique qu'avec un modèle de bilan. C'est particulièrement vrai pour MATSIM, car, d'une part, les rendements des cultures et les efficiences animales sont endogènes et, d'autre part, les marchés de la terre et des autres intrants sont représentés explicitement, avec pour conséquence un effet important de ces processus sur les résultats de simulation.

Ces mécanismes permettent d'expliquer les différences de changements d'usage des terres résultant des scénarios entre GlobAgri-DietsAgT et MATSIM (tableaux 5.1 et 5.2). Ainsi, par exemple, Animp provoque l'accroissement des surfaces de cultures le plus important avec GlobAgri-DietsAgT et le plus faible avec MATSIM. Dans MATSIM en effet, l'accroissement de la demande, et en particulier de la demande de produits animaux, exacerbe la compétition pour la terre, ce qui conduit à une augmentation significative des prix de la terre dans toutes les régions. Les producteurs y répondent en intensifiant leurs pratiques, en accroissant les rendements à l'hectare pour les cultures et les efficiences pour les produits animaux, ce qui diminue le besoin en terres. Le même processus est à l'œuvre dans le scénario Ultrap, mais, dans ce cas, et bien que les rendements augmentent, une expansion des surfaces de cultures reste nécessaire pour répondre à l'augmentation de la demande alimentaire. À l'inverse, le scénario Healthy conduit à un accroissement important des surfaces de cultures, l'augmentation modérée de la demande dans ce scénario induisant une hausse relativement faible des prix de la terre et par suite une augmentation moins importante des rendements (tableau 5.3).

Tableau 5.3. Taux de croissance annuel (%) du rendement par hectare sur les cultures et les pâtures par scénario et par modèle (moyenne mondiale, de l'année de référence à 2050[1]).

Modèle	GlobAgri-DietsAgT		MATSIM		NLU	
Scénario	Cultures	Pâtures	Cultures	Pâtures	Cultures	Pâtures
Animp	+ 0,97	– 0,07	+ 1,5	+ 0,7	+ 0,34	+ 1,29
FAO	+ 0,97	– 0,07	+ 1,1	+ 0,7	+ 0,35	+ 0,82
Healthy	+ 0,97	– 0,02	+ 0,5	+ 0,7	+ 0,38	+ 0,14
Ultrap	+ 0,97	+ 0,26	+ 1,4	+ 0,7	+ 0,36	+ 0,35

[1] Le rendement moyen mondial en 2050 est calculé en reprenant la production de 2010 pour isoler l'effet « pur » des changements de rendement.

Pour ce qui concerne l'expansion des pâtures, l'ordre des scénarios est le même pour MATSIM que pour GlobAgri-DietsAgT. Cela n'est pas étonnant, car dans MATSIM, le mécanisme précédemment décrit d'intensification et d'augmentation des rendements à l'hectare n'existe pas pour l'herbe des pâtures, dont les rendements à l'hectare sont fixés de façon exogène. Les écarts de résultats en matière de surfaces de pâtures s'expliquent plutôt dans ce cas par des différences de localisation de l'élevage : dans MATSIM, la production peut se relocaliser facilement dans les régions où les efficiences et les rendements sont plus élevés, le commerce étant flexible, tandis que la structure du commerce est rigide dans GlobAgri-DietsAgT.

Les résultats de NLU se distinguent de ceux des deux autres modèles, même si les mécanismes clés sont, comme pour MATSIM, les processus d'intensification/extensification. En effet, dans NLU, le rendement moyen des pâtures est endogène, tandis que la modélisation de l'offre et du commerce limite les variations de rendement des cultures. Les augmentations de rendement des cultures sont ainsi plus faibles dans NLU que dans MATSIM quel que soit le scénario, tandis que les rendements moyens des pâtures sont plus importants pour les scénarios Animp et FAO (tableau 5.3). Avec MATSIM, Animp était le scénario utilisant le moins de surfaces de cultures et Healthy celui en utilisant le plus, la sensibilité des rendements des cultures aux prix étant importante dans ce modèle. Avec NLU, Animp utilise le moins de surfaces de pâtures et Healthy le plus de surfaces de pâtures, de la même façon en raison de la réponse aux prix des rendements moyens des pâtures. Par exemple, pour le scénario Animp, l'accroissement de la demande alimentaire, en particulier en produits ruminants, induit une augmentation de la part des systèmes mixtes agriculture-élevage dans la production au détriment des systèmes pastoraux. Comme la ration dans les systèmes mixtes est plus riche en concentrés, et que les intensités de pâturage sont également plus importantes dans les systèmes mixtes, le secteur de production des ruminants, en moyenne, requiert moins de surfaces de pâtures et plus de surfaces de cultures. Ce mécanisme est peu présent pour le scénario Ultrap, le régime alimentaire de ce scénario étant caractérisé par un basculement de la demande de produits ruminants vers une demande de produits monogastriques. Ces effets sont exacerbés par l'hypothèse sur la déforestation, qui implique une surface agricole totale (pâtures et cultures) déterminée, la même pour tous les scénarios. Au final, l'ensemble des mécanismes représentés conduit à une réduction des surfaces de pâtures quand les demandes en produits ruminants augmentent, ce qui contraste avec les deux autres modèles.

Les différences de représentation des mécanismes d'intensification entre MATSIM et NLU, avec plus de flexibilités pour les cultures pour MATSIM, et plus de flexibilité pour l'élevage pour NLU, se retrouvent sur les évolutions de prix mondiaux (tableau 5.4). Quel que soit le scénario, les prix mondiaux sont plus faibles pour les cultures pour MATSIM et, le plus souvent, plus faibles pour les produits ruminants pour NLU.

Tableau 5.4. Évolution (%) des indices de prix des cultures et des produits animaux, par scénario, pour MATSIM et NLU (moyennes pondérées par catégorie de produit, de l'année de référence à 2050).

Modèle	MATSIM			NLU[1]	
Scénario	Cultures	Monogastriques	Ruminants (incluant les produits laitiers)	Cultures	Ruminants (incluant les produits laitiers)
Animp	+ 1,5	+ 2,0	+ 2,8	+ 3,1	+ 1,7
FAO	+ 0,4	+ 1,1	+ 1,8	+ 2,4	+ 1,6
Healthy	– 0,3	+ 0,5	+ 1,1	+ 1,0	+ 1,2
Ultrap	+ 1,0	+ 1,0	+ 1,9	+ 1,8	+ 1,4

[1] Les quantités de produits issus des monogastriques échangées sont fixes en valeur absolue dans NLU, il n'y a donc pas de prix associé.

Conclusion

Quelle que soit la modélisation utilisée, l'évolution des régimes alimentaires a des impacts significatifs sur les surfaces agricoles dans toutes les régions et au niveau mondial. Les choix de modélisation jouent également un rôle important, quel que soit le scénario de régime alimentaire simulé.

Dans GlobAgri-DietsAgT, un modèle de bilan, seules les quantités s'ajustent, les changements sont très contrastés et potentiellement très importants. Dans les modèles économiques, MATSIM et NLU, les quantités et les prix s'ajustent, ce qui induit des substitutions entre produits et de l'extensification ou de l'intensification des systèmes de production. L'effet stabilisateur des mécanismes de prix dans ce type de modèle réduit les accroissements de surfaces de cultures et de pâtures nécessaires pour répondre aux changements de demande.

Les modèles de bilan de flux de biomasse ont probablement tendance à surestimer les changements d'usage des terres, en tout cas quand les scénarios simulés ne sont pas conçus de façon cohérente sur toutes les dimensions, mais différenciés sur une seule dimension, ici les régimes alimentaires. Ils sont simples, transparents et didactiques, ce qui les rend utiles dans certains contextes (Mora *et al*., 2020).

L'analyse des résultats des modèles économiques révèle le rôle crucial des mécanismes d'intensification/extensification représentés pour expliquer les évolutions des usages des terres. Ces mécanismes sont modélisés dans MATSIM et NLU, mais les différences de représentation, avec le rendement des cultures plus flexible dans MATSIM et celui des pâtures plus flexible dans NLU, donnent des résultats très variés. Notre étude suggère qu'expliciter les mécanismes en jeu dans les différents modèles et relier les résultats à ces choix de modélisation devrait être systématique, en particulier lorsque l'on analyse les résultats d'un même scénario simulé avec plusieurs modèles. En retour, les résultats seraient plus faciles à comprendre, leurs fragilités et leurs incertitudes plus simples à objectiver, ce qui permettrait de clarifier le débat scientifique.

Notre étude montre également qu'une telle analyse permet de mettre en lumière des éléments cruciaux des scénarios, dans notre cas les évolutions des rendements des pâtures et des cultures, et des efficiences de l'élevage. Les évolutions des rendements des cultures et des pâtures, exogènes dans GlobAgri-DietsAgT, sont ainsi très différentes de celles simulées par MATSIM et NLU. L'explicitation des rendements permet de rendre plus transparente l'analyse des résultats. Elle n'est pourtant pas si fréquemment conduite dans les comparaisons de scénarios mondiaux de transition des systèmes alimentaires. Dévoiler ces différences d'évolution des rendements entre scénarios révèlerait en outre la nécessité et l'intérêt d'un dialogue interdisciplinaire sur les changements plausibles des rendements des cultures et des pâtures, que ceux-ci soient des hypothèses (comme dans GloAgri-DietsAgT) ou des résultats de simulation (comme dans MATSIM et NLU). Ces considérations s'étendent d'ailleurs aux évolutions des efficiences de l'élevage, et plus généralement à toute autre variable ou paramètre technique clé des modèles.

Remerciements

Cette étude a été conduite dans le cadre du projet TAABCE, qui a été financé par le métaprogramme GloFoodS.

Nous remercions chaleureusement les relecteurs pour leurs commentaires pertinents et pour leurs suggestions. Nous sommes particulièrement reconnaissants pour la relecture précise et approfondie de Bertrand Schmitt et pour ses précieuses suggestions.

Références bibliographiques

Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050. The 2012 revision. Technical report, FAO. ESA Working paper No. 12-03. http://typo3.fao.org/fileadmin/templates/esa/ Global_perspectives/world_ag_2030_50_2012_rev.pdf

Brunelle, T., Dumas, P., Souty, F., Dorin, B., Nadaud, F. (2015). Evaluating the impact of rising fertilizer prices on crop yields. *Agricultural Economics*, *46*(5), 653–666. https://doi.org/10.1111/agec.12161

Clark, M. A., Domingo, N. G. G., Colgan, K., Thakrar, S .K., Tilman, D., Lynch, J., Azevedo, I. L., Hill, J. D. (2020). Global food systems emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. *Science*, *370*, 705–708. https://doi.org/10.1126/science.aba7357

Forslund, A., Levert, F., Gohin, A., Le Mouël, C. (2013). Évaluation des effets du développement des biocarburants en France sur les marchés des grandes cultures et sur le changement d'affectation des sols : une analyse à l'aide du modèle MATSIM-LUCA : résultats des simulations. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. ⟨hal-01208886⟩

Erb, K.-H., Lauk, C., Kastner, T., Mayer, A., Theurl, M., Haberl, H. (2016). Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation. *Nature Communications*, 7,11382. https://doi.org/10.1038/ncomms11382.

Hedenus, F., Wirsenius, S., Johansson, D. J. A. (2014). The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets. *Climatic Change*, 124, 79–91. https://doi.org/10.1007/s10584-014-1104-5

Henry, R. C., Alexander, P., Rabin, S., Anthoni, P., Rounsevell, M. D., Arneth, A. (2019). The role of global dietary transitions for safeguarding biodiversity. *Global Environmental Change*, *58*, 101956. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101956

Le Mouël, C., de Lattre-Gasquet, M., Mora, O. (Eds.) (2018a). *Land Use and Food Security in 2050: a Narrow Road. Agrimonde-Terra*. Éditions Quae, Versailles.

Le Mouël, C., Dumas, P., Manceron, S., Forslund, A., Marajo-Petitzon, E. (2018b). *The GlobAgri-Agrimonde-Terra database and model. In* Le Mouël, C., de Lattre-Gasquet, M., Mora, O. (Eds.) (2018b). *Land Use and Food Security in 2050: a Narrow Road. Agrimonde-Terra*. Éditions Quae, Versailles, pp. 28–36.

Le Mouël, C., Forslund, A. (2017). How can we feed the world in 2050? A review of the responses from global scenario studies. *European Review of Agricultural Economics*, *44*(4):541–591. https://doi.org/10.1093/erae/jbx006

Le Mouël, C. Forslund, A., Marty, P., Manceron, S., Marajo Petitzon, E., Caillaud, M-A., Dumas, P., Schmitt B. (2023). Can the Middle East North Africa region mitigate the rise of its food import dependency under climate change? *Regional Environmental Change*, *23*, 52 (2023). https://doi.org/10.1007/s10113-023-02045-y

Levert, F., Forslund, A., Hercule, J., Le Mouël, C. (2017). Étude CLAC-LUC, crop-livestock land competition: land use change and greenhouse gas emissions, ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt, 55 p. ⟨hal-01532696⟩

Mora, O., Le Mouël, C., de Lattre-Gasquet, M., Donnars, C., *et al*. (2020). Exploring the future of land use and food security: A new set of global scenarios. *PLOS ONE*, *15*(7), 1–29. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235597

Paillard, S., Treyer, S., Dorin, B. (Eds.) (2011). *Agrimonde, Scenarios and Challenges for Feeding the World in 2050*. Éditions Quae, Versailles.

Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S. Havlik, P., *et al*. (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change*, *42*, 331–345. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.10.002

Prudhomme, R., Brunelle, T., Dumas, P., Le Moing, A., Zhang, X. (2020a). Assessing the impact of increased legume production in Europe on global agricultural emissions. *Regional Environmental Change*, *20*, 91. https://doi.org/10.1007/s10113-020-01651-4

Prudhomme, R., Palma, A. D., Dumas, P., Gonzalez, R., *et al*. (2020b). Combining mitigation strategies to increase co-benefits for biodiversity and food security. *Environmental Research Letters*, *15*(11), 114005. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb10a

Salou, T., Le Mouë,l C., Levert, F., Forslund, A., van der Werf, H. (2019). Combining life cycle assessment and economic modelling to assess environmental impacts of agricultural policies: the case of the French ruminant sector. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(3), 566-580.

Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., Ranganathan, J., Dumas, P. (2019). Creating a sustainable food future. World resources report, World Resources Institute. https://www.wri.org/publication/creating-sustainable-food-future-final-report

Souty, F., Brunelle, T., Dumas, P., Dorin, B., Ciais, P., Crassous, R., Müller, C., Bondeau, A. (2012). The nexus land-use model version 1.0, an approach articulating biophysical potentials and economic dynamics to model competition for land-use. *Geoscientific Model Development*, *5*(5), 1297–1322. https://doi.org/10.5194/gmd-5-1297-2012

Souty, F., Dorin, B., Brunelle, T., Dumas, P., Ciais P. (2013). Modelling economic and biophysical drivers of agricultural land-use change: calibration and evaluation of the Nexus Land-Use model over 1961–2006. *Geoscientific Model Development Discussions*, *6*(4), 6975–7046. https://doi.org/10.5194/gmdd-6-6975-2013

Stehfest, E., Bouwman, L., Van Vuuren, D. P., den Elzen, M. G. J., Eickhout, B., Kabat, P. (2009). Climate benefits of changing diet. *Climatic Change*, *95*(1–2), 83–102. https://doi.org/10.1007/s10584-008-9534-6

Stevanović, M., Popp, A., Bodirsky, B. L., Humpenöder, F., *et al*. (2017). Mitigation strategies for greenhouse gas emissions from agriculture and land-use change: Consequences for food prices. *Environmental Science & Technology*, *51*(1), 365–374. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04291.

von Lampe, M., Willenbockel, D., Ahammad, H., Blanc, E., *et al*. (2014). Why do global long-term scenarios for agriculture differ? An overview of the AgMIP global economic model intercomparison. *Agricultural Economics*, *45*(1), 3–20. https://doi.org/10.1111/agec.12086

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., *et al*. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, *393*(10170), 447–492. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4

Partie 3

Innovations agroécologiques et diversité des régimes alimentaires

Chapitre 6

Reconnaître le rôle des femmes dans la sécurité alimentaire : études croisées sur l'alimentation familiale au Sénégal et au Nicaragua

Sandrine Fréguin-Gresh, Danièle Clavel, Hélène Guétat-Bernard, Geneviève Cortes, Valentina Banoviez-Urrutia, Sandrine Dury

La sécurité alimentaire et nutritionnelle (SAN) est une problématique centrale dans les zones rurales des pays du Sud où vit la majorité des personnes sous-alimentées dans le monde (FAO *et al*., 2020). L'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes font partie des objectifs de développement durable pour 2030, les femmes ayant été reconnues comme des acteurs clés de la lutte contre la malnutrition, de la production alimentaire à la consommation (DG DEVCO *et al*., 2019 ; FAO et Union européenne, 2017). Si des études soulignent la nécessité d'améliorer la SAN, peu d'entre elles mettent en avant le rôle des femmes dans l'amélioration de celle de leur famille. Pourtant, les femmes œuvrent à diversifier les diètes et à maintenir des compétences et des connaissances culinaires en préparant des repas nutritifs, sûrs, correspondant aux pratiques culturelles (Keatinge *et al*., 2011) et qui participent aussi à la conservation de la biodiversité (CBD, 2015). Reconnaître le rôle des femmes dans la SAN est crucial mais, dans le même temps, il est important de le resituer au sein des multiples autres activités qu'elles réalisent.

La SAN est souvent évaluée en fonction de la disponibilité et de la quantification de la production agricole, sur la base d'indicateurs qui sont surtout conçus au niveau du ménage (comme l'échelle de l'accès déterminant l'insécurité alimentaire des ménages – EAIAM). Or, ces indicateurs ignorent les situations individuelles des membres d'un même ménage. De nombreuses études considèrent par ailleurs que la famille nucléaire et l'exploitation agricole se superposent : le chef de famille, généralement un homme, prend les décisions (De Iulio *et al*., 2015). En réalité, ce type d'indicateurs et cette vision de la famille sont simplistes (Gastellu, 1980), car la plupart des ménages agricoles ont d'autres activités qui peuvent aussi être multi-localisées (Fréguin-Gresh *et al*., 2015), les membres du ménage jouant des rôles différents en matière de SAN (Coates *et al*., 2018). Ainsi, peu d'études documentent le rôle du genre dans les systèmes agricoles et alimentaires (Guétat-Bernard et

Ndami, 2019 ; Stephens *et al*., 2018), probablement car la contribution des femmes aux activités des ménages est souvent (et à tort) confinée à la sphère domestique. Pourtant, les femmes participent de manière substantielle à toutes les activités liées à l'alimentation, même si elles n'ont pas toujours le pouvoir de décision et d'action.

Ce chapitre, basé sur deux études de cas, vise à répondre à plusieurs questions : quels rôles les femmes jouent-elles pour assurer l'accès à la nourriture pour leurs ménages ? Comment ces rôles se maintiennent-ils et se reconfigurent-ils dans le temps ? Alors même que les relations de domination façonnent historiquement les rapports de genre, comment les femmes négocient-elles des espaces d'action ou de reconnaissance ?

Ce chapitre analyse les résultats de deux projets menés entre 2015 et 2019 au Sénégal et au Nicaragua. Ces projets ont examiné les rôles des femmes dans la SAN et le fonctionnement de la cuisine, considérée comme un espace social, économique et politique où s'expriment les rapports de genre.

La première partie présente le positionnement scientifique permettant d'articuler rapports de genre et SAN au sein des ménages. La deuxième partie restitue le cadre analytique qui sous-tend la comparaison des études de cas et la dernière partie présente les résultats contextualisés qui montrent les inégalités de genre liées à la sous-estimation de l'importance des femmes dans la SAN des ménages.

⏩ Reconsidérer la contribution des femmes à la SAN

Ce chapitre s'articule autour de trois éléments : la reconnaissance du travail des femmes dans les espaces productifs et domestiques, qui sont interdépendants ; la cuisine, comme espace de pouvoir et de savoir ; et les tensions, pour les femmes, entre les rôles qui leur sont assignés et leur recherche d'autonomie ou de résistance.

Reconnaître l'invisibilité du travail des femmes

Dans les agricultures familiales, le travail ne repose pas sur un rapport salarial, mais sur un lien familial obligé (Barthez, 1983), structuré par les liens de parenté et ceux noués par les alliances matrimoniales. Ces relations relient la famille à son patrimoine agricole et à ses ressources (Ancey et Fréguin-Gresh, 2015). Comme le montre la perspective féministe selon laquelle les catégories comme l'âge, le sexe, le statut social et l'ordre de naissance sont interreliées (Crenshaw, 1989), les membres du ménage sont inégaux. Chaque individu dépend des institutions qui structurent la société, comme la famille, et s'articule à d'autres types de hiérarchie, notamment les hiérarchies relatives à la position sociale du ménage (famille avec ou sans terre, droits fonciers formels ou informels, statut lié à l'ethnicité, etc.).

L'analyse du rôle des femmes dans les espaces productifs est à repositionner dans des matrices sociohistoriques et culturelles. Tout au long de l'histoire de la domination des hommes sur les femmes, le travail et l'accès aux ressources ont été socialement différenciés. La recherche féministe matérialiste, qui a cherché à expliquer cette permanence de la domination et de la cécité aux rapports de genre, appelle à dénoncer les asymétries et l'invisibilité des rôles des femmes dans la production

domestique (Delphy, 1970), et à articuler espaces productifs et domestiques. La modernisation agricole, associée au capitalisme et au patriarcat (Delphy, 1970), et fer de lance du développement rural au Sud, s'est traduite par la « domestication du travail des femmes », celles-ci étant considérées comme des auxiliaires des hommes (Perrot, 1998), et par leur exclusion des décisions. Selon la vision capitaliste, seul le marché crée de la valeur. En conséquence, les activités domestiques menées par les femmes ne visant pas à produire des biens (Hillenkamp, 2013) sont déconsidérées, voire ignorées, car non marchandes et hors marché.

La cuisine : un lieu de pouvoir et d'oppression pour les femmes

Dans la plupart des sociétés, lorsqu'ils sont effectués quotidiennement et transmis de génération en génération, les gestes de *care* deviennent une seconde nature pour les femmes (Tronto, 2009). L'ambiguïté du *care* tient au fait que ces tâches résultent de rôles genrés socialement construits, dans lesquels la prise en charge est surtout assumée par les femmes : le *care* est prescrit, normatif et imposé (Brugère, 2010). Cette situation reflète ce que les femmes souhaitent apporter à leur famille : un acte de don, forgé par l'éducation et la socialisation. On attend d'elles qu'elles cuisinent avec attention, amour et plaisir (Guétat-Bernard et Sébastia, 2022). Cette socialisation priorise les relations (Pulcini, 2012) et, pour cela, elle est précieuse pour les familles et la société, car elle lie les femmes à la recherche de moyens pour assurer la SAN de leur famille. Mais elle est aussi discriminatoire pour elles, dont le temps est consacré à des tâches sans reconnaissance économique et avec peu de visibilité sociale, d'autant qu'elles portent souvent la charge mentale de l'organisation des tâches domestiques.

Parmi les espaces de *care*, la cuisine est au cœur des enjeux alimentaires. Elle est un espace essentiel où les aliments entrent pour la préparation des repas et en ressortent pour nourrir le foyer. C'est aussi un espace politique qui révèle la position des femmes dans le foyer (Tillion, 1966), où s'opèrent des jeux de pouvoir (Guétat-Bernard et Saussey, 2014 ; Mathieu, 1991).

Les pratiques culinaires reflètent donc un environnement écologique (lui-même affecté par les conséquences des choix productifs) et culturel (ce qui est permis ou interdit), ainsi qu'une idéologie politique et religieuse. Ces pratiques traduisent les stratégies des individus dans le contexte de l'environnement socio-économique et politique dans lequel ils évoluent.

La cuisine : un lieu où les femmes peuvent exprimer leurs compétences, leur savoir-faire, leur créativité et leur résistance

Depuis la cuisine, renversant les stigmates d'y être assignées, les femmes assument leur rôle en défendant une éthique à la fois de responsabilité et de droits (Larrère, 2012). La cuisine peut également être considérée comme un lieu de résistance, car elle est un marqueur d'identité culturelle et l'expression de la créativité des femmes. C'est dans la cuisine qu'elles peuvent inventer des recettes et mettre en œuvre les connaissances, les savoir-faire et les compétences traditionnelles qui leur confèrent une reconnaissance sociale (Counihan et Siniscalchi, 2014). La nourriture est reconsidérée comme étant inscrite dans un rapport à soi et au monde : en cuisine, les femmes façonnent une

inventivité pouvant être perçue comme une forme d'expression de soi, un moyen de communiquer une part de soi à ses convives (Bégin, 2017). Faire la cuisine est ainsi ce qui attache, ce qui fait lien et ce qui peut assurer une reconnaissance de son individualité.

⏩ Cadre analytique des rapports de genre dans la SAN familiale

Les études menées au Sénégal et au Nicaragua se fondent sur une approche holistique, systémique et multidisciplinaire de la SAN. Elles proposent chacune un cadre analytique spécifique des espaces et des flux qui structurent les systèmes alimentaires familiaux, présenté ci-dessous dans les figures 6.1 et 6.2 (Clavel *et al*., 2018 ; Fréguin-Gresh *et al*., 2019).

Analyse des stratégies d'approvisionnement alimentaire des familles multisituées au Nicaragua

L'étude au Nicaragua visait à comprendre les stratégies d'approvisionnement alimentaire de ménages agricoles, dans un contexte de forte migration. Le cadre analytique (figure 6.1) montre les connexions entre trois sphères (Gastellu, 1980) : les espaces domestiques, autour de la cuisine (sphère de consommation), comprenant les individus qui mangent ensemble, en considérant que certains mangent en dehors du foyer ou que d'autres, qui ne sont pas nécessairement des membres de la famille *sensu stricto*, peuvent prendre des repas avec la famille ; les espaces productifs (sphère de production), qui font référence aux activités économiques de la famille et aux flux d'aliments et d'argent

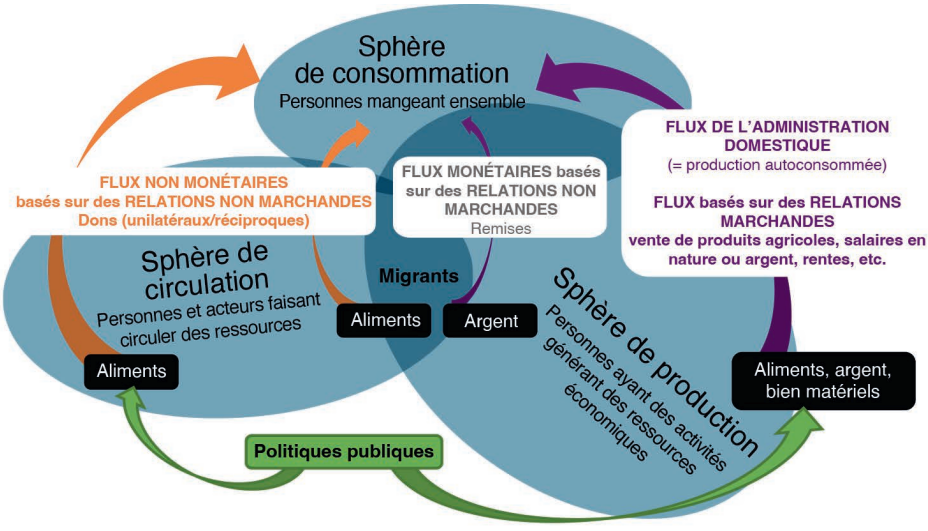

Figure 6.1. Cadre analytique de l'approvisionnement alimentaire des ménages au Nicaragua (conception : Fréguin-Gresh, Cortes, Bannoviez-Urrutia et Guétat-Bernard).

qu'ils génèrent et qui approvisionnent la cuisine. Ces espaces productifs dépassent les limites de l'exploitation agricole et celles définies par les strictes activités économiques d'un ménage, car ils englobent les activités et les envois de fonds des migrants qui leur sont liés ; et les espaces de circulation (sphère de circulation), traversés par différents flux d'aliments et de ressources : dons, aide alimentaire, troc, etc.

Basée sur une enquête auprès de ménages et sur des entretiens semi-directifs, la méthodologie a consisté à positionner chaque individu, y compris les femmes, dans ces espaces interconnectés. La nature, l'intensité et la directionnalité des flux dépendent des relations à l'intérieur du ménage et de celles formées avec l'environnement dans lequel la famille évolue. Ces relations sont considérées en matière d'administration domestique, de relations monétaires ou non monétaires, et de relations marchandes ou non marchandes, dans la lignée des travaux de Polanyi (1983).

Une approche centrée sur le travail des femmes dans les espaces domestiques et agricoles au Sénégal

L'étude au Sénégal visait à comprendre les impacts de l'intensification de la riziculture sur la biodiversité agricole et la qualité des aliments. Conformément aux attentes d'une ONG locale, le défi consistait à concevoir une approche transdisciplinaire faisant appel à l'agronomie, à l'anthropologie sociale et aux sciences de la nutrition. L'objectif de l'enquête était de documenter les pratiques et les connaissances des femmes, et de clarifier les impacts des changements agricoles sur la qualité nutritionnelle des aliments. Le cadre analytique considère les flux d'argent, de nourriture et de travail dans trois espaces interconnectés : la cuisine, la ferme et l'espace socio-écologique (figure 6.2).

L'étude s'est appuyée sur l'expertise et la facilitation de l'ONG sénégalaise ENDA, qui développe des activités de maraîchage agroécologique avec les femmes ainsi que des liens avec les centres de santé maternelle et infantile.

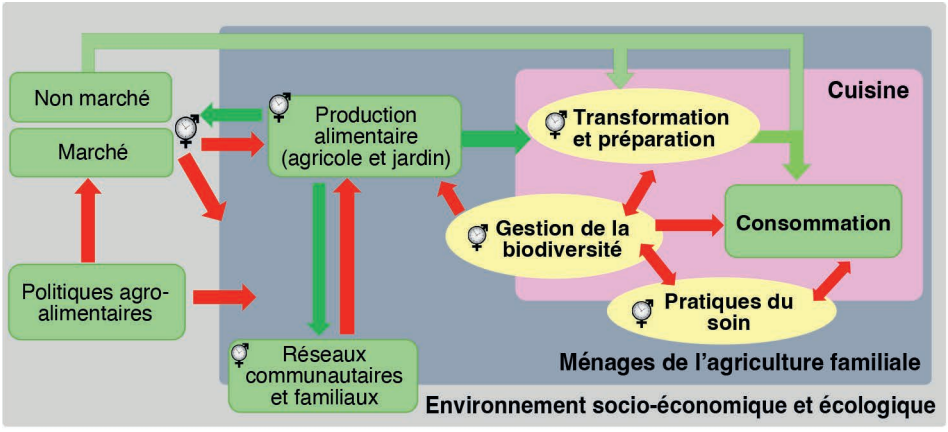

Figure 6.2. Schéma conceptuel genré pour l'étude du système alimentaire de l'agriculture familiale au Sénégal (conception : Verger, Clavel et Guétat-Bernard).

Le cadre conceptuel de l'approche considère les ménages de petits exploitants agricoles (case bleue) comme une interface clé entre l'environnement social, écologique et économique (case grise) et la cuisine

(case rose) des ménages. Les flèches représentent les flux alimentaires (vert pour les aliments et rouge pour les flux qui ont une influence sur l'alimentation, y compris les flux monétaires). Les cases vertes représentent les principales composantes du système alimentaire et les ellipses jaunes les composantes où les femmes sont plus impliquées que les hommes. Le symbole de l'horloge met en évidence les composantes qui nécessitent du temps, comme les préparations culinaires, les activités domestiques du soin familial et les marchés locaux.

⏩ Le travail des femmes et l'inégalité de genre dans l'agriculture et les systèmes alimentaires au Nicaragua et au Sénégal

Contexte agricole et environnemental

La contextualisation des études révèle des relations de genre spécifiques forgées par un environnement contraint et une division sexuelle du travail qui désavantage les femmes. Les régions étudiées sont soumises à des contraintes climatiques et de ressources naturelles qui ont façonné leurs dynamiques agricoles et socioculturelles.

La région d'étude au Nicaragua est située dans la partie nord-est du corridor sec de l'Amérique centrale. Elle est exposée à une forte variabilité climatique et régulièrement affectée par des événements climatiques extrêmes. La topographie contraint l'agriculture : la plaine alluviale est cultivée toute l'année (maïs, haricots), tandis que le lit du río Negro, qui marque la frontière avec le Honduras, ne peut être cultivé qu'en saison sèche en décrue (sésame, pastèque). Les interfluves sont exploités comme pâturages pour l'élevage bovin. Dans les montagnes, le climat est plus favorable et permet jusqu'à trois saisons de culture par an (maïs, sorgho, haricots), mais la topographie accidentée limite les rendements. L'agriculture familiale s'y est donc développée dans des conditions qui limitent la disponibilité alimentaire, d'autant plus que les activités de cueillette, de pêche et de chasse sont entravées par la déforestation.

La région d'étude sénégalaise est située dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, au cœur du Sahel. La vaste plaine d'inondation constituée par le lit du fleuve, appelée Waalo, est largement alimentée par des crues saisonnières. Dans le Waalo, les familles pratiquent l'agriculture de décrue, la pêche et l'élevage. L'agriculture a été perturbée par les barrages construits dans les années 1980, une pression qui a été accentuée à partir de 2010 avec l'exécution du Programme national d'autosuffisance en riz (PNAR), ayant transformé la plaine alluviale en un réseau de parcelles de riz. Le sorgho de décrue, ainsi que des variétés de niébé et de maïs adaptées au système de décrue, se sont raréfiés, malgré l'attachement culturel des populations à ces cultures.

Les populations reconnaissent l'apport nutritionnel du sorgho. Mais l'avènement du PNAR a facilité la culture du riz et sa commercialisation. Ainsi, les hommes et les femmes ont été obligés de travailler dans les parcelles de riz, qui est devenu la principale céréale des diètes. La restriction du débit et du niveau du fleuve a aussi entraîné la disparition des poissons et a limité l'élevage transhumant.

Le manque de visibilité de la contribution des femmes aux espaces productifs

La contribution des femmes aux espaces productifs est peu visible au Nicaragua, les femmes ne travaillant pas souvent dans les champs (sauf lors des récoltes ou de tâches occasionnelles) ou dans les pâturages, car l'élevage de bétail est symbole de statut social pour les hommes. Les femmes sont souvent exclues de l'héritage (Fernández-Poncela, 1999) et se consacrent à la sphère domestique : tâches ménagères et de soin, élevage de basse-cour et transformation à la ferme des denrées agricoles qui sont vendues dans le voisinage ou sur les marchés locaux. La vente des denrées brutes (céréales, haricots, lait, sésame, pastèques, etc.) est réservée aux hommes, qui décident de l'organisation et de la distribution du travail agricole. La diversification des activités hors exploitation est essentielle pour répondre aux besoins de la famille, car la production agricole est insuffisante. Ainsi, les hommes sont aussi salariés agricoles et les femmes peuvent tenir un magasin depuis leur fenêtre. Comme les paysans sans terre, hommes et femmes collectent des calebasses (*jicaro*) pour en extraire les graines et en faire des boissons (Banoviez-Urrutia, 2016). Enfin, les migrations n'ont cessé d'augmenter (Carte *et al*., 2018). Hommes et femmes partent travailler dans les pays voisins ou à l'international, en fonction de leurs ressources (Trousselle, 2019).

Au Sénégal, les femmes travaillent dans les champs et les pâturages, en tant qu'auxiliaires des hommes. Elles peuvent travailler avec d'autres femmes pour cultiver des jardins communautaires qui leur sont attribués (par les hommes) afin de diversifier la production. Tous les produits cultivés alimentent les cuisines et les marchés. Comme au Nicaragua, les femmes transforment et vendent les produits de l'exploitation, comme le *nététou*, un condiment traditionnel fait à partir de graines fermentées et écrasées du caroubier (*Parkia biglobosa*). Les hommes cultivent le riz (les femmes participent au désherbage et à la récolte), pratiquent le pastoralisme et sont responsables de la vente des denrées brutes (riz, oignons et tomates). L'organisation du travail des femmes est soumise à la disponibilité des hommes qui peuvent aussi migrer, une pratique ancienne dans la région. Les femmes ne migrent pas, sauf lorsqu'elles se marient en raison de la tradition de résidence patrilocale.

Cuisine, compétences et savoir-faire des femmes pour assurer l'alimentation de la famille

Dans la région d'étude au Nicaragua, l'alimentation se limite aux aliments de base, cultivés dans l'exploitation familiale : le maïs qui sert à la préparation des tortillas et d'autres plats (*nacatamal*, *güirila*) ou boissons (*pinol, pinolillo, cebada*) ; le riz, produit dans d'autres régions ou importé, qui est mélangé à des haricots rouges – souvent la seule source de protéines de la diète – dans la préparation du *gallo pinto*, le plat national. D'autres aliments sont consommés occasionnellement : produits laitiers, œufs, viande, poisson, fruits et légumes, qui sont cultivés ou achetés. Les familles reconnaissent que leur diète, même peu diversifiée, s'est améliorée au fil du temps. Cependant, elles constatent une tendance à la hausse des prix des aliments,

ce qui constitue un facteur élevé de risque d'insécurité alimentaire. La vulnérabilité alimentaire et les carences nutritionnelles sont plus marquées chez les femmes, même si elles jouent un rôle déterminant dans les stratégies d'adaptation du ménage (Marselles, 2011). Les femmes ont continué à inventer des recettes et des stratégies pour compenser les pénuries alimentaires. Elles organisent des trocs au sein de la famille élargie et avec leurs voisins, même sur de longues distances. Le troc alimentaire concerne les plats de fête, mais aussi les aliments de base. Il est facilité par la multi-localisation de la famille. Il est important pour améliorer la diète et contribuer au maintien des liens sociaux.

Dans la région d'étude au Sénégal, l'alimentation repose sur des plats à base de sorgho, patrimoine culinaire emblématique de cette région, associés à des légumes et à des graines produits ou récoltés dans le Waalo. Les femmes cultivent des courges (*dédé doudé*) pour leurs graines (*beref*/*podé*), des citrouilles à chair jaune (*diayedjé*), du niébé (*niebe*), du mil brun, une herbe sauvage à graines (*pagguri*) et du riz noir (*sarna* ou *maro balléo*). Les familles consomment du poisson, frais ou séché, et des fruits sauvages : les fruits du nénuphar (*tabbé*), pour leurs graines (*ndayri*) et leurs bulbes (*dayeedji*), et ceux du dattier du désert (*Balatines aegyptiaca*), qui ont une valeur nutritionnelle élevée et de multiples autres usages. Les femmes transforment les produits bruts pour préparer ces plats. La nourriture traditionnelle du Waalo, source de diversité nutritionnelle, est un marqueur d'identité. Les familles ont un attachement culturel, alimentaire et esthétique au sorgho de décrue. Leur alimentation s'est néanmoins dégradée avec la réduction de la pêche, de l'élevage et de la production de légumes. Le remplacement du sorgho par le riz et le blé (pain blanc) a contribué à cette détérioration nutritionnelle. Cette substitution est aussi soupçonnée de contribuer à l'augmentation des maladies chroniques (Crenn *et al*., 2015). En résumé, les connaissances des femmes garantissent une alimentation diversifiée. Les femmes détiennent la plupart des connaissances liées à la conservation des semences et aux recettes, qui sont souvent maintenues pour les occasions spéciales et les rites saisonniers. Le sorgho devenant rare, son prix est désormais le double de celui du riz, et des familles le vendent lorsqu'elles souffrent de pénurie alimentaire. Certaines recettes sont liées à l'identité du Waalo, comme les plats à base de courge moulue, de graines de citrouille ou de sorgho brisé (*niri*), accompagnés de lait ou de poisson séché. Les femmes ont exprimé une fierté à maintenir ce patrimoine alimentaire en le transmettant à leurs filles. Les souvenirs individuels et familiaux valorisent le Waalo comme un espace et un temps nourrissant, celui des rassemblements familiaux lors des semailles et des récoltes. Aujourd'hui, la culture du Waalo devient difficile, les parcelles non utilisées pour le riz étant plus éloignées des habitations. La cueillette des fruits sauvages est délaissée par manque de ressources et de temps (tâches domestiques, irrigation des rizières et des cultures maraîchères).

La migration et le changement agricole comme opportunités de résistance et de créativité pour les femmes

La migration a un impact mitigé sur les diètes au Nicaragua. L'expansion des espaces de circulation reconfigure l'organisation sociale des familles et la répartition socio-sexuée du travail au sein des ménages. Lorsque les hommes migrent, leur absence

signifie que les activités sont déléguées à d'autres hommes, le migrant continuant à prendre les décisions depuis l'étranger. Dans certains cas, les femmes assument les activités et les décisions habituellement réservées aux hommes, décidant de l'affectation de l'argent envoyé par les hommes pour les dépenses quotidiennes et le déploiement d'activités hors exploitation. Ces changements sont renforcés lorsque les femmes migrent. Les transferts migratoires étant plus élevés que les salaires locaux, les migrantes acquièrent ainsi un nouveau pouvoir économique et symbolique. Leurs transferts de fonds sont essentiels pour la SAN, mais aussi pour l'éducation des enfants et les dépenses personnelles, avec parfois des excès consuméristes pour compenser le manque lié à la séparation. La migration féminine est socialement acceptée et justifiée, même au prix de la souffrance causée par l'absence et la perturbation de l'organisation familiale. Les femmes ne peuvent migrer sans la solidarité intra et intergénérationnelle avec d'autres femmes : leurs sœurs, leurs mères, leurs grands-mères. De fait, les ménages comptant au moins un membre migrant peuvent améliorer leur SAN. Cette amélioration est quantitative et qualitative, avec l'introduction de nouvelles recettes ou d'aliments « exotiques », même si ceux-ci ne sont pas toujours acceptés localement et ne contribuent pas nécessairement à une alimentation équilibrée. Dans le même temps, les transferts de fonds des migrants modifient les habitudes, comme l'achat d'aliments ultra-transformés vendus à bas prix. Ces produits contribuent au double fardeau de la malnutrition qui reste un enjeu de taille au Nicaragua. Mais cette transition ne peut être uniquement imputée à la migration ; elle résulte aussi de facteurs structurels comme la dépendance historique aux importations alimentaires (Fréguin-Gresh et Cortès, 2021).

Au Sénégal, la transformation du Waalo est citée comme la principale raison de l'abandon de la production de sorgho. Les femmes combinent le travail dans les rizières et dans des espaces de diversification de plus en plus réduits (berges étroites du fleuve) pour compenser le déclin du sorgho dans la diète. Les innovations des femmes consistent à cultiver des légumes en développant des jardins irrigués. Les modes de sociabilité évoluent avec la difficulté de s'installer à proximité des champs de décrue, alors que les services sont tous concentrés dans les villages, et avec l'indisponibilité des enfants scolarisés. Malgré l'augmentation de la production de riz, la période de soudure reste critique : c'est une préoccupation constante des femmes. Elles décrivent un changement de statut au niveau du travail de la terre, passant d'une situation où elles étaient reconnues pour leurs compétences et leurs connaissances, à celle d'aides à la culture du riz sous la supervision des hommes. Les épouses, même lorsqu'elles dirigent l'exploitation (veuves), souffrent d'un déni de reconnaissance dans la gestion de l'eau et ne sont donc pas impliquées dans la prise de décision concernant la gestion de l'eau en riziculture. Les jardins communautaires sont de nouvelles initiatives de groupements de femmes qui reçoivent un appui financier et technique des ONG, mais pas de l'État. Ces jardins irrigués jouent un rôle essentiel dans la diversité alimentaire. Les femmes vendent de nouvelles variétés de fruits et légumes de ces jardins sur les marchés locaux, mais les légumes biologiques sont principalement autoconsommés, car ils ne se vendent pas à des prix plus élevés. Parfois, les femmes cultivent des produits conventionnels pour le marché et gardent les produits qu'elles qualifient de « non toxiques » pour leur famille. Les marchés locaux constituent néanmoins une nouvelle source d'argent propre aux femmes, bien que marginale. Ces jardins permettent d'accéder à des légumes

jusqu'alors ignorés, ce qui est une source de fierté pour les femmes. Cependant, les terres allouées par les hommes ne sont pas toujours de bonne qualité et peuvent être éloignées. Ces jardins sont aussi des lieux de solidarité entre voisins ou au sein de la famille. Ainsi, si une femme est dans l'incapacité de travailler, une autre se chargera de son travail, et le service sera rendu. De même, la répartition de la production de légumes entre les épouses en charge des repas se fait équitablement. Cela étant, ces règles de coopération quotidienne et de planification partagée entre les femmes, pour fournir chaque jour des plats appétissants, peuvent être mises en péril par des tensions entre coépouses. Dans ce cas, la quantité, la qualité et l'esthétique des aliments deviennent un facteur de compétition.

⏩ Conclusion

Les deux études de cas ont adopté une approche systémique de la SAN qui place la cuisine au cœur des stratégies alimentaires et relie les espaces domestiques et productifs à différentes échelles (individu, ménage, famille, lieu et région, ainsi que les espaces de migration dans le cas du Nicaragua). Au-delà des spécificités et des contextes, les deux projets ont considéré la SAN comme une question complexe, dont les multiples dimensions (relations sociales, agrobiodiversité, identité et dimensions sensorielles) sont imbriquées.

La centralité de la cuisine dans l'analyse, en tant qu'option méthodologique forte, a permis de déconstruire au moins partiellement les unités conventionnelles utilisées pour étudier la SAN. En effet, le ménage recouvre des réalités anthropologiques différentes selon l'histoire et la culture des populations, et ignore les inégalités qui se jouent à l'échelle des individus. Les résultats mettent en évidence des aspects négligés du rôle des femmes dans la SAN, tels que la contribution aux revenus des activités non agricoles qui peuvent être localisées dans différents lieux, la hausse des circulations alimentaires entre les familles élargies et les communautés, l'importance des activités féminines et des contraintes auxquelles les femmes sont confrontées pour exercer leurs rôles. Quelle que soit la personne responsable de l'accès de la famille à la nourriture, la circulation et la préparation des aliments sont assumées par les femmes. La cuisine est un espace fondamental de socialisation et d'échange de connaissances. Les tâches qui y sont effectuées sont diverses, complexes et chronophages, et pourtant le rôle clé joué par les femmes n'est toujours pas reconnu comme essentiel, y compris parfois aux yeux des femmes elles-mêmes.

Reflétant la manière dont les connaissances et les pratiques des sujets dominés sont dépréciées, l'ignorance et le discrédit des connaissances et des pratiques des femmes en matière d'alimentation perpétuent les relations (post-)coloniales poursuivies par les politiques de développement contemporaines. Les asymétries du pouvoir continuent de nier les droits des femmes (en particulier à la terre) et ne reconnaissent pas leur expertise en matière d'alimentation, d'agriculture et d'environnement.

Si certaines politiques placent l'autonomisation des femmes au centre des stratégies pour assurer la SAN (comme c'est le cas du programme « Faim Zéro » au Nicaragua), elles restent limitées à la production domestique, sans changement de paradigme. Or, nos recherches montrent des effets perturbateurs sur la capacité des

femmes (dans les rôles, les savoir-faire) à garantir la SAN des ménages, rôle qu'elles assument dans des équilibres déjà fragiles ; ces perturbations tendent à accroître la vulnérabilité alimentaire et sociale des femmes et de leurs familles.

La longue histoire du patriarcat dans de nombreuses sociétés explique la hiérarchie des activités entre celles qui sont socialement et culturellement réservées aux femmes et celles réservées aux hommes. Mais c'est au discrédit continu de leurs connaissances en matière d'alimentation que les femmes se heurtent. Bien que les deux cas d'étude ne se soient pas concentrés sur les mouvements sociaux, ils mettent en lumière des espaces de résistance à bas bruit qui doivent être reconnus et compris lors de la mise en œuvre de programmes de développement. Les femmes jouent un rôle central dans les systèmes alimentaires mais n'ont qu'un accès limité aux ressources et un pouvoir réduit pour assumer ces rôles. Ainsi, la poursuite de recherches interdisciplinaires et contextualisées sur les espaces domestiques s'avère cruciale pour orienter les politiques publiques, tant il est essentiel de prêter attention à la voix des femmes et de comprendre comment elles abordent les questions alimentaires, afin de mettre en œuvre les actions qu'elles jugent pertinentes.

Remerciements

Les deux projets, SALIMA « Sécurité alimentaire au sein des ménages agricoles » au Nicaragua et DIVA « Relier la biodiversité agricole à la qualité des aliments par l'analyse sociale des pratiques des femmes et de l'alimentation » au Sénégal, ont été financés par le métaprogramme INRAE-Cirad GloFoodS.

Références bibliographiques

Ancey, V., Fréguin-Gresh, S. (2015). Families, labor and farms. *In* Sourisseau, J.-M. (Ed). *Family Farming and the Worlds to Come.* Springer, Dordrecht, pp. 57–69. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9358-2_4

Banoviez-Urrutia, V. (2016). El sistema alimentario familiar en dos comunidades del Norte de Chinandega (Nicaragua) A partir de las prácticas de consumo y abastecimiento en los hogares agropecuarios, ¿qué estrategias frente a las vulnerabilidades alimentarias? [Thèse, Espaces ruraux et développement local, université Paul-Valéry, Montpellier 3].

Barthez, A. (1983). Famille, travail et agriculture. *Économie rurale*, *156*, 69. https://www.persee.fr/doc/ecoru_0013-0559_1983_num_156_1_4965_t1_0069_0000_2

Bégin, L. (2017). L'espace social et familial du culinaire cuisiné par le genre : identifications, parcours et créativités chez les québécois à l'avant-garde de l'égalité entre les sexes [Thèse, université du Québec, Montréal]. https://archipel.uqam.ca/10677/

Brugère, F. (2010). L'éthique du *care* : entre sollicitude et soin, dispositions et pratiques. *In* Benaroyo, L. (Ed). *La Philosophie du soin. Éthique, médecine et société*. Presses universitaires de France, Paris, pp. 180–193. https://doi.org/10.3917/puf.hanle.2010.01.0069

Carte, L., Radel, C., Schmook, B. (2018). Subsistence migration: smallholder food security and the maintenance of agriculture through mobility in Nicaragua. *The Geographical Journal*, *185*(2), 1–14. https://doi.org/10.1111/geoj.12287

CBD (2015). 2015–2020 Gender Plan of Action. Pocket Guide: Summary and Examples. Convention of Biological Diversity (CDB), Montreal, Quebec. https://www.cbd.int/gender/action-plan/

Clavel, D., Guétat-Bernard, H., Verger, E. (2018). Relier la conservation de la biodiversité cultivée et la sécurité alimentaire dans les sociétés agricoles africaines : l'intérêt de l'analyse de genre. *Les Cahiers de l'Association Tiers-monde*, 33, 83–92. http://www.mondesendeveloppement.eu/pages/association-tiers-monde/les-cahiers-de-l-atm.html

Coates, J., Patenaude, B. N., Rogers, B. L., Roba, A. C., Woldetensay, Y. K., Tilahun A. F., Spielman, K. L. (2018). Intra-household nutrient inequity in rural Ethiopia. *Food Policy*, *81*, 82–94. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.10.006

Counihan, C., Siniscalchi, V. (Eds) (2014). *Food Activism: Agency, Democracy and Economy*, Bloomsbury Academy, London. https://www.bloomsbury.com/uk/food-activism-9780857858320/

Crenn, C., Ka, A., Leport, J. (2015). Entre brousse, ville et cadre de la globalisation : les paysages alimentaires du Sénégal. *In* Boëtsch, G., Macia, E., Gueye, L., Jaffré, Y. (Eds). *Santé et société en Afrique de l'Ouest*. CNRS, Paris, pp. 171-202. https://hal-univ-tlse2.archives-ouvertes.fr/hal-01212860

Crenshaw, K. (1989). Demarginalizing the intersection of race and sex: a black feminist critique of antidiscrimination doctrine, feminist theory and antiracist politics. *University of Chicago Legal Forum*, 31, 139–167. http://chicagounbound.uchicago.edu/uclf/vol1989/iss1/8

De Iulio, S., Bardou-Boisnier, S., Pailliart, I. (2015). Penser les enjeux publics de l'alimentation. *Questions de communication*, 27. https://journals.openedition.org/questionsdecommunication/9668

Delphy, C. (1970). *L'Ennemi principal 1. Économie politique du patriarcat*. Syllepse Paris. https://www.syllepse.net/l-ennemi-principal-_r_62_i_584.html

DG DEVCO [Directorate General International Cooperation and Development], EuropeAid, Directorate Sustainable Growth and Development (2019). Gender equality matters for nutrition. Integrated Support Service on Food and Nutrition Security and Sustainable Agriculture (ISS FANSSA), Nutrition Advisory Service, Directorate General for International Cooperation and Development, Brussels. https://ec.europa.eu/international-partnerships/system/files/gender-equality-matters-for-nutrition-brief-20190412_en.pdf

FAO, European Union (2017). Strengthening sector policies for better food security and nutrition results. Gender Equality. FAO, European Union. Policy Guidance Note 6. https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/885777/

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2020). The state of food security and nutrition in the world 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome. https://www.fao.org/3/ca9692en/online/ca9692en.html

Fernández-Poncela, A. (1999). Arreglos y desarreglos familiares (Centroamérica y Nicaragua). *Revista Chilena de Antropología*, *15*, 131–144. https://revistadeantropologia.uchile.cl/index.php/RCA/article/view/17959

Fréguin-Gresh, S., Cortès, G. (2021). Politiques agricoles et alimentaires au Nicaragua au prisme des changements institutionnels https://journals.openedition.org/economierurale/9040

Fréguin Gresh, S., Cortes, G., Trousselle, A., Guétat, H., Sourisseau, J. M. (2015). Le système familial multi-localisé. Proposition analytique et méthodologique pour interroger les liens entre migrations rurales et développement au Sud. *Monde en développement*, *172*(4), 13–32. https://doi.org/10.3917/med.172.0013

Fréguin-Gresh, S., Padilla, L., Pavón, K., Elizondo, D., Cortès, G., Banoviez-Urrutia, V., Lourme-Ruiz, A., Dury, S., Bouquet, E. (2019). Explorer les liens entre agriculture, migration et sécurité alimentaire : une enquête auprès de ménages agricoles diversifiés et multilocalisés du nord-ouest du Nicaragua. *Cahiers agricultures*, 28, 12. https://doi.org/10.1051/cagri/2019009

Gastellu, J.-M. (1980). Mais où sont ces unités économiques que nos amis cherchent tant en Afrique ? Orstom, Paris, 3–11. https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:00187

Guétat-Bernard, H., Saussey, M. (Eds) (2014). *Genre et savoirs. Pratiques et innovations rurales au Sud*. Institut de recherche pour le développement, Marseille. https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.9125

Guétat-Bernard, H., Ndami, C. (2019). Géographie du genre et développement rural. *In* Charmain, L., Martinez, A. (Eds). Genre, féminismes et développement : une trilogie en construction.

University of Ottawa Press, Ottawa. https://press.uottawa.ca/genre-f%C3%A9minismes-et-d%C3%A9veloppement.html

Guétat-Bernard, H., Sébastia, B. (2022). Cuisiner les légumes feuilles – kīrai – et soigner les corps. Compétences, savoirs et pratiques des cuisinières à Pondichéry, Inde du Sud. *In Genre et alimentation à l'épreuve de la vie urbaine dans le Sud Global, Anthropology of food*.

Héritier, F. (1996). *Masculin, Féminin. La pensée de la différence*. Odile Jacob, Paris. https://doi.org/10.4000/clio.326

Hillenkamp, I. (2013). Le principe de *householding* aujourd'hui. Discussion théorique et approche empirique par l'économie populaire. *In* Hillenkamp, I (Ed). *Socioéconomie et démocratie. L'actualité de Karl Polanyi*. Erès, Toulouse, pp. 215–239. https://doi.org/10.3917/eres.lavil.2013.01.0215

Howard, P., Cuijpers, W. J. M. (2003). Gender and the conservation and management of plant biodiversity. *In* Howard, P. (Ed). *Women and Plants. Gender Relations in Biodiversity Management and Conservation*. Zed Books.

Keatinge, J. D. H., Yang, R.-Y., Hughes, J. D. A., Easdown, W. J., Holmer, R. (2011). The importance of vegetables in ensuring both food and nutritional security in attainment of the Millennium Development Goals. *Food Security*, *3*(4), 491–501. https://doi.org/10.1007/s12571-011-0150-3

Larrère, C. (2012). L'écoféminisme : féminisme écologique ou écologie féministe. *Tracés. Revue des sciences humaines*, *22*(1), 105–121. https://doi.org/10.4000/traces.5454

Lasida, E. (2013). Le don fondateur du lien social, le cas de l'économie de marché. *Transversalités*, *2* (126), 23–35. https://doi.org/10.3917/trans.126.0023

Marselles, H. (2011). Inégalités de genre et conduites d'affrontement de femmes (*coping behaviours*) dans l'insécurité alimentaire : le cas de deux villages du Nicaragua. AgroParisTech.

Mathieu, N.-C. (1991). *L'Anatomie politique. Catégorisations et idéologies du sexe*. Côté-femmes, Paris.

Perrot, M. (1998). *Les Femmes ou les silences de l'histoire*. Champs Flammarion, Paris.

Polanyi, K. (1983). *La Grande Transformation. Aux origines politiques et économiques de notre temps [The Great Transformation]*. Gallimard, Paris.

Pulcini, E. (2012). Donner le *care* [Giving Care]. *Revue du Mauss, Que donnent les femmes ?*, *39*, 49–66. https://www.cairn-int.info/journal-mauss-international-2021-1-page-90.htm

Stephens, E. C., Jones, A. D., Parsons, D. (2018). Agricultural systems research and global food security in the 21st century: An overview and roadmap for future opportunities. *Agricultural Systems*, *163*, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.011

Tillion, G. (1966). *Le Harem et les cousins*, Éditions du Seuil, Paris. https://www.seuil.com/ouvrage/le-harem-et-les-cousins-germaine-tillion/9782757853054

Tronto, J. (2009). *Un monde vulnérable. Pour une politique du* care. Éditions du Seuil, La Découverte, Paris. https://www.editionsladecouverte.fr/un_monde_vulnerable-9782707157119

Trousselle, A. (2019). Une géographie de la multilocalisation familiale. Ruralités nicaraguayennes à l'épreuve des mobilités (cas de la vallée du Rio Negro) [Thèse, université Paul-Valéry]. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02975524

Chapitre 7

Innovations agroécologiques, sécurité alimentaire et nutritionnelle pour les petits agriculteurs : une mise en perspective Afrique-Europe

Ludovic Temple, Éric Malézieux, Denis Gautier, Christine Aubry, Jeanne Pourias, Raul Puente Asuero, Hubert de Bon

Tant dans les pays du Nord que du Sud, l'insécurité alimentaire, nutritionnelle et même sanitaire touche principalement les populations les plus vulnérables. Parmi elles, les populations urbaines des quartiers populaires des grandes et moyennes villes ainsi que les populations rurales vivant de petites exploitations agricoles familiales sont les plus touchées, en particulier en Afrique. Cependant, dans de nombreuses situations, des innovations (technologiques ou organisationnelles) émergent, qu'elles soient ou non accompagnées de politiques incitatives. Nous observons ainsi une transformation des systèmes de production agricole et alimentaire, qui intègrent des méthodes d'agriculture agroécologique : combinaison de cultures et d'élevage, introduction du maraîchage de contre-saison, arboriculture fruitière, etc. Cette transformation repose parfois sur l'élimination de l'usage de pesticides de synthèse, comme dans l'agriculture biologique. Ces changements de pratiques agricoles liées aux demandes des marchés, aux attentes de la société (environnement, santé) sont susceptibles de produire des aliments plus sains, plus sûrs et plus diversifiés (Dury *et al*., 2019 ; Bezner Kerr *et al*., 2021). Dans les villes ou à leur périphérie, l'extension d'une agriculture urbaine multifonctionnelle peut aussi avoir des effets positifs. C'est le cas par exemple du jardinage communautaire dans les quartiers populaires, qui crée des espaces multifonctionnels, renforçant les liens avec la nature, les liens sociaux, le bien-être et des objectifs pédagogiques (Lal, 2020).

Au regard de ce contexte, nous posons la question suivante : les innovations observées contribuent-elles à améliorer la sécurité alimentaire, c'est-à-dire la disponibilité et l'accessibilité de produits alimentaires de qualité (à haute valeur nutritionnelle, sanitaire et organoleptique) pour les agriculteurs et les praticiens de ces formes d'agriculture urbaine ?

En nous focalisant sur la diversité alimentaire, nous étudions les liens existants entre les méthodes agricoles et cette diversité alimentaire, ainsi que les obstacles rencontrés, dans trois études de cas contrastées en Afrique et en Europe. Nous présenterons d'abord la démarche méthodologique et les résultats de chacune des trois études de cas, puis une discussion sur les similitudes et les différences observées.

⏩ Présentation des études de cas et des principaux résultats

Diversité des exploitations et diversité alimentaire dans la région soudano-sahélienne

L'étude a été menée dans la province de Tuy, dans la région des Hauts-Bassins dans l'ouest du Burkina Faso. Le climat est tropical, avec deux saisons fortement contrastées : une saison sèche de novembre à avril et une saison des pluies de mai à octobre. La principale activité économique est l'agriculture, bien que l'extraction du minerai d'or, à la fois industrielle et artisanale, gagne en importance. L'agriculture dans cette région est majoritairement familiale et pluviale, basée principalement sur des rotations coton-céréales (maïs, sorgho, mil). La période de récolte s'étend d'octobre à janvier, ce qui permet de remplir les greniers, de récolter les fruits de karité (*Vitellaria paradoxa*) et de caroube (*Parkia biglobosa*) provenant des zones agroforestières, qui seront transformés et stockés. Cela génère des revenus qui assurent la majeure partie de l'approvisionnement alimentaire des ménages. La plupart des exploitations agricoles disposent d'animaux (incluant les petits ruminants et la volaille), mais principalement comme source de traction ou pour la vente plutôt que pour l'autoconsommation. Certaines exploitations agricoles ont des vergers, en particulier des manguiers, qui sont une source importante de nourriture pendant la période de soudure. Certaines exploitations ont accès aux terres de bas-fonds où elles peuvent pratiquer le maraîchage pendant la saison sèche, de janvier à avril-mai, ce qui permet aux agriculteurs d'avoir des fruits et légumes frais pour leur autoconsommation et de les vendre sur les marchés locaux à d'autres habitants de la région. Le régime alimentaire repose donc sur des aliments de base qui peuvent être stockés et achetés localement tout au long de l'année : des céréales que les femmes broient pour faire des boules de *tô* (maïs, sorgho, mil) ; des sauces et des condiments ; des collations (légumes, fruits) qui peuvent être fraîches ou transformées pour être conservées ; du soumbala (graines de caroubes fermentées), des piments, du poisson séché, etc. Malgré cette gestion prudente de l'alimentation, dans un environnement contraint, les scores de diversité alimentaire mesurés chez les femmes sont faibles (Lourme-Ruiz *et al*., 2016).

Une étude longitudinale a été menée sur 300 exploitations dans 12 villages de Tuy sur une période d'un an, d'octobre 2017 à septembre 2018. L'objectif était d'enregistrer les pratiques agricoles et la diversité alimentaire chez les femmes sur une saison agricole complète, des récoltes d'une année aux récoltes de l'année suivante.

Nous avons utilisé les données recueillies pour établir une typologie des exploitations, fondée sur une analyse en composantes principales (ACP), et une classification hiérarchique ascendante (CHA) sur la base des variables suivantes : superficie

cultivée (total en hectares, pour le coton et les légumineuses), travailleurs adultes équivalents temps pleins, nombre de bœufs de trait, revenus, indice de diversité de Simpson (colonne de gauche de la figure 7.1, de haut en bas). Nous différencions quatre types d'exploitations :
– les exploitations familiales de taille moyenne orientées sur le coton mais diversifiées (type 1, n = 95) ;
– les petites exploitations orientées vers l'élevage avec des contraintes foncières (type 2, n = 28) ;
– les exploitations produisant des légumineuses (20 % de la rotation des cultures) avec des contraintes foncières (type 3, n = 68) ; et
– les grandes exploitations familiales de coton (type 4, n = 100).

Des liens ont ensuite été établis entre ces quatre types d'exploitations et 15 indicateurs des pratiques écologiques spécifiquement construits (par exemple, pourcentage de la superficie agricole avec épandage de fumier ; utilisation de résidus de culture ; doses d'engrais de synthèse ; densité d'arbres dans les champs). Ces indicateurs ont été regroupés en quatre types de pratiques (A, B, C, D), selon l'ACP et la CHA (colonne du milieu de la figure 7.1, de haut en bas) :
– utilisation d'intrants de synthèse (A, 169) ;
– pratiques agroécologiques impliquant une optimisation de l'utilisation du fumier et une forte densité d'arbres dans les champs (B, 39) ;
– pratiques agroécologiques impliquant une optimisation de l'utilisation du fumier et des résidus de culture (C, 29) ;
– pratiques agroécologiques impliquant une rotation céréales–légumineuses et une minimisation du travail du sol (D, 54).

Ces typologies croisées (type d'exploitation, groupes de pratiques) ont été mises en relation avec le score de diversité alimentaire des femmes interrogées. Le score a été simplifié en fonction du nombre de mois au cours desquels il était supérieur à la moyenne annuelle (colonne de droite de la figure 7.1, de haut en bas) : plus de six mois de l'année (39) ; moins de six mois de l'année (204) ; et aucun mois de l'année (48).

La figure 7.1 illustre la complexité qui existe entre les systèmes agricoles, les pratiques agroécologiques et la diversité alimentaire chez les femmes, et montre les liens entre ces trois piliers. Alors que les deux types d'exploitations cotonnières (1 et 4) sont, sans surprise, les deux plus grands utilisateurs d'engrais (liens avec les chaînes d'approvisionnement des intrants grâce au suivi de la filière coton), tous les types d'exploitations adoptent des pratiques agroécologiques. Plus précisément, les deux types orientés vers le coton adoptent principalement des pratiques liées à la gestion des résidus de culture (C), tandis que les deux autres types d'exploitation familiale, contraintes par le régime foncier (types 2 et 3), adoptent toute la gamme des pratiques agroforestières (B, C et D). La partie droite de la figure 7. 1, qui présente les liens entre les pratiques agricoles et la diversité alimentaire, montre que les niveaux les plus élevés et les plus bas de diversité alimentaire peuvent être obtenus par n'importe quel type de pratique agricole. Cependant, nous pouvons noter que pour 23 % et 24 % des exploitations utilisant des pratiques agricoles de type B et C, les niveaux de diversité alimentaire sont au plus haut, tandis que seulement 12 % et 15 % des exploitations mobilisant des pratiques de types A et D, respectivement, atteignent ce niveau de diversité alimentaire.

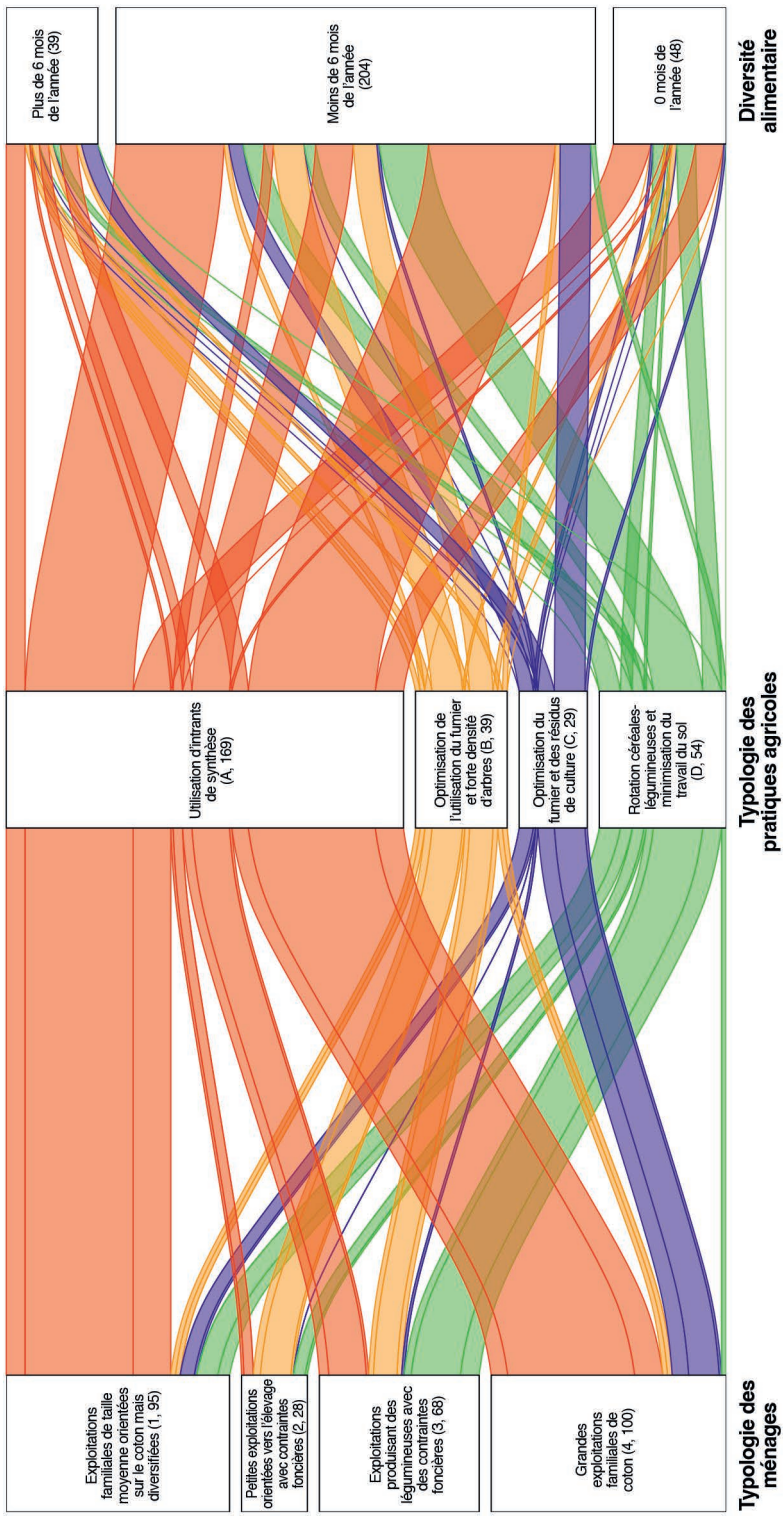

Figure 7.1. Liens entre les classes de typologie de ménages, les pratiques agricoles et la diversité alimentaire pour 300 exploitations dans 12 villages de Tuy (Burkina Faso). Les couleurs et l'épaisseur des lignes indiquent l'importance du nombre d'exploitations impliquées.

Ces résultats, assez complexes à interpréter, illustrent un fait central : la diversité alimentaire ne dépend pas seulement de la production agricole ou des récoltes ; il s'agit aussi pour les ménages d'avoir accès au marché et de gagner un revenu suffisant pour acheter des produits alimentaires diversifiés. Cependant, ce graphique indique que, dans cette région du monde, les exploitations cotonnières, même si elles adoptent partiellement des pratiques agroécologiques, en particulier des rotations céréales–légumineuses, ont une faible diversité alimentaire au cours de l'année. À l'inverse, les petites exploitations contraintes en matière d'utilisation des terres, qui adoptent un large éventail de pratiques agroécologiques, atteignent les niveaux les plus élevés de diversité alimentaire.

Au-delà des résultats préliminaires présentés ici, deux défis complémentaires subsistent : premièrement, comment encourager tous les types d'exploitation, incluant ceux orientés vers le coton, à adopter des pratiques agroécologiques ? Et deuxièmement, peut-on établir des liens entre les pratiques agricoles et la diversité alimentaire pour (comme c'est le cas avec l'indicateur du rendement) en faire un facteur de décision concernant le choix des techniques ? Ce qui renvoie à des questions de prise de décision entre hommes et femmes, et donc de genre et de pouvoir, indépendamment des contraintes de structure en capital de l'exploitation.

Comment les nouvelles formes d'agriculture biologique en Afrique contribuent-elles à la sécurité alimentaire des agriculteurs et de l'ensemble de la population ?

L'agriculture biologique qui s'étend en Afrique (Lernoud *et al*., 2019) recouvre des réalités très différentes. Après avoir mené, entre 2015 et 2018, plusieurs ateliers et enquêtes auprès des acteurs engagés sur des objectifs de production biologique au Burkina Faso, au Cameroun, au Bénin et au Sénégal, nous avons créé une typologie des situations d'agriculture biologique en fonction des innovations mises en œuvre par les agriculteurs. Nous avons ensuite caractérisé la façon dont l'écologisation des méthodes de production par l'agriculture biologique influence directement ou indirectement la sécurité alimentaire par l'autoconsommation ou par des revenus plus élevés.

Typologie de l'agriculture biologique et des situations d'innovation

Trois grands types d'agriculture biologique ont été identifiés (De La Paix Bayiha, 2020) pour situer les innovations qui écologisent des méthodes de production et contribuent à une transition « agri-biologique » :

– l'agriculture biologique certifiée, destinée aux marchés internationaux. Elle est mise en œuvre par de multiples parties prenantes (entrepreneurs industriels, fonctionnaires, exportateurs sur les marchés internationaux – bananes, ananas, soja pour l'approvisionnement du bétail biologique). Ce type mobilise principalement de la main-d'œuvre salariée. Il respecte les cahiers des charges établis par les organismes de certification de l'agriculture biologique au niveau de la production et de la transformation. Les marchés ciblés sont clairement internationaux (Europe, Amérique du Nord).

– L'agriculture biologique décrite comme « naturelle », ciblant les marchés locaux. Le terme « naturel » est apparu lors d'ateliers au Cameroun. Il s'agit de systèmes agricoles et alimentaires qui existent depuis des générations et où les intrants chimiques ne sont pas utilisés, que ce soit par choix ou en raison de contraintes financières ou biophysiques. Basés sur des systèmes très diversifiés (associations de cultures, rotations, agroforesterie, etc.), les produits sont divers : manioc, plantain, igname, fruits et légumes (aubergines, tomates, etc.) et légumes-feuilles (amarante, vernonia, etc.), fruits et produits forestiers non ligneux. Le terme « agriculture biologique » n'est souvent pas revendiqué. Les marchés ciblés sont locaux et parfois régionaux. Aucune certification par une tierce partie n'est appliquée ; cependant, des expériences de système participatif de garantie sont testées. Ces systèmes reposent sur la confiance entre les agriculteurs, les consommateurs et les collecteurs. Ils sont basés sur des systèmes d'information concernant la méthode de production, l'origine géographique du produit et la communauté sociale. Cette forme de production agricole est principalement familiale, parfois avec le soutien d'organisations non gouvernementales (ONG).
– L'agriculture biologique entrepreneuriale hybride, ciblant le marché national. Cette forme d'agriculture biologique est la plus hétérogène. Elle comprend la transformation de produits sous diverses formes : jus, produits séchés tels que les chips de macabo (*Xanthosoma sagittifolium*), farine, aliments surgelés (haricots verts), etc. Les pratiques agricoles sont légèrement plus intensives avec l'utilisation d'engrais organiques commerciaux ou de bio-intrants produits localement, tout en cherchant à préserver un caractère « naturel » du produit. La dimension « biologique » ou « naturelle » du produit est mise en évidence, par exemple sur l'emballage. Dans ce type d'agriculture, nous incluons également des systèmes agricoles inspirés des spécifications imposées par les pays importateurs, comme l'agriculture saine et durable au Sénégal. Ces produits s'adressent principalement au marché de la classe moyenne urbaine. Les acteurs associés sont des entrepreneurs, parfois organisés en groupement de producteurs de petites coopératives avec ou sans l'aide d'ONG.

Ces trois types d'agriculture biologique ont en commun le fait de ne pas utiliser de pesticides ni d'engrais chimiques. Les éléments de différenciation concernent les méthodes de production (familiales, salariées), la certification et l'intégration sectorielle (industrielle, artisanale, circuits courts), ainsi que les marchés destinataires en aval.

Les attributs de la sécurité alimentaire liés à la diversité des systèmes de production

Grâce à des enquêtes réalisées dans les quatre pays africains étudiés, nous avons caractérisé la manière dont l'écologisation des méthodes de production influence la sécurité alimentaire.

Disponibilité et accès à l'alimentation liés à l'augmentation et à la diversification de la production agricole

L'amélioration de la disponibilité alimentaire peut être liée à une augmentation de la production de certains produits agricoles, en raison d'une hausse des rendements ou d'un meilleur accès à des produits plus diversifiés.

Dans les zones où une agriculture intensive sur le temps long a épuisé le potentiel de fertilité des agroécosystèmes, les changements apportés par l'agriculture biologique sont susceptibles de restaurer la fertilité biologique du sol. En conséquence, les rendements peuvent augmenter comme pour la culture du café dans l'ouest du Cameroun.

Dans les zones agroforestières principalement orientées vers la production de cacao et de café, les rendements de ces cultures d'exportation dépendent en partie de l'utilisation de pesticides. L'élimination des pesticides dans le cadre de la transition vers l'agriculture biologique peut s'accompagner d'une extensification des plantations. Les femmes qui aident à récolter le cacao et le café peuvent alors utiliser le temps ainsi libéré pour produire des aliments : tubercules, maïs, cultures maraîchères (Temple et Fadani, 1997). L'augmentation du nombre d'espèces et de variétés cultivées améliore la diversification alimentaire. Les effets peuvent être négatifs pour la production principale (rendement), mais positifs pour la production alimentaire (disponibilité, nutrition).

Accessibilité grâce à l'augmentation des revenus

L'agriculture biologique certifiée peut augmenter les revenus des producteurs grâce aux prix de vente plus élevés obtenus sur certains produits exportés vers l'Europe, tels que le soja (Burkina Faso) et les fruits et légumes (Cameroun). Elle crée des emplois salariés qui améliorent la sécurité alimentaire dans les zones où l'accès à la terre est difficile.

Dans les situations où le nombre d'intermédiaires est réduit, l'agriculture biologique aide les producteurs à obtenir des prix plus élevés. Elle améliore potentiellement l'indicateur d'accessibilité alimentaire pour les producteurs et les consommateurs. Elle préserve aussi l'autonomie alimentaire par l'autoproduction, qui reste structurellement importante en Afrique subsaharienne.

En revanche, sur les monocultures spécialisées (par exemple, coton, banane, hévéa), l'utilisation de pesticides chimiques est très importante. La transition vers l'agriculture biologique impose des changements techniques et économiques qui peuvent réduire les rendements, les revenus des agriculteurs et le recours à la main-d'œuvre salariée. Les conséquences pour l'attribut « accessibilité » de la sécurité alimentaire *via* cet « effet de revenu local » peuvent donc être négatives.

Utilisations des aliments en lien avec la sécurité nutritionnelle et sanitaire

Différentes études montrent que l'agriculture biologique augmente la qualité nutritionnelle des produits (Hunter *et al*., 2011 ; Barański *et al*., 2014). Cette amélioration est marquée pour les fruits et légumes frais. Cependant, peu de recherches sont disponibles sur le sujet dans le contexte africain.

L'agriculture biologique étant exempte de pesticides chimiques, elle réduit les risques de maladies liées à leur manipulation par les producteurs ou aux résidus sur les produits réservés à l'autoconsommation, améliorant ainsi la santé globale. Cependant, les indicateurs de santé publique sont très rarement fournis dans les zones pauvres et très peu se rapportent explicitement au lien avec les pesticides. Pourtant, l'utilisation excessive de pesticides est courante, en particulier dans les

zones de maraîchage périurbain où le sol et l'eau d'irrigation sont souvent contaminés par des pesticides et des métaux lourds toxiques.

La régularité des approvisionnements, en quantité et en qualité

L'agriculture biologique certifiée ou hybride est à l'origine d'une petite industrie de produits transformés (par exemple, jus de fruits, produits séchés). Ces nouveaux produits, qui ont une durée de conservation plus longue que les produits frais, offrent à la population l'accès à de nouveaux aliments, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire en contre-saison ou pendant les périodes de soudure.

L'agriculture biologique « naturelle », qui repose sur des associations de cultures, peut renforcer la résilience des systèmes de culture face aux variations climatiques et aux pressions sur la santé des plantes (Branca *et al*., 2013). Cependant, la variabilité de la qualité des produits issus d'une agriculture diversifiée répond rarement aux attentes de l'industrie agroalimentaire qui consolide les produits par la transformation à grande échelle, ou à celles de la grande distribution, soucieuse de commercialiser des produits très standardisés. Le renforcement d'une industrie artisanale décentralisée, capable de valoriser cette diversité, contribuerait à développer ce type d'agriculture.

Obstacles au développement de différents types d'agriculture biologique

Dans l'agriculture biologique certifiée, les principales contraintes sont les coûts générés par la certification par une tierce partie, le manque d'assistance technique pour les agriculteurs et l'accès à des intrants biologiques spécifiques. Enfin, les petites organisations rencontrent des difficultés à fidéliser les marchés de niche fortement concurrentiels.

Dans l'agriculture biologique « naturelle », les principales contraintes sont inhérentes à l'intensité du travail agricole résultant de l'arrêt de l'utilisation de certains pesticides. Cela concerne principalement les herbicides tels que le glyphosate, utilisé pour tuer les mauvaises herbes avant le semis de la plupart des cultures, ou encore le diuron et le métolachlore, appliqués pendant la période de pré-levée sur le coton. De plus, des rendements plus faibles augmentent l'aversion des producteurs aux pertes après récolte. Les méthodes de protection contre les ravageurs et les maladies des cultures devraient être plus intégrées et complémentaires (génétique, systèmes de culture, fertilité des plantes, petite mécanisation, etc.).

L'augmentation de la difficulté, de l'intensité et de la quantité de travail imposée par l'agriculture biologique nécessite soit une meilleure rémunération des agriculteurs, soit des innovations des systèmes de culture ou de petite mécanisation (désherbage, irrigation, transport et transformation des produits).

En ce qui concerne l'agriculture biologique hybride, les principales contraintes sont liées à la consolidation des marchés de niche émergents. Cela en lien avec la difficulté à faire émerger des systèmes de certification, qui garantissent la qualité des produits transformés sans engendrer de coûts supplémentaires excessifs.

Certaines formes d'agriculture biologique structurent les actions collectives locales, des systèmes participatifs de garantie, ou les actions sectorielles avec de

nouvelles organisations de producteurs. Ces changements contribuent positivement à la sécurité alimentaire des populations concernées. L'identification de toutes ces actions collectives et le soutien qui leur est apporté par des politiques publiques et des recherches adaptées peuvent aider à assurer des transitions efficaces vers des systèmes d'agriculture biologique.

Comment le développement des jardins urbains dans les quartiers populaires de Paris et de Séville contribue-t-il à la sécurité alimentaire ?

Les jardins familiaux ont été promus en Europe au XIX^e^ siècle pour encourager les populations pauvres de la classe ouvrière urbaine à produire leur propre nourriture (Cabedoce et Pierson, 1996). Jusqu'à tout récemment, ces jardins étaient pratiquement inexistants dans les pays et les régions d'Europe à prédominance rurale (comme la Grèce et l'Andalousie). Depuis le début du XXI^e^ siècle, nous assistons à une triple évolution en Europe occidentale : la diversification du jardinage communautaire (jardins familiaux et partagés, jardins au pied d'immeubles gérés par des bailleurs sociaux) comme moyen de renouer les liens sociaux et en raison de l'intérêt des populations urbaines pour les questions écologiques ; l'émergence de jardins communautaires dans les pays les plus marqués par la crise de 2008 (Grèce, Espagne, Italie, Portugal) ; et dans tous les cas, l'essor des pratiques agroécologiques dans ces jardins, souvent régis par des chartes (en France, *Main verte* ou *Jardinons au naturel*) ou des réglementations municipales ou nationales. Les problèmes d'insécurité alimentaire dans les quartiers populaires sont également préoccupants : en France, 14 % des ménages de ces quartiers étaient en situation d'insécurité alimentaire en 2012, contre 6,59 % de la population générale, et ces chiffres ont encore augmenté avec la crise sanitaire de 2020.

Pour analyser les fonctions alimentaires potentielles de ces jardins communautaires, une étude comparative a été réalisée en 2016 sur quatre sites à Paris (et en proche banlieue) et quatre autres à Séville en Andalousie. Les sites varient selon la date de création du jardin (de 1991 à 2014) et leur origine (créés par des associations familiales à Séville et des associations sociales ou des bailleurs de logements sociaux à Paris). L'enquête a porté sur 14 jardiniers à Paris et 17 à Séville sur la base du volontariat.

Tout d'abord, des entretiens semi-structurés ont été menés pour comprendre le statut social des jardiniers, leur niveau d'insécurité alimentaire (en appliquant les critères adaptés par Bocquier *et al*., 2015), leurs habitudes d'achats alimentaires, l'historique de leur accès au jardin, ainsi que leurs attentes vis-à-vis du jardin et des cultures sélectionnées. Deuxièmement, les jardiniers ont enregistré les dates et les quantités de production collectées (de mi-mai jusqu'à la fin octobre à Paris, d'avril à novembre à Séville) dans un carnet de récolte préalablement conçu et testé (Pourias *et al*., 2016). Troisièmement, les utilisations de cette production ont été suivies (consommation fraîche, conservation ou dons, les ventes n'étant pas autorisées). Les chercheurs ont effectué des visites bimensuelles tout au long de ces périodes pour recueillir des informations complémentaires et enregistrer les pratiques de jardinage.

Les résultats (Pourias *et al*., 2020) montrent des statuts socio-économiques des jardiniers et des niveaux d'insécurité alimentaire variables entre les deux villes : à Paris, aucun des 14 jardiniers interrogés (cinq retraités, un chômeur, huit salariés) n'a souffert d'insécurité alimentaire malgré des revenus souvent faibles. Tout en reconnaissant un possible biais méthodologique dans notre étude (puisque les jardiniers ayant accepté de prendre part à nos travaux n'étaient pas nécessairement les plus concernés par l'insécurité alimentaire), nous avons constaté une présence très limitée des personnes les plus vulnérables dans ces jardins, ce qui a été confirmé par des discussions avec les bailleurs sociaux qui connaissaient ces personnes[8]. À Séville, quatre des 17 jardiniers (dix retraités, quatre chômeurs, trois salariés) n'ont pas souhaité répondre à cette question, quatre autres ont déclaré qu'ils « n'avaient parfois pas assez à manger, ou pas ce qu'ils voulaient » et neuf étaient en sécurité alimentaire. À Paris, la plupart des fruits et légumes étaient achetés sur les marchés locaux et, secondairement, dans les supermarchés ou les supermarchés discount ; à Séville, les produits étaient principalement achetés dans les supermarchés et les supermarchés discount, la proximité et les prix étant les principaux facteurs pris en compte. À Paris, les jardiniers ont toujours eu un intérêt préalable pour les fruits et légumes frais et la cuisine avant de s'investir dans un jardin communautaire, et leur participation leur a permis d'avoir un meilleur accès à des produits nouveaux ou trop coûteux dans le commerce. À Séville, six des 17 jardiniers ont déclaré que le jardin avait changé leur façon d'acheter et de manger en leur donnant accès à une plus grande variété de produits. En effet, 15 sortes de légumes et de fruits (sans compter les herbes aromatiques) ont été produites en moyenne dans les jardins parisiens et 31 à Séville ; dans les deux cas, les jardins communautaires favorisaient la diversité alimentaire.

L'enquête a confirmé la forte variabilité des quantités produites entre jardiniers et entre villes : de 2 kg à 117 kg par an et par jardinier à Paris et de 61 kg à 531 kg à Séville, soit de 0,2 kg à 5,8 kg/semaine par jardinier à Paris contre 5,3 kg à 34,3 kg/semaine à Séville (selon ses recommandations, l'Organisation mondiale de la santé préconise 2,8 kg/personne/semaine de fruits et légumes frais ; WHO, 2013). Ces différences peuvent être liées au climat plus doux et à la saison de culture plus longue à Séville, à la taille plus grande des parcelles (de 25 m^2 à plus de 150 m^2) comparée à celle de Paris (maximum 20 m^2), ainsi qu'au temps consacré par les jardiniers et à leur expérience et leurs connaissances agricoles, plus importantes à Séville. La contribution de cette autoproduction à l'alimentation domestique était, que ce soit à Séville ou à Paris, essentiellement saisonnière (figure 7. 2) et clairement reconnue, avec une fonction d'approvisionnement alimentaire plus importante à Séville.

Dans les deux villes, les jardiniers ont systématiquement mis en avant la qualité de leur production (goût, fraîcheur et confiance, car elle est « cultivée localement sans produits chimiques »). Certains ont parlé de « produits exceptionnels » « que l'on ne jette jamais » (contrairement aux légumes de supermarché). La conservation (mise en conserve, congélation, confitures) ne concerne que les plus grands « producteurs » des deux villes, mais le don de nourriture reste très courant, tant aux membres de la famille en situation difficile que dans le cadre de la solidarité extérieure avec les voisins.

8. Les raisons invoquées étaient diverses : manque de temps (dans le cas des familles monoparentales, par exemple), facteurs socioculturels tels que la mauvaise maîtrise du français, le manque de pratique pour travailler ensemble, les problèmes de santé, etc.

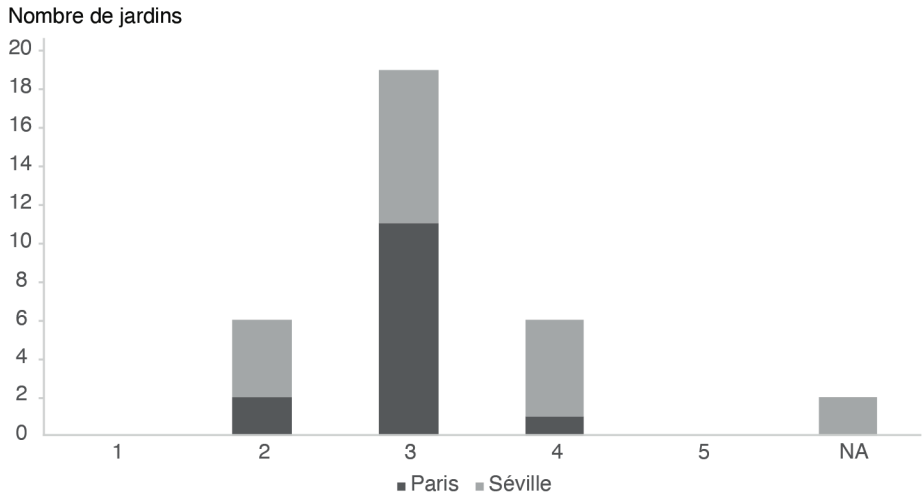

Figure 7.2. Ampleur de la production d'aliments de jardin à Paris et à Séville sur la base de l'auto-positionnement de 33 jardiniers sur un gradient de 1 à 5 en 2016.

Chaque colonne représente le nombre de jardiniers par classe (d'après Pourias *et al*., 2020). Gradient : 1) La nourriture que je produis dans mon jardin est accessoire, je ne mange presque jamais ce que je récolte ; 2) Je ne consomme qu'occasionnellement les légumes de mon jardin ; 3) La nourriture que je produis dans mon jardin couvre 50 % à 100 % de mes besoins pendant la haute saison pour au moins un ou quelques produits ; 4) Le jardin me permet de couvrir tous mes besoins en légumes pendant la haute saison (et parfois hors saison) ; 5) Le jardin couvre tous mes besoins en légumes toute l'année (autosuffisance).

Ces résultats sont très similaires aux résultats observés dans de précédents travaux concernant tous les jardins communautaires, qu'ils soient ou non situés dans des quartiers populaires (Pourias *et al*., 2016). En ce qui concerne ces derniers, la pertinence de ces jardins pour une plus grande sécurité alimentaire est cohérente avec les résultats observés en Grèce (Partalidou et Anthoupolou, 2017) et à Marseille (Martin *et al*., 2017), où même une très faible production est associée à une consommation familiale de fruits et légumes significativement plus élevée. Cependant, et conformément aux conclusions d'autres chercheurs, il convient de noter que l'accessibilité à ces jardins reste très limitée pour les populations les plus vulnérables. En outre, il a été observé à Séville (mais pas à Paris) que le jardin communautaire pouvait être un tremplin pour le lancement de projets d'installations agricoles professionnelles en agroécologie ou en circuit court[9] ; ces résultats concordent également avec d'autres observations (Seguí *et al*., 2017).

Ces infrastructures que sont les jardins urbains destinés à l'autoproduction alimentaire peuvent et doivent être intégrées dans les politiques d'aménagements des quartiers populaires. La crise sanitaire de la Covid-19 a ainsi conduit le ministère de l'Agriculture français à débloquer 30 millions d'euros début 2021 pour soutenir le

9. Création en 2016 près du quartier Poligono d'une ferme maraîchère par trois jeunes du jardin communautaire et création d'une petite installation de production aquaponique par une famille dans un autre jardin, soutenue par l'université de Séville.

jardinage communautaire dans les quartiers populaires. Cependant, il est essentiel de noter que l'autoproduction ne peut pas être le seul levier pour garantir la sécurité alimentaire pour tous et rétablir la justice alimentaire, qui a été fortement mise à mal dans les pays industrialisés (Paddeu *et al*., 2018).

Discussion et conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé plusieurs études de cas, qui se rapportent à nombre de transitions agroécologiques et de diversifications agricoles dans les pays du Nord et du Sud, dans les zones urbaines et rurales. Le point important est que toutes ces situations témoignent d'effets positifs, directs et indirects, sur les attributs de la sécurité alimentaire (disponibilité, accessibilité, utilisation, stabilité) pour ceux qui les mettent en œuvre. Nous avons proposé une analyse de la nature des liens entre la productivité et la qualité des aliments en mettant en évidence les composantes que les changements de pratiques observés sont susceptibles d'affecter.

La disponibilité, l'utilisation et la stabilité peuvent ainsi être influencées directement et positivement par la mise en œuvre de pratiques agroécologiques : la diversification agricole dans les exploitations du Sahel et la production maraîchère dans les jardins urbains facilitent directement l'accès à une alimentation plus diversifiée. Ceux qui adoptent ces pratiques bénéficient d'une disponibilité alimentaire accrue, qui entraîne un meilleur accès aux aliments et une meilleure utilisation (consommation dans les repas familiaux). La stabilité augmente également, avec une plus grande diversité dans les cycles phénologiques des cultures et même différentes formes de transformation (séchage, mise en conserve, etc.) qui assurent la couverture des besoins (en particulier en micronutriments) sur de plus longues périodes. Lorsqu'elles sont utilisées, les pratiques de culture biologiques, certifiées ou non, offrent également de meilleurs résultats sanitaires dans les situations où la santé des producteurs comme des consommateurs peut être compromise par l'utilisation souvent massive et mal contrôlée des pesticides dans la production de maraîchage périurbain (van Veenhuizen, 2014). Elles permettent également aux populations urbaines qui n'ont pas les moyens d'acheter des produits certifiés provenant de réseaux de marques en Europe d'avoir accès à des produits biologiques.

Les avantages de la mise en œuvre d'innovations agroécologiques sont également indirects, car ces pratiques améliorent l'accessibilité à une alimentation saine et diversifiée de multiples manières. Ainsi, même si l'augmentation directe des revenus (observée dans le cas d'une meilleure intégration des marchés) n'améliore pas systématiquement la sécurité alimentaire (des controverses subsistent sur ce point, en fonction de la priorisation de l'alimentation par le ménage), les différents types d'agriculture biologique identifiés génèrent en Afrique de nouvelles opportunités pour l'emploi et l'entrepreneuriat à petite échelle. Ces opportunités peuvent se situer en amont des filières agricoles, *via* la conception et la fabrication de nouveaux intrants (biopesticides locaux, mécanisation à petite échelle, etc.). Elles se rencontrent aussi en aval des filières, dans la transformation alimentaire ou la logistique au-delà de l'activité de production (petites unités de transformation, logistiques de transport, groupes sociaux, systèmes d'information, ouverture de nouveaux marchés, etc.).

Certaines formes d'agriculture biologique structurent des actions collectives dans les territoires (système participatif de garantie) ou des actions sectorielles dans certaines filières (nouvelles organisations de producteurs). Ces situations sont observées dans les pays du Sud et du Nord dans le cas de jardins communautaires. Bien qu'une analyse approfondie de ces nouveaux réseaux doive encore être effectuée, ces réseaux sont un levier important pour améliorer la sécurité alimentaire des populations concernées. La mise en œuvre de réseaux de nature différente mais complémentaires est également susceptible de générer des synergies positives. L'essor de l'« agriculture biologique » en Afrique est porteur d'espoir, mais ne peut réellement bénéficier aux populations défavorisées sur le long terme que si celles-ci parviennent à maîtriser les contraintes de la commercialisation. Nos études confirment cependant que les pratiques agroécologiques dans des environnements (institutionnels, écologiques) fragiles et auprès des populations vulnérables sont des leviers pour améliorer la sécurité alimentaire de ces populations. Des recherches supplémentaires sont toutefois nécessaires pour mieux comprendre les facteurs déterminants de la sécurité alimentaire et la nature de ses liens complexes avec la production agricole afin d'éclairer le nécessaire renouvellement des politiques publiques agricoles et alimentaires.

Remerciements

Nous remercions Thomas Nesme (Bordeaux Sciences Agro), Syndhia Mathé (Cirad), Gérard de la Paix Bayiha (université Yaoundé II), David Berre (Cirad), Alissia Lourme-Ruiz (IRD) et Christophe Kouamé Koffi, qui ont activement contribué aux cadres méthodologiques et à la genèse des connaissances présentées dans ce chapitre. Plus largement, nous remercions tous les participants aux trois projets GloFoodS SANTE, ABBAS, GARDENS-AUPA.

Références bibliographiques

Barański, M., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G. B., Benbrook, C., Biavati, B., *et al.* (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, *112*(5), 794–811. https://doi.org/10.1017/S0007114514001366

Bocquier, A., Vieux, F., Lioret, S., Dubuisson, C., Caillavet, F., Darmon, N. (2015). Socio-economic characteristics, living conditions and diet quality are associated with food insecurity in France. *Public Health Nutrition*, *18*(16), 2952–2961. https://doi.org/10.1017/S1368980014002912

Branca, G., Lipper, L., McCarthy, N., Jolejole, M. C. 2013. Food security, climate change, and sustainable land management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *33*, 635–650. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0133-1

Bezner Kerr, R., Madzen, S., Stüber, M., Liebert, J., Enloe, S., Borghino, N., Parros, P., Munyao Mutyambai, M., Prudhon, M., Wezel, A. (2021). Can agroecology improve food security and nutrition? A review. *Global Food Security*, *29*, 100540. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100540

Cabedoce, B., Pierson, P. (Eds.) (1996). *Cent Ans d'histoire des jardins ouvriers, 1896-1996 : La Ligue française du coin de terre et du foyer*. Éditions Creaphis.

De La Paix Bayiha, G. (2020). Développement de l'agriculture biologique au Cameroun : une analyse par l'approche des transitions sociotechniques [Thèse, Montpellier SupAgro]. ResearchGate. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35359.79528

Dury, S., Bendjebbar, P., Hainzelin, E., Giordano, T., Bricas, N. (Eds.) (2019). Food systems at risk: new trends and challenges. Rome, Montpellier, Brussels, FAO, CIRAD and European Commission, 132 p. https://doi.org/10.19182/agritrop/00080

Hunter, D., Foster, F., McArthur, J. O., Ojha, R., Petocz, P., Samman, S. (2011). Evaluation of the micronutrient composition of plant foods produced by organic and conventional agricultural methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *51*(6), 571–582. https://doi.org/10.1080/10408391003721701

Lal, R. (2020). Home gardening and urban agriculture for advancing food and nutritional security in response to the COVID-19 pandemic. *Food Security*, 1–6. https://doi.org/10.1007/s12571-020-01058-3

Lernoud, J., Willer, H., Schlatter, B. (2019). Africa current statistics. *In*: FiBL & IFOAM – Organics International (2019): *The World of Organic Agriculture.* Frick and Bonn, pp. 179–186.

Lourme-Ruiz, A., Dury, S., Martin-Prével, Y. (2016). Consomme-t-on ce que l'on sème ? Relations entre diversité de la production, revenu agricole et diversité alimentaire au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures*, *25*(6), 160033. https://doi.org/10.1051/cagri/2016038

Martin, P., Consalès, J. N., Scheromm, P., Marchand, P., Ghestem, F., Darmon, N. (2017). Community gardening in poor neighborhoods in France: A way to rethink food practices? *Appetite*, *116* (Supplement C), 589–598. https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.05.023

Paddeu, F., McClintock, N., Soulard, C. T. (2018). De l'agriculture urbaine à la justice alimentaire : regards critiques franco-américains. *Urbanités, 10*(1).

Partalidou, M., Anthopoulou, T. (2017). Urban allotment gardens during precarious times: from motives to lived experiences. *Sociologia Ruralis*, *57*(2), 211–28. https://doi.org/10.1111/soru.12117

Pourias, J., Aubry, C., Duchemin, E. (2016). Is food a motivation for urban gardeners? Multifunctionality and the relative importance of the food function in urban collective gardens of Paris and Montreal. *Agriculture and Human Values*, *33*(2), 257–273. https://doi.org/10.1007/s10460-015-9606-y

Pourias, J., Puente Asuero, R., Aubry, C., Ducrocq, T., Zarandieta Jaén, A. 2020. Urban associative gardens in poor neighbourhoods of Seville and Paris: garden productions and access to food. http://hdl.handle.net/10433/8550

Seguí, A. E., Maćkiewicz, B., Rosol, M. (2017). From leisure to necessity: Urban allotments in Alicante province, Spain, in times of crisis. *ACME: An International Journal for Critical Geographies*, *16*(2), 276–304. https://www.acme-journal.org/index.php/acme/article/view/1402

Temple, L., Fadani, A. (1997). Cultures d'exportation et cultures vivrières au Cameroun : l'éclairage d'une controverse par une analyse micro-économique. *Économie rurale*, *239*, 40–48. https://www.persee.fr/doc/ecoru_0013-0559_1997_num_239_1_4867

van Veenhuizen, R. (Ed.) (2014). *Cities Farming for the Future, Urban Agriculture for Green and Productive Cities*. RUAF Foundation, IDRC and IIRR, 578 p. https://ruaf.org/document/cities-farming-for-the-future-urban-agriculture-for-green-and-productive-cities/

WHO, 2013. Healthy diet. Fact sheet. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet

Partie 4

Procédés de transformation innovants pour des aliments de qualité

Chapitre 8

Réduire les pertes et le gaspillage alimentaires dans les chaînes d'approvisionnement en viandes et en fruits : que peut apporter le génie des procédés alimentaires ?

Alain Kondjoyan, Valerie Guillard, Pierre-Sylvain Mirade, Thierry Goli, Antoine Collignan, Élodie Arnaud, Sandrine Costa, Nathalie Gontard, Nadine Zakhia-Rozis

Les produits végétaux et animaux sont rarement consommés immédiatement après la récolte ou l'abattage, ce qui implique que des mesures appropriées (transformation, conditionnement, stockage) doivent être prises pour garantir la sécurité alimentaire. Lorsque le nombre d'étapes de transformation et de distribution se multiplie, il en résulte inévitablement des pertes et du gaspillage alimentaires (PGA). Les pertes alimentaires se produisent tout au long de la chaîne d'approvisionnement, depuis la récolte (ou l'abattage) jusqu'à la distribution, mais sans l'inclure, tandis que le gaspillage inclut les étapes de distribution et de consommation (FAO, 2019). Même si les PGA se produisent tout au long de la chaîne d'approvisionnement, ils atteignent leur maximum en bout de chaîne, c'est-à-dire au niveau de la consommation par les ménages ou de la restauration. L'Union européenne s'est fixée pour objectif de réduire de moitié les PGA d'ici 2030. L'allongement de la durée de conservation des produits grâce à l'optimisation des technologies de transformation et de conservation innovantes est un moyen essentiel pour atteindre cet objectif. Il est donc urgent pour les décideurs politiques et pour tous les acteurs impliqués dans les chaînes d'approvisionnement de quantifier l'impact des technologies de transformation et de conservation sur la réduction des PGA. Cela permettra d'évaluer le rapport bénéfice/coût de la réduction des PGA obtenue grâce aux technologies innovantes et les compromis nécessaires.

À noter que les PGA traités dans ce chapitre se concentrent sur la diminution de la quantité et de la qualité[10] des aliments aux étapes de transformation, de distribution

10. La diminution de la quantité fait référence aux aliments qui sortent de la chaîne d'approvisionnement alimentaire, tandis que la diminution de la qualité fait référence à la diminution des attributs de ces aliments qui réduit leur valeur quant à l'utilisation prévue (FAO, 2019).

et de consommation, à cause d'un défaut ou d'une faible efficacité des technologies de transformation-conservation, ou d'une mauvaise compréhension de ces technologies par les acteurs de la chaîne alimentaire (y compris les consommateurs). Les PGA étudiés ne comprennent donc pas ceux qui existent au niveau de l'agriculture et de la récolte, et plus généralement les pertes post-récolte, c'est-à-dire celles qui se produisent avant qu'un produit n'atteigne les installations de transformation. Notre principale question est de quantifier l'impact des technologies de transformation sur la diminution des PGA. D'autres actions de diminution des PGA qui ne sont pas directement liées à l'optimisation du traitement et du stockage, comme les programmes de redistribution des aliments sur le point d'expirer, n'entrent pas dans le cadre de cette étude mais ont été développées dans d'autres projets (voir, par exemple, le projet européen Reamit ; Interreg, 2021).

Ce chapitre présente brièvement les résultats concernant les réductions des PGA dans une chaîne d'approvisionnement en viande et dans une chaîne en fruits et en légumes frais. Des perspectives sont ensuite discutées pour réduire davantage les pertes dans ces chaînes grâce à des technologies de traitement et de conservation optimisées, en utilisant une approche générique de génie des procédés alimentaires et des collaborations multidisciplinaires associées.

⏩ Objectifs et approche méthodologique

Notre objectif était de quantifier la part des PGA causée par un manque ou une mauvaise gestion des technologies de conservation dans deux types de chaînes d'approvisionnement alimentaire, l'une concernant la viande et l'autre les fruits et légumes frais. La première étape a consisté à étudier l'impact des technologies de transformation et de conservation sur l'extension de la durée de vie des produits et la réduction concomitante des PGA aux différentes étapes des chaînes post-abattage et post-récolte. Pour ce faire, nous avons d'abord utilisé des approches de génie des procédés alimentaires basées sur le développement de modèles mathématiques. Ces approches sont cruciales, car la combinaison d'un traitement, d'une conservation et d'un conditionnement efficaces permet d'éviter les pertes, non seulement en usine ou lors de la distribution des aliments, mais aussi au domicile des consommateurs. La deuxième étape a consisté à établir un lien entre l'allongement de la durée de conservation du produit et la diminution des PGA en différents points de la chaîne alimentaire, et notamment au niveau de la consommation des ménages. Pour établir ces liens, il fallait disposer de données expérimentales sur les PGA. Étant donné que ces données étaient rares et fragmentées, des enquêtes ont été menées pour obtenir plus d'informations sur les pertes aux différentes étapes des chaînes d'approvisionnement en viande et en fruits et légumes. Dans la mesure du possible, l'impact des comportements des acteurs et des consommateurs, tels que les pratiques courantes, les connaissances et les croyances concernant les technologies utilisées pour conserver les aliments, a également été pris en compte afin de prédire les PGA. Les données publiées confondent souvent les pertes dues à la dégradation des aliments et le pur gaspillage d'aliments comestibles (en raison du comportement imprévisible des consommateurs, qui jettent parfois les produits comestibles). Par conséquent, elles ne quantifient pas clairement la part des pertes qui pourraient être évitées par une amélioration des procédés alimentaires.

Deux types de phénomènes biologiques, qui impactent la qualité des produits vendus, peuvent expliquer la perte (ou le rejet) d'aliments par les consommateurs : le développement de micro-organismes d'altération et les dégradations biochimiques. Il est important de prendre en compte ces deux phénomènes pour prévoir et prévenir les pertes dans les chaînes alimentaires. En pratique, de nombreux procédés peuvent améliorer la conservation des aliments et limiter les pertes, et ils peuvent souvent être combinés ou adaptés pour une plus grande efficacité. Des recherches ont été menées sur la viande pour développer des procédés adaptables et peu coûteux, ou pouvant être appliqués à différentes échelles, tant en France qu'en Afrique du Sud. Cette approche par des procédés simples est similaire à celle utilisée pour désinfecter l'eau à l'aide de l'énergie solaire (McGuigan *et al*., 2012). Étant donné que la qualité des aliments recouvre de multiples dimensions et que la durabilité est un problème majeur pour les procédés, la modélisation multi-objectifs était une façon intéressante d'aborder le problème. La recherche sur la chaîne des fruits et légumes frais s'est concentrée sur la fraise, un fruit emblématique en France. En tant que produit hautement périssable avec une durée de vie très courte, l'étude de la fraise représente le cas le plus difficile sur l'ensemble de cette chaîne. Dans ce cas, le travail s'est concentré sur la quantification de l'augmentation de la durée de vie du produit et de la réduction concomitante des PGA dans la chaîne post-récolte en utilisant un emballage sous atmosphère modifiée bien conçu, en plus, ou à la place, de l'utilisation exclusive du froid. La modélisation mathématique était indispensable pour explorer les nombreux scénarios post-récolte et les différentes pratiques des consommateurs.

⏩ Pertes et gaspillage tout au long de la chaîne d'approvisionnement en viandes

La production de protéines animales nécessite plus d'énergie, de terres et d'eau et génère plus d'émissions de CO_2 que celle de protéines végétales. De plus, la croissance de la population mondiale et l'élévation des niveaux de vie ont fait croître la demande en protéines de viandes, qui ne pourra probablement pas être satisfaite dans le futur. Il est donc essentiel de limiter les pertes et le gaspillage à chaque étape de la chaîne alimentaire, en particulier par le contrôle de la chaîne du froid et l'utilisation d'emballages appropriés. Dans les pays occidentaux, la plupart des viandes sont vendues après l'abattage et la découpe. Dans les pays du Sud, où la fraîcheur de la viande ne peut pas être garantie par la chaîne du froid, le produit est souvent stabilisé à l'aide de procédés traditionnels (salage, séchage et fumage), pour être consommé ultérieurement ou transporté dans des régions éloignées. Les PGA ont donc été comparés dans deux pays différents, la France et l'Afrique du Sud.

Chaîne d'approvisionnement française en viandes fraîches

Les données sur les PGA étant rares, nous avons mené une enquête pour les évaluer dans un contexte français afin de déterminer l'étape à laquelle la plupart des pertes se produisent dans la filière des viandes fraîches. Les données ont été recueillies auprès

de cinq entreprises situées dans le département de l'Allier, en région Auvergne-Rhône-Alpes (centre de la France), comprenant à la fois des petites entreprises engagées dans le commerce régional et des entreprises de plus grande taille engagées dans le commerce national ou international. Les résultats ont montré que les pertes étaient très faibles dans les usines lors de la transformation des viandes, alors qu'elles devenaient importantes lors de leur distribution (Comparet *et al*., 2016). Si les pourcentages de pertes semblaient faibles (2 % à 4 % de la production), ils devaient être relativisés car ils représentaient des tonnages importants. De plus, seuls les grands supermarchés avaient été considérés, alors que l'on sait que les pertes sont plus élevées dans les petits magasins en raison d'un niveau d'activité plus faible. Enfin, les pertes de viandes même minimes peuvent avoir un fort impact en matière de durabilité, notamment pour la filière bovine ; certains auteurs estiment qu'une perte de 3,5 % de viande de bœuf dans un supermarché équivaut à 29 % des pertes alimentaires globales du supermarché lorsqu'elle est traduite en empreinte carbone (Eriksson *et al*., 2014). Sur la base de la différence du montant total des pertes déjà connues, la conclusion la plus importante de notre enquête est que les pertes de viandes fraîches se produisent principalement chez le consommateur. Cela s'explique en partie par la meilleure maîtrise de la conservation des aliments par les industriels et les distributeurs. Les professionnels minimisent aussi leurs durées de stockage, ce qui leur permet de transférer les PGA vers l'extrémité de la chaîne alimentaire (c'est-à-dire vers les consommateurs). La surface de la viande étant toujours contaminée microbiologiquement lors de l'abattage des animaux, puis de la découpe des carcasses, une solution technique pour la stabiliser peut être de la traiter en appliquant des procédés thermiques par la vapeur, qui restent des procédés assez simples et flexibles. Des recherches antérieures avaient montré que ces traitements thermiques représentaient un moyen efficace de décontaminer la surface de la carcasse et des muscles, tandis que la recontamination ultérieure pouvait être contrôlée en utilisant des composés chimiques naturels (Kondjoyan et Portanguen, 2008 ; Lecompte *et al*., 2008). Mais les conservateurs, mêmes naturels, sont de moins en moins acceptés par les consommateurs. La formation d'une croûte sèche à la surface de la viande, par un chauffage supplémentaire, a donc été envisagée dans notre projet pour éviter la recontamination de la surface et le développement des micro-organismes. Mais cet effet barrière ne reste efficace que jusqu'à ce que la croûte se réhydrate. Nous avons donc effectué des calculs pour estimer le temps pendant lequel la croûte pouvait garder un rôle de barrière. Les résultats montrent qu'aux températures et aux conditions d'emballage habituelles, la croûte perd assez rapidement son effet barrière. La technique du croûtage devra donc être combinée à l'utilisation d'un emballage modifié pour contrôler l'humidité ou la composition gazeuse de l'environnement autour du produit.

Chaîne d'approvisionnement en viandes transformées en Afrique du Sud

La consommation de viande de bétail et de gibier est très répandue en Afrique du Sud. Les viandes transformées traditionnelles comme le biltong (viande assaisonnée avec du sel, du vinaigre et des épices, puis séchée) et le *droëwors* (littéralement, « saucisse sèche ») peuvent être conservées sans chambre froide. Le secteur traditionnel de ces produits carnés à humidité intermédiaire s'industrialise de plus en plus en Afrique du

Sud pour répondre à la demande croissante du marché. Les objectifs de notre projet étaient de mieux comprendre les PGA dus à la transformation de la viande, que ce soit dans des unités artisanales ou industrielles, et d'étudier les transferts de matière qui se produisent pendant la transformation, ainsi que leurs effets sur les critères de qualité. L'accent a été mis sur le contrôle du procédé, basé sur un simulateur mathématique global, qui considérait le changement de la qualité du produit pendant les trois principales étapes du traitement (barattage, séchage et stockage).

Pour mieux comprendre les PGA au cours de la transformation de la viande, une enquête a été menée auprès des principaux fabricants et distributeurs de biltong dans la province du Cap occidental (Beyers, 2017). Cette étude a permis d'établir que la fabrication génère très peu de pertes (dont le niveau est non quantifiable). En effet, lors de la préparation de la viande, les morceaux qui ne sont pas assez gros pour fabriquer le biltong, ainsi que les restes du parage, sont utilisés pour fabriquer des *droëwors*. En outre, les distributeurs de biltong retournent très rarement les produits à leurs fournisseurs. Lorsqu'ils le font, c'est la plupart du temps en raison du développement de moisissures. En outre, les distributeurs détruisent des quantités marginales quand les produits approchent de la fin de leur durée de conservation. Parfois, lorsque le produit fini est par exemple trop sec, les producteurs le transforment en poudre pour l'utiliser dans l'industrie alimentaire ou dans les aliments pour animaux de compagnie. Le concept de date de péremption dans ce secteur est vague, car les produits arrivent aux consommateurs sous différents formats, allant des produits en vrac, qui sont suspendus et vendus à la tranche, jusqu'aux portions prétranchées, qui peuvent être conditionnées dans un emballage sous atmosphère modifiée (mélange gazeux injecté dans l'emballage). Il serait intéressant d'étendre l'étude des pertes aux distributeurs non spécialisés et aux consommateurs. À côté de ces produits hautement stabilisés, il existe une demande croissante de produits moins transformés (moins salés, moins séchés et de texture plus douce). Ces produits nécessitent un meilleur contrôle de la stabilité, qui repose en grande partie sur une bonne maîtrise des procédés (formulation, séchage et conservation). Cependant, l'absence de cadre réglementaire et le manque d'infrastructures de caractérisation des produits et de suivi des procédés sont autant de menaces à la pérennité de ces nouvelles niches de marché, pourtant économiquement et socialement prometteuses. La formulation du biltong et les liens entre les transferts de matière et les propriétés du produit, telles que la texture, le pH, l'activité de l'eau (a_w) et la teneur en sel, ont été étudiés. L'objectif était de développer un outil d'optimisation multicritère fondé sur un modèle global de procédé. Ce simulateur est basé sur des modèles simplifiés développés à l'échelle des opérations unitaires pour une meilleure maîtrise de la qualité du produit fini en matière de réduction de sa variabilité, d'amélioration des conditions de stockage et d'allongement de la durée de conservation par la baisse du développement des levures et des moisissures, tout en assurant un itinéraire technologique durable. La modélisation de l'opération de barattage a permis d'identifier les profils expérimentaux de solutés obtenus dans la viande, et donc de déterminer numériquement les coefficients de diffusion du sel et d'acide liés à la formulation et au barattage (Mirade *et al*., 2020). D'autres études sont en cours pour définir les meilleurs profils post-barattage de concentration en sel et en acide, afin d'obtenir, une fois le séchage final effectué, un aliment qui offrira le meilleur compromis entre une bonne stabilité du produit et les caractéristiques organoleptiques (tendreté, goût, etc.) souhaitées par les consommateurs.

⏩ Pertes et gaspillage tout au long de la chaîne d'approvisionnement en fruits frais

Les pourcentages de pertes et de gaspillage sont généralement plus élevés pour les fruits et les légumes que pour les autres produits, en particulier dans les situations où les conditions de stockage au froid ou de transformation sont inadéquates (FAO, 2019). Même dans les pays occidentaux où les installations frigorifiques sont bien développées, la grande fragilité et le caractère périssable des fruits et des légumes frais entraînent des pertes et du gaspillage considérables, en particulier au niveau des distributeurs et des consommateurs. De nombreuses technologies innovantes ont été envisagées pour prolonger la durée de conservation des fruits et légumes et réduire leurs pertes, notamment par un emballage bien conçu. Dans la chaîne post-récolte des fruits frais, l'utilisation d'un emballage sous atmosphère modifiée équilibrée (nommé eMAP[11]) peut contribuer à prolonger la durée de conservation du produit et à atténuer les pertes et le gaspillage tout au long de la chaîne alimentaire, et notamment chez les consommateurs (Angellier-Coussy *et al*., 2013 ; Guillard *et al*., 2018). Nous avons exploré le lien entre l'augmentation de la durée de conservation et la réduction des pertes liée à l'utilisation de l'eMAP, ainsi que l'avantage environnemental lié à l'utilisation d'un tel emballage, que ce soit en remplacement ou en complément du stockage au froid, qui est actuellement la technologie de conservation la plus utilisée.

Nous avons développé un modèle mathématique pour prédire l'extension de la durée de vie des fraises et les pertes au stade de la distribution et chez le consommateur. Les pratiques et les croyances des parties prenantes, en particulier celles des consommateurs, ont été recueillies par des enquêtes de terrain. La modélisation mathématique a intégré ces pratiques de consommation afin de prédire les pertes à domicile en fonction de l'occurrence de chaque comportement de consommation : par exemple, certains consommateurs conservent toujours les fraises au réfrigérateur, tandis que d'autres les conservent à température ambiante ; certains ouvrent l'emballage immédiatement après l'achat, ce qui élimine l'atmosphère modifiée et annihile son effet bénéfique sur la conservation des fruits. L'avantage environnemental de la mise en œuvre de l'eMAP dans la chaîne post-récolte des fraises a également été évalué en le comparant avec l'impact de la réfrigération, et en tenant compte de la diversité des comportements des consommateurs. Pour quantifier l'augmentation de la durée de conservation obtenue grâce à l'eMAP, un modèle mathématique de dégradation de la qualité des fraises a été développé, couplé aux transferts d'O_2 et de CO_2 dans l'emballage et à la respiration des fruits. Le niveau de dégradation dépendait de la température et de la teneur en CO_2 dans

11. L'eMAP est un type d'emballage sous atmosphère modifiée, utilisé plus spécifiquement pour les fruits et légumes, qui crée un mélange gazeux optimal dans l'environnement autour du produit. Le mélange de gaz autour du produit est le résultat de sa respiration et de la perméation des gaz à travers le film d'emballage. L'équilibre entre ces deux phénomènes conduit à définir une composition gazeuse adéquate autour du produit. Celle-ci ne peut être obtenue que si les propriétés de perméation aux gaz (oxygène et CO_2) du film d'emballage correspondent aux caractéristiques de respiration du produit dans des conditions déterminées de surface, de volume d'emballage et de masse du fruit.

l'emballage à l'équilibre. Ce modèle a permis d'explorer numériquement l'effet des conditions de stockage à des temps différents et à températures différentes, et de prédire les augmentations de la durée de stockage du produit lorsqu'elles excédaient un jour. Les résultats ont montré que l'eMAP pouvait significativement augmenter la durée de stockage du produit. Une dégradation maximale de 13 % a été jugée acceptable sur la base de la disposition des consommateurs à acheter et des courbes de dégradation mesurées sur le produit (Matar *et al*., 2018a, 2018b). En d'autres termes, si la détérioration est inférieure à 13 %, le consommateur achètera la barquette de fraises ; si elle est supérieure à 13 %, le consommateur rejettera la barquette, qui sera finalement jetée par le distributeur. Une fois à domicile, les pertes ont été considérées comme proportionnelles à la dégradation du produit, celle-ci dépendant des conditions de stockage (température et composition de l'atmosphère dans la barquette dans les conditions de l'eMAP) et des pratiques des consommateurs. Afin d'évaluer les pratiques des consommateurs, une enquête a été réalisée au moment de la récolte des fraises. 749 participants âgés de plus de 20 ans et représentatifs de la population française en matière d'âge, de sexe et de profession ont répondu à l'enquête. Les résultats montrent, entre autres, que 79 % des consommateurs ont retiré l'emballage juste après l'achat. Au total, 57 % des consommateurs ont conservé les fruits à température ambiante, tandis que 43 % les ont conservés au réfrigérateur.

Pour tenir compte de la variété des conditions de stockage post-récolte et du comportement des consommateurs, 132 scénarios de stockage de fraises fraîches ont été simulés en utilisant le modèle numérique. Ces scénarios ont été introduits en entrée du modèle pour calculer les pertes générées dans la chaîne post-récolte du fait de la dégradation du produit. Les résultats montrent que, compte tenu de la probabilité d'occurrence de chaque scénario et des pratiques des consommateurs, l'utilisation de l'eMAP, au lieu d'un emballage macroperforé commercial, réduirait les pertes de fraises de 17 % en moyenne. Cette réduction est faible car, à l'échelle française, environ 50 % des consommateurs ouvrent actuellement l'emballage à atmosphère modifiée avant de ranger le fruit dans le réfrigérateur, ce qui annule les avantages de l'eMAP. Les simulations montrent que les pertes pourraient être réduites de 74 % si tous les consommateurs conservaient l'emballage intact, tout en stockant les fraises au réfrigérateur (Matar *et al*., 2020).

Enfin, la méthode d'analyse du cycle de vie (ACV) a été utilisée pour étudier l'avantage environnemental de l'utilisation de l'eMAP, à température ambiante, comme alternative à l'utilisation d'emballages macroperforés conventionnels et du froid. L'ACV a été appliquée sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement des fraises, de la production agricole au consommateur, en tenant compte des pertes à chaque étape ainsi que, le cas échéant, de la fabrication et de l'élimination de l'emballage utilisé. Nos résultats confirment que, pour des produits hautement périssables comme les fraises, l'étape de la production agricole est la principale source d'impacts environnementaux. Par conséquent, les technologies de conservation ont un impact environnemental moindre. Dans ce cadre, notre étude montre que l'eMAP pourrait être, dans diverses conditions, une alternative intéressante à l'utilisation des emballages standards actuels (Matar *et al*., 2020).

⏩ Conception intelligente et technologies innovantes pour réduire les pertes et le gaspillage

Les PGA pourront être réduits dans le futur avec des approches d'ingénierie combinant l'utilisation de modèles de dégradation des aliments et la conception et l'application de technologies intelligentes qui ralentiront cette dégradation. Cette section détaille les étapes et les besoins pour atteindre cet objectif.

Besoin en modèles représentatifs de la dégradation des aliments

Pour prolonger la durée de vie des produits alimentaires et réduire leurs pertes, il faut limiter la croissance microbienne et la dégradation enzymatique à la surface des produits frais. Dans les pays occidentaux, le stockage au froid est traditionnellement utilisé pour y parvenir. Dans le cas des fraises, l'inhibition de la croissance microbienne, la diminution de la respiration et la dégradation enzymatique ont été analysées au moyen d'un seul modèle mathématique de dégradation. Les simulations de l'utilisation de l'eMAP ont montré qu'il serait possible de réduire encore les pertes de fraises réfrigérées. Dans le cas de la viande rouge, les emballages sous atmosphère modifiée sont utilisés à la place des eMAP. Ils contiennent généralement un niveau élevé de CO_2 pour ralentir la croissance bactérienne, ainsi qu'une grande quantité d'O_2 pour maintenir la couleur rouge attrayante de la viande. Pour prédire correctement la dégradation des aliments, deux modèles de dégradation différents sont alors nécessaires pour modéliser séparément l'inhibition microbienne et le changement de la couleur de la viande. Des travaux récents ont permis de relier la variation du paramètre de couleur rouge au potentiel d'oxydoréduction pendant la conservation d'un morceau de faux-filet, stocké soit dans un emballage totalement perméable à l'oxygène, soit dans un emballage sous atmosphère modifiée totalement imperméable à l'oxygène (Cucci *et al*., 2020). On peut imaginer l'utilisation de tels modèles et d'algorithmes d'intelligence artificielle pour réduire les pertes dans les usines. Cependant, cette approche reste limitée et ne peut pas être appliquée directement à de nouveaux procédés, car la dynamique du modèle n'est pas encore totalement expliquée. Une autre approche consiste à modéliser la diffusion de l'oxygène et la cinétique d'oxydation pour prédire le changement de couleur de la viande de bœuf. Des modèles plus fondamentaux incluant des schémas réactionnels complexes ont été développés dans ce sens (Tofteskov *et al*., 2017 ; Oueslati *et al*., 2018 ; Kondjoyan *et al*., 2022a, 2022b). D'autre part, dans le cadre du projet H2020 GLOPACK[12], certains outils de modélisation sont en cours d'amélioration et de déploiement pour proposer des logiciels d'aide à la décision dans le domaine de l'emballage alimentaire. Ces modèles intègrent les transferts de matière liés à l'utilisation d'emballages sous atmosphère modifiée autour de produits frais et certains mécanismes de dégradation, comme ceux dus au développement de micro-organismes. Même si ces modèles de dégradation sont encore très élémentaires et ne donnent pas une vision complète des réactions impliquées dans la dégradation d'un produit, le logiciel peut être utilisé pour optimiser l'emballage sous atmosphère modifiée (composition de l'atmosphère et sélection des

12. https://glopack2020.eu/

matériaux d'emballage appropriés) et éviter toute perte d'efficacité avant la date limite de consommation. Cet outil a l'avantage d'être applicable à une grande variété de produits alimentaires (produits laitiers, viandes, aliments prêts à consommer), à condition de connaître l'atmosphère optimale ciblée pour limiter la dégradation et optimiser la durée de conservation. Toutefois les modèles plus fondamentaux restent intéressants pour comprendre l'effet de la variation de la composition des aliments ou des traitements (cuisson, etc.) sur la dégradation des produits et pour concevoir de nouveaux produits alimentaires (Kondjoyan *et al*., 2022a, 2022b).

Clarifier le rapport bénéfice/coût des technologies innovantes

L'entreposage frigorifique reste très coûteux en matière de consommation d'énergie et doit être bien géré ; des défaillances de la chaîne du froid se produisent encore, même dans les pays occidentaux. Pour atténuer l'impact environnemental global de la chaîne post-récolte, on a tenté, pour certains fruits et légumes, de remplacer, partiellement ou totalement, le stockage frigorifique par des technologies eMAP. Ces deux technologies sont conçues pour ralentir la respiration des produits et prolonger leur durée de conservation, mais ces effets doivent encore être quantifiés et comparés. En réduisant les PGA, les deux technologies conduisent à des bénéfices environnementaux. Cependant, une plus grande diminution des PGA n'entraîne pas automatiquement des avantages environnementaux. Certaines technologies utilisées pour réduire les PGA peuvent avoir leur propre impact sur la consommation des ressources et les émissions de gaz à effet de serre, contrebalançant ainsi l'effet bénéfique de la réduction des pertes alimentaires. Ce rapport bénéfice/coût est un point clé pour toutes les innovations proposées pour réduire les PGA ; cependant, il est rarement évalué. Notre recherche a démontré que l'eMAP à température ambiante ne pouvait pas remplacer le stockage réfrigéré dans le cas spécifique des fraises conservées plus de deux jours chez les consommateurs. Malgré le coût environnemental supplémentaire de l'entreposage frigorifique, son surcoût économique reste suffisamment faible pour que l'eMAP ne puisse pas le concurrencer, malgré le bénéfice environnemental et la réduction des pertes liés à l'utilisation des emballages sous atmosphère modifiée. Dans d'autres conditions, l'eMAP pourrait être une option intéressante par rapport aux stratégies standard de stockage des fraises. Cette approche méthodologique pourrait être généralisée à d'autres produits alimentaires.

Quelle est l'efficacité des technologies alternatives de conservation des aliments ?

Parmi les technologies innovantes pour prolonger la durée de conservation des aliments frais et réduire leurs pertes, des recherches récentes ont été consacrées aux méthodes alternatives de biopréservation ou d'inactivation microbienne et aux procédés physiques non thermiques. La biopréservation est basée sur des micro-organismes ou des substances spécifiques, mais elle est souvent limitée par la législation sur les nouveaux aliments et par l'aversion des consommateurs envers les additifs biologiques ou chimiques. Par conséquent, les procédés physiques non thermiques suscitent un regain d'intérêt. Le développement du traitement par

haute pression hydrostatique (HP) permet d'allonger considérablement la durée de conservation des aliments et de limiter les pertes de produits frais (Huang *et al*., 2014). Cependant, les HP nécessitent des infrastructures importantes et coûteuses, qui sont surtout réservées aux produits à haute valeur ajoutée destinés à l'exportation, aux grandes entreprises ou aux plateformes financées par les régions. D'autres procédés non thermiques ont été étudiés pour décontaminer les aliments frais, prolonger leur durée de conservation et limiter les pertes. Le champ électrique pulsé, la lumière pulsée, la lumière ultraviolette et le plasma froid sont plus acceptables pour les consommateurs que les rayons gamma, ou même les rayons X (faisceaux d'électrons). La prolongation de la durée de conservation des aliments est plus efficace lorsque le traitement est appliqué directement dans l'emballage, sur des liquides homogènes ou sur des surfaces planes facilement accessibles. L'efficacité des procédés non thermiques sur les produits alimentaires solides de forme complexe, tels que les carcasses ou les morceaux de viande, est souvent moindre, et leurs applications restent jusqu'à présent limitées à la recherche. Cependant, l'inactivation des micro-organismes à la surface des aliments ne suffit pas à les conserver, les réactions biochimiques pouvant aussi altérer leurs propriétés sensorielles. De plus, certains procédés d'inactivation microbienne peuvent favoriser les réactions biochimiques de dégradation dans les aliments (comme les HP, qui accélèrent les réactions d'oxydation dans les viandes rouges et grasses) et modifier leur couleur et leur saveur, augmentant ainsi leurs pertes. Il est donc essentiel de mieux prédire le changement de couleur en fonction de l'oxydation. L'étude des cinétiques d'oxydation est intéressante, car ces réactions génèrent des radicaux chimiques utilisés dans certains procédés d'inactivation microbienne non thermiques. Des recherches supplémentaires sont encore nécessaires pour déchiffrer l'impact de ces technologies alternatives sur l'extension de la durée de vie des aliments et la diminution des pertes et du gaspillage.

Urgence d'actions ciblées pour réduire les pertes alimentaires dans les pays du Sud

Quelles solutions peut-on imaginer pour limiter la perte de produits frais dans les pays du Sud où le stockage en chambre froide n'est pas toujours possible, ni durable, et où les plateformes régionales dédiées à des technologies coûteuses (comme les hautes pressions hydrostatiques par exemple) ne sont pas pertinentes ou sont impossibles à financer ? Une possibilité est de s'orienter vers des méthodes d'inactivation de la surface des produits, combinant des procédés physiques simples et adaptables avec l'application de composés naturels tout en utilisant peu d'énergie et d'eau. Par exemple, une faible énergie de combustion ou l'énergie solaire pourraient être utilisées pour vaporiser des composés bactériostatiques ou bactéricides naturels à des températures comprises entre 75 °C et 90 °C. Cette technique repose sur le principe ancestral du fumage des aliments, mais sans l'application de fumée, imitant ainsi les applications récentes du chlore sans ses risques potentiels pour la santé (Sun *et al*., 2019). De nombreux composés naturels aux effets bactéricides ou bactériostatiques ont été proposés dans les pays occidentaux (Tyagi *et al*., 2012), néanmoins de nombreux autres peuvent certainement être extraits de la flore

microbienne endogène dans les pays du Sud. Une autre façon d'inactiver les micro-organismes sur les surfaces planes après la découpe des produits carnés pourrait être l'utilisation de la lumière pulsée *via* des diodes électroluminescentes ultraviolettes, comme le proposent Hinds *et al*. (2019). Cependant, dans les pays du Sud, même si la surface des produits carnés a été décontaminée microbiologiquement, il est fortement recommandé de traiter l'ensemble du produit en raison de l'absence de chambre froide, des dangers de recontamination et de la présence de parasites dans les muscles des animaux. La conception des systèmes de transformation des aliments dans ces pays est une activité complexe, motivée par des enjeux sanitaires, économiques, environnementaux et humains majeurs. Il est important dans ce cas de développer des systèmes de transformation efficaces et durables, adaptés aux conditions locales, à des coûts abordables, basés sur des savoir-faire traditionnels mais capables d'apporter une valeur ajoutée à la qualité nutritionnelle des aliments. La prise en compte de différents critères de performance, tels que les caractéristiques organoleptiques, les qualités nutritionnelles et sanitaires du produit, la consommation d'énergie et l'impact environnemental, ainsi que le coût et la robustesse du système, pose la question de leur hiérarchisation et de la détermination de leur agrégation pour l'optimisation des procédés de transformation (Madoumier *et al*., 2019 ; Raffray *et al*., 2015 ; Rivier, 2017). Dans le cas du biltong par exemple, la mise au point d'un outil d'optimisation multicritère qui combine des modèles élaborés à l'échelle de l'opération unitaire pourrait conduire à un développement durable de ce produit, répondant ainsi aux attentes des consommateurs en matière d'aliments moins transformés, tout en identifiant les meilleures voies technologiques pour limiter les pertes, notamment lors du stockage. Une telle approche générique pourrait être transposée dans les pays occidentaux pour concevoir de nouveaux produits alimentaires et de nouveaux systèmes de transformation.

Vers une approche inclusive de l'ingénierie alimentaire

Certains facteurs peuvent empêcher les acteurs de la chaîne alimentaire de prendre des décisions rationnelles et d'adopter des pratiques pour réduire efficacement les pertes et le gaspillage. En particulier, les opérateurs du secteur alimentaire et les consommateurs peuvent ne pas disposer d'informations suffisantes sur les options disponibles pour réduire les pertes et le gaspillage, ou sur les avantages d'une telle démarche. Notre travail a mis en évidence l'importance de la sensibilisation des consommateurs et de leurs croyances à l'égard des technologies utilisées pour conserver les aliments. Nos travaux montrent que la modélisation mathématique peut intégrer les comportements des consommateurs vis-à-vis du stockage et de la consommation des aliments afin d'explorer et d'évaluer l'impact de ces comportements sur la réduction des PGA (Matar *et al*., 2020). Il est donc essentiel de sensibiliser les individus et de leur présenter les avantages des nouvelles technologies pour diminuer les pertes. Les parties prenantes peuvent également être confrontées à des contraintes ou à des préférences qui les empêchent ou les dissuadent de mettre en œuvre des actions visant à réduire les PGA. Connaître et intégrer toutes ces contraintes dans une approche d'ingénierie alimentaire plus inclusive est essentiel pour concevoir des technologies qui s'alignent sur les demandes et les pratiques des acteurs de la chaîne

alimentaire. Cette question est essentielle, notamment dans les pays du Sud, où les contraintes de transformation sont réelles. Le plus grand défi pour l'avenir sera donc de combiner les approches multidisciplinaires telles que celles utilisées en science des aliments, en génie des procédés alimentaires et en sciences sociales.

Conclusion

Une approche inclusive basée sur l'ingénierie des procédés alimentaires a été développée pour réduire les pertes et le gaspillage dans les chaînes d'approvisionnement en viandes et en fruits frais. Dans les pays occidentaux, notre étude a confirmé qu'une grande partie des pertes et du gaspillage en produits frais a lieu au domicile des consommateurs, mais qu'elle est souvent due à des problèmes en amont de la chaîne. Des modèles mathématiques, combinant des données sur le transfert de matière et sur la qualité des produits, peuvent prédire la part des pertes et du gaspillage liée à la dégradation des aliments. À l'avenir, les résultats issus des modèles combinés pourront être associés à des capteurs intelligents pour améliorer la conception des procédés et des emballages. Le développement de procédés de conservation adaptés, peu coûteux et à petite échelle sera d'une importance capitale pour réduire les pertes et le gaspillage dans les pays du Sud, où l'utilisation régulière des chambres froides est peu réaliste. Une approche holistique est nécessaire pour l'optimisation multi-objectifs du traitement des produits et l'évaluation du rapport bénéfice/coût, afin d'assurer la sécurité alimentaire des populations, de répondre aux attentes des consommateurs en matière de qualité sensorielle et nutritionnelle des aliments et de tendre vers la durabilité des transformations alimentaires. La collaboration entre les sciences de l'aliment, le génie des procédés alimentaires, la nutrition, les sciences de l'environnement, l'économie et la sociologie contribuera à cet objectif.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le métaprogramme GloFoodS pour le financement des projets Valorcarn et Pack4Fresh, portant respectivement sur la réduction des pertes et du gaspillage dans les chaînes d'approvisionnement en viande et en fruits frais. Ce chapitre est basé sur les recherches et les discussions résultant de ces deux projets.

Références bibliographiques

Angellier-Coussy, H., Guillard, V., Guillaume, C., Gontard, N. (2013). Role of packaging in the smorgasbord of action for sustainable food consumption. *Agro FOOD Industry. Hi Tech*, *24*(3), 15–19.

Beyers, C. (2017). *Exploring FLW along the biltong value chain in the Western Cape, South Africa* [Thèse, Stellenbosch University]. https://core.ac.uk/download/pdf/188219812.pdf

Comparet, R., Lacherez, S., Petit-Riff, S. (2016). *Détermination des pertes de viandes au cours des circuits de transformation-distribution*. Polytech Clermont-Ferrand-université Blaise Pascal.

Cucci, P., N'Gatta, A. C. K., Sanguansuk, S., Lebert, A., Audonnet, F. (2020). Relationship between color and redox potential (E_h) in beef meat juice. Validation on beef meat. *Applied Science*, *10*, 3164–3177. https://doi.org/10.3390/app10093164

Eriksson, M., Strid, I., Hansson, P.-A. (2014). Waste of organic and conventional meat and dairy products – A case study from Swedish retail. *Resources, Conservation and Recycling*, *83*, 44–52. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.11.011

FAO (2019). The state of food and agriculture. Moving forward on FLW reduction. http://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf

Guillard, V., Gaucel, S., Fornaciari, C., Angellier-Coussy, H., Buche, P., Gontard, N. (2018). The next generation of sustainable food packaging to preserve our environment in a circular economy context, *Frontiers in Nutrition*, *5*(121), 1–13. https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00121

Hinds, L. M., O'Donnell, C. P., Akhter, M., Tiwari, B. K. (2019). Principles and mechanisms of ultraviolet light emitting diode technology for food industry applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *56*, 102–153.

Huang, H.-W., Lun, H.-M., Yang, B. B., Wang, C.-Y. (2014). Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing, *Food Control*, *40*, 250–259. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.12.007

Interreg North-West Europe (2021, December 9). *Reamit project*. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/reamit-improving-resource-efficiency-of-agribusiness-supply-chains-by-minimising-waste-using-big-data-and-internet-of-things-sensors/news-blogs/what-is-the-reamit-project/

Kondjoyan, A., Portanguen, S. (2008). Effect of superheated steam on the inactivation of *Listeria innocua* surface-inoculated onto chicken skin. *Journal of Food Engineering*, *87*(2), 162–171. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.030.

Kondjoyan, A., Sicard, J., Badaroux, M., Gatellier, P. (2022a). Kinetics analysis of the reactions responsible for myoglobin chemical state in meat using an advanced reaction–diffusion model. *Meat Science,* 191, https://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108866.

Kondjoyan, A., Sicard, J., Cucci, P., Audonnet, F., Elhayel, H., Lebert, A., Scislowski, V. (2002b). Preventing the oxidative degradation of raw beef meat during storage using numerical simulations and sensors – generalization to meat and fish foods. *Foods*, *11*(8), 1139, https://dx.doi.org/10.3390/foods11081139.

Lecompte, J.-Y., Kondjoyan, A., Sarter, S., Portanguen, S., Collignan, A. (2008). Effects of steam and lactic acid treatments on inactivation of *Listeria innocua* surface-inoculated on chicken skins. *International Journal of Food Microbiology*, *127*(1–2), 155–161.

Madoumier, M., Trystram, G., Sébastian, P., Collignan, A. (2019). Towards a holistic approach for multi-objective optimization of food processes: a critical review. *Trends in Food Science & Technology*, *86*, 1–15.

Matar, C., Gaucel, S, Gontard, N., Guilbert, S, Guillard, V. (2018a). Predicting shelf life gain of fresh strawberries '*Charlotte* cv' in modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, *142*, 28–38. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.03.002.

Matar, C., Gaucel, S., Gontard, N., Guilbert, S., Guillard, V. (2018b). A global visual method for measuring the deterioration of strawberries in MAP. *MethodsX*, *5*, 944–949. https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.07.012.

Matar, C., Guillard, V., Gauche, K., Costa, S., Gontard, N., Guilbert, S., Gaucel, S. (2020). Consumer behaviour in the prediction of postharvest losses reduction for fresh strawberries packed in modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, *163*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111119

McGuigan, K. G., Conroy, R. M., Mosler, H.-J., du Preez M., Ubomwa-Jaswa, E., Fernandez-Ibañez, P. (2012). Solar water disinfection (SODIS): a review from bench-top to roof-top. *Journal of Hazardous Materials*, *235–236*, 29–46. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.07.053

Mirade, P. S., Portaguen, S., Sicard, J., De Souza, J., Musavu Ndob, A., Hoffman, L. C., Goli, T., Collignan, A. (2020). Impact of tumbling operating parameters on salt, water and acetic acid

transfers during biltong-type meat processing. *Journal of Food Engineering*, *265*, 1–9. 109686. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109686.

Oueslati, K., Promeyrat, A., Gatellier, P., Daudin, J.-D., Kondjoyan, A. (2018). Stoichio-kinetic modeling of Fenton chemistry in a meat-mimetic aqueous phase medium. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*, 5892-5900. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b06007

Raffray, G., Collignan, A., Sébastian, P. (2015). Multiobjective optimization of the preliminary design of an innovative hot-smoking process. *Journal of Food Engineering*, *158*, 94–103. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.03.010

Redlingshöfer, B., Soyeux, N. (2011). Pertes et gaspillages. *In* Esnouf, C., Russel, M., Bricas, N. (Eds.). *Pour une alimentation durable – Réflexion stratégique duALIne*, pp. 143–153. Éditions Quae, Versailles.

Rivier, M. (2017). *Analyse et optimisation multicritères d'un procédé de transfert thermique et de séchage pour une application en Afrique de l'Ouest* [Thèse, Montpellier SupAgro]. https://agritrop.cirad.fr/586972/

Sun, X., Baldwin, E., Bai, J. (2019). Applications of gaseous chlorine dioxide on postharvest handling and storage of fruits and vegetables – A review. *Food Control*, *95*, 18–26. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.044

Suysal, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., van der Vorst, J. (2014). Modelling food logistics networks with emission considerations: the case of an international beef supply chain. *International Journal of Production Economics*, *152*, 57–70. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.012

Tofteskov, J., Hansen, J. S., Bailey, N. P. (2017). Modelling the autoxidation of myoglobin in fresh meat under modified atmosphere packing conditions. *Journal of Food Engineering*, *214*, 129–139. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.002

Tyagi, A. K., Malik, A., Gottardi, D., Guerzoni, M. E. (2012). Essential oil vapour and negative air ions: A novel tool for food preservation. *Trends in Food Science & Technology*, *26*, 99–113. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.02.004

Chapitre 9

Huiles de palme artisanales : de la construction de la qualité dans le sud du Cameroun à la consommation à Yaoundé

Sylvain Rafflegeau, Germain Kansci, Claude Genot

Les pays africains sont confrontés à une forte croissance démographique, à l'exode rural et à une croissance économique hétérogène. Ces évolutions se traduisent par une demande alimentaire en forte augmentation plus ou moins satisfaite par les produits locaux et importés, par une plus grande sédentarité et par des modifications d'habitudes alimentaires : davantage de repas hors domicile et de produits frits, une part de plus en plus importante des matières grasses dans l'apport calorique total ; une hausse des aliments transformés et moins de fruits et légumes. Par conséquent, la sous-alimentation a diminué, mais elle perdure, tandis que les maladies métaboliques et le surpoids augmentent. Les déficiences en protéines, en vitamine A et autres micronutriments restent une préoccupation majeure (Nansseu *et al*., 2019 ; National Institute of Statistics [Cameroun] et ICF, 2020).

Les pays africains du golfe de Guinée sont producteurs et consommateurs d'huile de palme rouge (HPR) artisanale de longue date, d'HPR industrielle et d'huile de palme raffinée (HPR industrielle raffinée) depuis l'émergence des agro-industries au XX^{e} siècle. Dans ces pays, la consommation de corps gras augmente régulièrement du fait du développement économique (Ambagna et Dury, 2016), mais les plus jeunes ont tendance à délaisser l'HPR au profit de l'huile de palme raffinée, pour des raisons socioculturelles (Lamine, 2006). D'autre part, on assiste à une augmentation de l'utilisation de la partie stéarique de l'huile de palme raffinée par les industries alimentaires. Une controverse a été soulevée à l'échelle internationale concernant à la fois l'impact environnemental des palmeraies industrielles et les conséquences sanitaires liées à une consommation fréquente et importante d'huile riche en acides gras saturés. Cette controverse devrait être pondérée pour l'Afrique où la consommation d'HPR artisanale et industrielles contribuerait à résoudre les problèmes de santé liés à une carence en vitamine A (Engle-Stone *et al.*, 2017).

Dans les régions au sud du Cameroun où la culture du palmier à huile (*Elaeis guineensis*) est endémique, la production d'HPR artisanale est en nette augmentation

du fait du développement d'huileries artisanales (Ndjogui *et al*., 2014 ; Rafflegeau *et al*., 2018). Utilisée comme ingrédient dans divers plats locaux, l'HPR artisanale est vendue sur les marchés sans aucun contrôle de la qualité, contrairement à l'HPR industrielle. Cependant, on a observé une diminution de sa consommation par habitant dans la zone urbaine de Yaoundé. En 2001, l'HPR y était l'huile la plus consommée par la population, totalisant 60 % de la consommation d'huile, 5 % du budget des ménages et 10 % de l'apport calorique. En 2016, l'HPR ne représentait plus que 25 % des huiles consommées malgré son faible prix comparé à ceux des huiles de palme raffinées, de soja et de coton (Rébéna *et al*., 2019).

Ce chapitre met en évidence les liens entre les conditions d'extraction artisanale de l'HPR dans les régions au sud du Cameroun et ses caractéristiques physicochimiques et nutritionnelles. Il vise aussi à identifier ce qui détermine, d'une part, le choix d'un type d'HPR lors de l'achat par les consommateurs de Yaoundé, et d'autre part, les usages possibles de cette HPR pour la préparation des plats les plus courants. Ces liens montrent la contribution potentielle (négative ou positive) de l'HPR aux apports nutritionnels au regard des enjeux de santé et des tendances alimentaires.

⏩ Caractéristiques des fruits traités, des huileries artisanales et des conditions d'extraction dans la zone étudiée

Au fil du temps, les agriculteurs du sud du Cameroun ont acquis une connaissance approfondie de la gestion du palmier *dura* sauvage local. À partir de la fin des années 1970, le projet de développement du palmier à huile dénommé « Plan Palmier » a introduit auprès des agriculteurs localisés à proximité des palmeraies industrielles un nouveau matériel végétal, le palmier sélectionné de type *tenera*, produisant des fruits de type *tenera* et caractérisé par un rendement élevé et obtenu à partir des palmiers *dura* × *pisifera* provenant de différentes origines (Ndjogui *et al*., 2014). Les agriculteurs ont rapidement adopté ce nouveau palmier sélectionné, mais ils ont manqué d'informations concernant les lieux où acheter des plants ou des graines de *tenera* sélectionnés et les raisons pour lesquelles il fallait les acheter systématiquement. Sans ces connaissances, les agriculteurs ont planté principalement des descendances obtenues par pollinisation libre, un mélange de palmiers tout venant de types *tenera* (50 %), *dura* (25 %) et *pisifera* improductifs (25 %), plutôt que 100 % de palmiers *tenera* sélectionnés (Curry *et al*., 2021). Les agriculteurs plus éloignés des palmeraies industrielles ont adopté moins vite les palmiers *tenera* sélectionnés, en l'absence de soutien de projets de développement. Parallèlement, des organisations non gouvernementales ont promu l'extraction artisanale de l'HPR en formant des forgerons à reproduire différents modèles de presses artisanales (Poku, 2002). Actuellement, dans toutes les zones de production d'huile, le résultat de ces efforts de développement est la diversité de types de fruits traités dans les huileries artisanales, où se retrouvent tous les mélanges possibles de types de fruits : des fruits *dura* sauvage avec une très fine pulpe et une épaisse coque autour du noyau, des fruits *tenera* avec une couche de pulpe épaisse et une mince coque autour

du noyau, et des fruits *dura* aux caractéristiques intermédiaires. Puisque l'HPR est extraite de la pulpe, le type de fruits transformés est le principal facteur expliquant le taux d'extraction pour un outil et un procédé donnés (Rafflegeau *et al*., 2018).

En 2015, nous avons interrogé 32 artisans producteurs d'HPR de quatre régions de production et décrit, pour chaque huilerie artisanale, les types de fruits traités, l'équipement et les conditions de transformation. Les principales différences qui variaient d'une région l'autre concernaient le type de fruits transformés, les conditions de stockage de la récolte à l'extraction et le type d'outil d'extraction utilisé (figure 9.1).

L'enquête a révélé que le rendement d'huile était le plus faible dans la région de l'Ouest où les artisans transforment le plus souvent des fruits *dura* sauvage à l'aide d'extracteurs à eau. Dans ces conditions, un fût de 200 litres de fruits permet d'obtenir environ 25 litres d'HPR. Dans les autres régions, le rendement d'huile variait de 40 à 60 litres par fût de fruits. Ces données confirment les résultats d'une enquête conduite en 2000 (Rafflegeau et Ndigui, 2001).

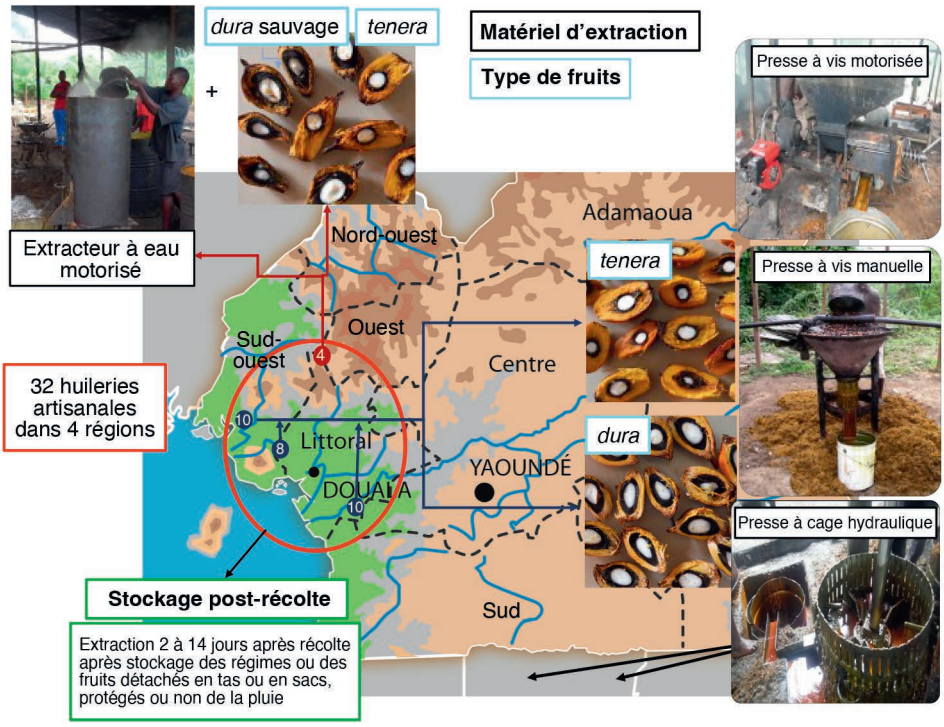

Figure 9.1. Principales caractéristiques des huileries artisanales d'huile de palme dans le sud du Cameroun.

Dans les régions Littoral et Centre, la plupart des artisans utilisent des presses à vis ou des presses à cage hydraulique pour extraire l'huile de fruits de type *tenera* ou de mélanges de fruits de type *tenera* et *dura*. Dans les régions éloignées des zones de développement, trois huileries sur dix dans la région Sud-Ouest et trois sur quatre dans la région Ouest traitent des fruits de type *dura* sauvage. La région Ouest est la seule dans laquelle sont utilisés des extracteurs motorisés par lavage à l'eau, conçus et fabriqués localement.

Comme cela a déjà été prouvé, le stockage des régimes ou des fruits avant extraction affecte le rendement d'extraction et la teneur en acides gras libres des HPR. Pour faciliter l'égrappage et augmenter le rendement d'extraction, les 32 producteurs stockent les fruits avant extraction sous forme de régimes ou de fruits dans un environnement sec ou sous la pluie, dans des sacs ou en tas. La durée de stockage s'échelonne de 2 à 14 jours à une température variable selon la saison. Cela contraste avec les huileries industrielles qui traitent dans les 24 heures après récolte des fruits uniquement issus des palmiers de type *tenera*, sélectionnés pour leur forte teneur en huile et récoltés au stade de maturité optimal. Le procédé industriel d'obtention des HPR vise les standards internationaux pour l'exportation.

Un autre paramètre critique pour le rendement d'extraction d'huile est la température des fruits à l'entrée des presses. Une enquête menée en 2000 (Rafflegeau et Ndigui, 2001) a démontré que ce paramètre variait de manière importante entre les huileries artisanales et constituait un facteur limitant. En 2015, tous les opérateurs enquêtés contrôlaient ce paramètre, réchauffant parfois les fruits juste avant extraction.

⏩ Influence du type de fruits et du procédé d'extraction sur la composition et la qualité de l'HPR artisanale

Les fruits de palmier à huile transformés dans les huileries artisanales du sud du Cameroun présentent une grande hétérogénéité d'une huilerie à l'autre, mais aussi au sein d'une même huilerie, du fait de la diversité du matériel végétal dans les petites plantations et des conditions de culture, de récolte et de stockage des fruits. Selon la littérature, ces caractéristiques des fruits influencent directement le rendement et la composition de l'HPR (Nanda *et al*., 2020). La maturité des fruits au moment de la récolte des régimes et les blessures qu'ils subissent au cours des manipulations successives déterminent notamment le niveau d'activité des enzymes lipolytiques endogènes et microbiennes pendant le transport et le stockage des fruits, et donc leur degré d'altération au moment où commence l'extraction elle-même. Les lipases produisent des acides gras libres par hydrolyse des triacylglycérides, constituants majeurs de l'huile.

Nous avons observé, lors d'extractions réalisées au laboratoire à l'aide d'une micro-presse manuelle à vis, un rendement d'extraction significativement supérieur pour des fruits de type *tenera* (10 g à 16 g/100 g de fruit) à celui obtenu à partir de fruits de type *dura* sauvage (environ 8 g/100 g). L'huile obtenue à partir de fruits de type *tenera* était plus fluide (57 g/100 g de fraction liquide à température ambiante) que celle obtenue avec des fruits de type *dura* (44 g/100 g). Elle contient en effet moins d'acides gras saturés (environ 51 % d'acides gras totaux *vs* 56 % pour *dura*), dont l'acide palmitique (respectivement, 45 % *vs* 50 %). Corrélativement, l'HPR obtenue des fruits *tenera* contient plus d'acides gras insaturés, l'acide oléique étant majoritaire (35 % à 39 % pour les fruits de type *tenera vs* 33 % pour les fruits de type *dura* sauvage), suivi par l'acide linoléique (9 % à 13 % *vs* 9 %). Du point de vue nutritionnel, il est intéressant de noter que l'huile extraite de fruits de type *dura* contient plus d'acide linolénique (1,5 % *vs* 0,3 à 0,4 % pour *tenera*) et, de ce fait,

qu'elle présente un rapport oméga-6/oméga-3 nutritionnellement plus favorable (5,7 *vs* environ 32). Les teneurs en vitamines lipophiles à caractère antioxydant, en caroténoïdes (provitamine A : 690-730 mg/g) et en tocophérols et tocotriénols (vitamine E : 710-750 mg/g) sont similaires pour les deux types de fruits testés.

Les conséquences du stockage post-récolte des régimes ou des fruits de palmiers sur le rendement d'extraction de l'huile et sur sa teneur en acides gras libres sont également bien documentés (Ngando Ebonge *et al*., 2011). Nous avons observé au laboratoire que le rendement d'extraction d'huile à partir de fruits de type *tenera* issus de palmiers sélectionnés sur la station de recherche de La Dibamba passe d'environ 15 g/100 g de fruits le jour 1 à 19 g/100 g le jour 5, et à 29 g/100 g le jour 9 (Nanda *et al*., 2020). Dans le même temps, la teneur en acides gras libres, exprimée en gramme d'acide palmitique par 100 g d'huile, augmente de 0,5 g à 9 g/100 g. Jusqu'au cinquième jour, cette teneur reste inférieure à 5 %, valeur qui correspond aux spécifications des normes internationales pour la commercialisation des huiles alimentaires. La teneur en caroténoïdes, quant à elle, diminue faiblement avec la durée de stockage des fruits. Les régimes peuvent donc être stockés à température ambiante pendant trois à cinq jours après récolte pour faciliter les opérations d'égrappage et améliorer le rendement de l'extraction artisanale tout en préservant la qualité de l'huile rouge. Au-delà de cinq jours de stockage, les risques de détérioration de la qualité sont accrus. Le stockage dans un endroit sec est également requis pour prévenir le développement de moisissures.

Ces résultats montrent que les caractéristiques des fruits de palmier (type de fruits, durée et conditions de stockage) influencent directement la composition et la qualité des huiles de palme brutes extraites. Toutefois, pour les huiles rouges recueillies auprès des 32 huileries artisanales, nous n'avons pas été en mesure de relier leur composition aux types de fruits transformés, probablement en raison de l'hétérogénéité des fruits traités dans ces huileries.

Dans ces échantillons d'huile rouge artisanale, acides gras saturés et insaturés étaient globalement à parts égales, quels que soient les types de fruits traités et les caractéristiques des étapes de transformation. Parmi les acides gras insaturés (48 % à 57,3 % des acides gras totaux identifiés, en moyenne 51,8 % ± 1,9), la teneur en acide oléique variait de 36,5 % à 46,6 % (valeur moyenne : 48,2 % ± 1,9) et celle en acide linoléique de 8,5 % à 11,1 % (9,8 % ± 2,7). Les acides gras saturés représentaient de 44,9 % à 51,9 % (48,2 % ± 1,9), dont 38,5 % à 44,7 % (41,4 % ± 1.7) pour l'acide palmitique. Cette composition confère à l'huile rouge une texture semi-fluide qui favorise la réussite de plats locaux. Selon différents auteurs, d'un point de vue nutritionnel, les acides gras saturés de l'huile de palme ne sont pas, ou faiblement, athérogènes car ils sont situés en position externe de la structure moléculaire des triacylglycérides. Ils sont ainsi rapidement oxydés et ils contribuent à la couverture des dépenses énergétiques corporelles (Hayes et Khosla, 2007 ; May et Nesaretnam, 2014). Au contraire, les acides linoléique et linolénique, acides gras essentiels, sont très biodisponibles car préférentiellement localisés en position interne des triacylglycérides ; ils sont donc directement utilisables par l'organisme. En ce qui concerne les micronutriments, les HPR artisanales contenaient des quantités relativement élevées de caroténoïdes (390-980 μg/g d'huile), constituant absent des huiles raffinées commerciales. Les teneurs les plus élevées en caroténoïdes ont été

enregistrées pour les huiles provenant des huileries de la région Ouest, extraites à partir de fruits de type *dura* sauvage avec des extracteurs à eau motorisés. Les caroténoïdes confèrent à l'huile de palme brute sa couleur rouge orangée typique. Ils possèdent une activité de provitamine A, intéressante au Cameroun où une partie de la population souffre de déficience en vitamine A (Dong *et al*., 2017 ; Engle-Stone et al., 2017 ; Oguntibeju *et al*., 2009). Les HPR artisanales contiennent également des isomères de vitamine E (180-790 mg/g), dont de fortes proportions de tocotriénols, molécules possédant à la fois des propriétés antioxydantes, anticancéreuses et cardioprotectrices (Agostini-Costa, 2018). Il est important de souligner que toutes les huiles prélevées présentaient des indices de peroxyde faibles (< 10 meq oxygène actif/kg ; valeur moyenne = 2,8), c'est-à-dire des indices d'oxydation bien inférieurs aux seuils maximaux spécifiés dans le *Codex alimentarius* (WHO, 2019).

Les teneurs en acides gras libres des 32 huiles rouges artisanales s'échelonnaient entre 4,0 g et 35,1 g/100 g (9,0 g/100 g ± 7,3). Seuls dix échantillons présentaient une teneur en acides gras libres inférieure à 5 g/100g. La majorité d'entre eux (16 huiles) avaient une teneur comprise entre 5 g et 10 g/100 g. Six autres échantillons présentaient une valeur supérieure à 10 g/100 g, leur teneur en acides gras libres avoisinant alors les 20 g/100 g, avec un échantillon présentant une valeur de 35,1 g/100 g. Ces huiles très acides avaient été extraites de fruits trop mûrs, stockés pendant 14 jours, ou de fruits gardés pendant six jours dans des sacs, ou de fruits stockés entre trois et six jours dans des sacs et sous la pluie. À titre de comparaison, pour une HPR industrielle, une teneur en acides gras libres supérieure à 5 g/100 g est synonyme d'une baisse de qualité alimentaire selon les organisations internationales (WHO, 2019). La littérature ne relate pas de toxicité avérée des acides gras libres. Concernant les HPR artisanales avec une forte teneur en acides gras libres, il serait pertinent d'étudier les effets sur la lipémie post-prandiale et les conséquences métaboliques de la présence de grandes quantités d'acides gras libres dans le bolus avant toute action des lipases digestives.

⏩ Approvisionnement en huile de palme artisanale et industrielle et pratiques commerciales à Yaoundé

L'HPR issue des huileries industrielles et artisanales parvient aux consommateurs à travers une chaîne d'approvisionnement qui inclut le transport, l'emballage et de possibles mélanges d'huiles dans des récipients variables selon le volume et le matériel. Cette chaîne d'approvisionnement concerne les producteurs d'huile qui vendent directement dans leurs huileries ou dans les marchés environnants (uniquement pour les huileries artisanales), ainsi que les grossistes, les semi-grossistes et les détaillants des petites boutiques et des marchés de Yaoundé (figure 9.2)

Le gouvernement a fixé le prix de gros pour l'HPR industrielle (en 2016 : 536 F CFA le litre, TTC), incluant 20 % de taxe. Le prix de l'HPR artisanale fluctue avec la saison autour d'une moyenne de 500 F CFA par litre hors taxe. Les grossistes apprécient la stabilité de la qualité et du prix de l'HPR industrielle, tandis qu'ils critiquent la qualité imprévisible de l'HPR artisanale.

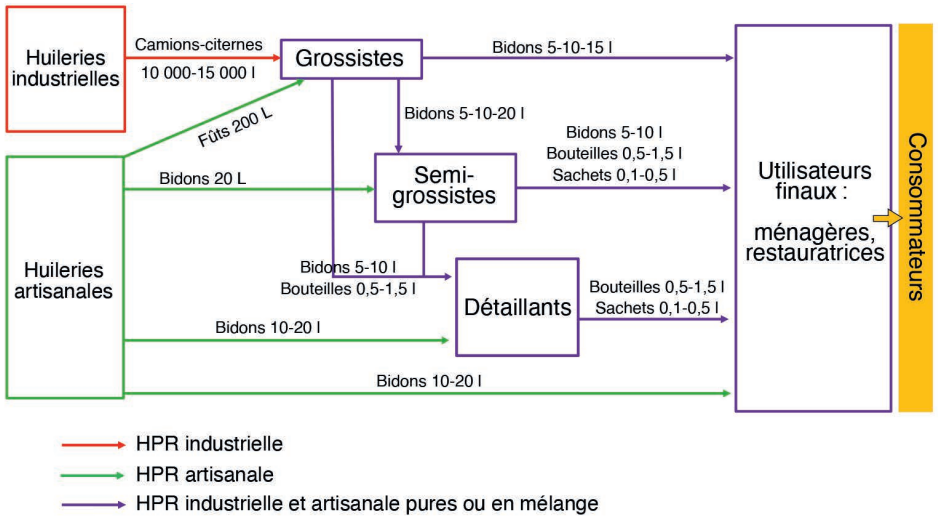

Figure 9.2. Chaîne d'approvisionnement de l'HPR industrielle et artisanale depuis les huileries industrielles et artisanales jusqu'aux consommateurs à Yaoundé (d'après Rébéna, 2016).

Les grossistes, les semi-grossistes et les détaillants mélangent parfois les HPR artisanales et industrielles ; les consommateurs ont ainsi l'habitude d'acheter ces huiles pures ou en mélange.

Même si les HPR industrielles et artisanales et leurs mélanges ont une apparence similaire, la qualité peut être extrêmement variable. Les grossistes, les détaillants, les petits boutiquiers de quartier et des marchés, de même que les acheteurs utilisent tous différents noms pour décrire l'HPR : huile rouge, huile artisanale, huile industrielle et huile de palme rouge sont des noms génériques ; ils offrent cependant très peu d'information sur les caractéristiques d'une huile donnée. D'autres noms courants sont : « huile Bassa » (en référence à la région d'origine du peuple Bassa), « huile Dizangue » (selon le nom de la ville de production), « huile du village », « huile Socapalm » (d'après la société agro-industrielle) et « huile Mulapalm » (en référence à une huile fluide fractionnée qui était vendue sous cette marque et conditionnée en bouteille d'un litre par la Socapalm). Ces noms sont presque toujours basés sur l'origine de l'huile, considérée comme un critère de qualité, mais la définition et la signification exacte de ces noms fluctuent significativement. Les vendeurs ont aussi leurs vocabulaires spécifiques, tels qu'« huile de premier choix », « huile de taro » (car utilisée pour une sauce spécifique qui accompagne le taro) et « tête d'huile ». Les ménagères et les restauratrices ont aussi leurs vocabulaires : « huile brute », « huile traditionnelle », « huile lourde », « huile fluide » et « huile pour la sauce jaune ». Malgré cette profusion de noms, les acheteurs et les vendeurs s'accordent sur l'existence de trois types d'HPR basés sur la couleur et la texture (figure 9.3).

L'huile reconnue comme « huile homogène » est régulièrement agitée ou secouée par les vendeurs dans un fût métallique (le plus souvent) de 200 litres pour éviter la séparation en phase. Chaque acheteur récupère ainsi une portion de l'HPR homogène, la partie supérieure du fût n'étant ainsi pas récupérée par les premiers acheteurs, au détriment de la partie solide qui serait réservée aux derniers clients.

Les vendeurs peuvent aussi diviser l'HPR en une portion principale fluide vendue à un prix légèrement plus élevé que l'huile homogène, et une portion secondaire semi-solide vendue à un prix plus bas. En valeur absolue, selon les vendeurs, les prix de l'huile homogène et de l'« huile deux phases » varient de plus de 100 % selon le nombre de revendeurs, la qualité de l'huile et la saison.

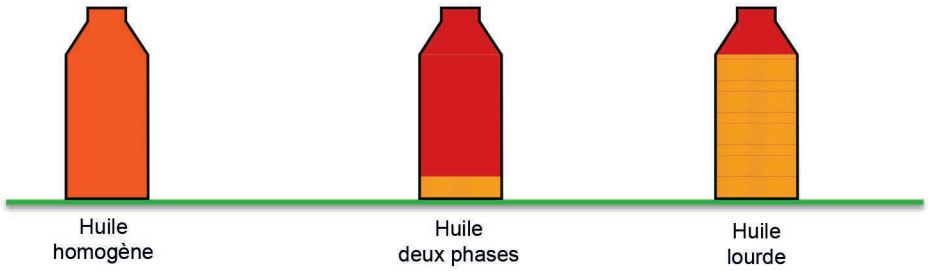

Figure 9.3. Trois types d'HPR sont vendus sur les marchés et les petites boutiques à Yaoundé (d'après Rébéna, 2016).

L'« huile homogène » est rouge orangée, légèrement opaque et de texture épaisse. L'« huile deux phases » est majoritairement translucide, très rouge et liquide pour la phase supérieure, et minoritairement opaque, orange pale et semi-solide au fond de la bouteille. L'« huile lourde » contient les mêmes phases que l'« huile deux phases » en proportion inversées.

⏩ HPR : critère de choix, stratégie d'achat et consommation à Yaoundé

Les consommateurs de Yaoundé achètent de l'HPR en bidon de 20 litres directement dans les huileries artisanales lors de leurs voyages dans les zones de production. À Yaoundé, ils achètent de l'HPR auprès de grossistes, de semi-grossistes et de détaillants en bidons de 5 litres à 10 litres, en bouteilles plastiques de 0,5 litre à 1 litre, ou en sachet plastique pour un seul plat. Les volumes achetés dépendent de leur stratégie de stockage, de leur consommation, de leur région d'origine et de leur niveau de vie.

Des enquêtes menées en 2016 auprès de 124 ménages et 29 petits restaurants de Yaoundé (Rébéna *et al*., 2019) ont révélé que :
– les consommateurs achètent de l'HPR artisanale et industrielle, pure ou en mélange, et dans les trois états présentés en figure 9.3 ;
– parfois, à la maison après décantation, ils séparent l'huile homogène en « huile lourde » pour certains plats (par exemple sauce jaune) et en huile deux phases pour d'autres usages culinaires ;
– la consommation d'HPR a diminué comparativement à de précédentes enquêtes, mais elle représente toujours 34 % de la consommation totale d'huile alimentaire (consommation moyenne de 0,48 l/mois/capita) ;
– d'un ménage à l'autre, les usages et la consommation varient fortement (0 l à 3 l/mois/capita) selon leur profil socio-économique et leur origine ethnique.

Les critères d'achat de l'HPR reposent sur l'apparence de l'huile (couleur, texture, odeur et goût), les usages prévus, les consommateurs choisissant une huile plutôt fluide ou semi-solide selon les plats à préparer, la confiance des consommateurs vis-à-vis de revendeurs connus ou de l'origine de l'huile (le village où elle a été extraite), et le prix de vente (pour certains consommateurs, une HPR de qualité est toujours plus chère).

D'autres critères de qualité, tels que la stabilité de l'huile à la haute température (friture) qui ne doit pas dégager de fumée pour être considérée de bonne qualité, ou la fraîcheur des fruits du palmier lors de l'extraction, ou encore la composition de l'HPR (industrielle ou artisanale), ne sont généralement pas présents dans les petites boutiques et sur les étals des marchés.

Les ménagères et les restauratrices achètent les types d'HPR suivants par quantités décroissantes :

– de l'huile homogène à un prix moyen de 690 F CFA/l (de 450 F à 1000 F CFA/l), achetée par les consommateurs originaires de toutes les régions ;

– de l'huile deux phases à un prix moyen de 670 F CFA/l (de 450 F à 1000 F CFA/l), achetée préférentiellement par les consommateurs originaires des trois régions du Nord ;

– de l'huile lourde à un prix moyen de 590 F CFA/l (de 500 F à 750 F CFA/l), achetée préférentiellement par les consommateurs originaires des régions Ouest, Nord-Ouest et Sud-Ouest.

À titre comparatif, le prix moyen en boutique d'une bouteille d'huile de palme raffinée d'un litre avoisine les 1200 F CFA.

Les consommateurs de Yaoundé achètent de l'HPR auprès de semi-grossistes lorsqu'ils veulent stocker et auprès de détaillants pour un usage immédiat. Les ménages aisés et les gros consommateurs d'HPR achètent davantage en quantité importante auprès de grossistes ou directement dans les huileries artisanales. Les personnes installées depuis moins de huit ans à Yaoundé maintiennent des liens avec leur village d'origine. De ce fait, elles reçoivent en cadeau de leur famille vivant toujours au village des bidons de 20 litres d'HPR ou en achètent directement dans des huileries artisanales du village. L'HPR artisanale de leur village est pour ces personnes une garantie de qualité. Les femmes originaires des trois régions du nord du Cameroun utilisent moins d'HPR que les autres. Elles achètent ainsi de l'HPR pour des usages occasionnels, auprès de détaillants ou de semi-grossistes, en petites quantités. Généralement, les consommateurs achètent de l'HPR auprès de vendeurs connus et de confiance. Lorsque ce n'est pas possible, ils achètent en petites quantités afin de réduire le risque d'achat d'une HPR de piètre qualité.

La consommation moyenne d'HPR de 0,48 l/mois/capita couvrirait les apports recommandés par les agences internationales de santé, en provitamines A et en vitamines E. Cependant, la consommation d'HPR varie de 0 l à 3 l/mois/capita entre les ménages selon leurs habitudes alimentaires en lien avec leur région d'origine. La consommation d'HPR est particulièrement basse chez les populations originaires des trois régions du nord du Cameroun, qui sont aussi les plus sujettes aux déficiences en vitamine A.

HPR : un ingrédient principal des plats locaux

Nos enquêtes révèlent que les femmes vivant à Yaoundé connaissent en moyenne 3,8 recettes (de 0 à 9) avec de l'HPR (Rébéna *et al.*, 2019). Les femmes cuisinent de 0 à 44 plats avec de l'HPR par mois (11 en moyenne). Le nombre de recettes avec de l'HPR connues par une femme est proportionnel à la consommation par personne du ménage, pour une région d'origine donnée. Ce nombre est le plus élevé pour les femmes originaires des régions où le palmier à huile est endémique. Inversement, pour les femmes originaires des trois régions du nord du Cameroun où il n'y a pas de palmier à huile, les nombres de recettes connues et de plats avec de l'HPR réalisés par mois sont les plus faibles. En revanche, les femmes originaires des régions Centre, Sud-Ouest et Nord-Ouest préparent en moyenne 16 plats avec de l'HPR par mois (figure 9.4). Ces résultats illustrent la grande diversité de pratiques culinaires des femmes de notre échantillon.

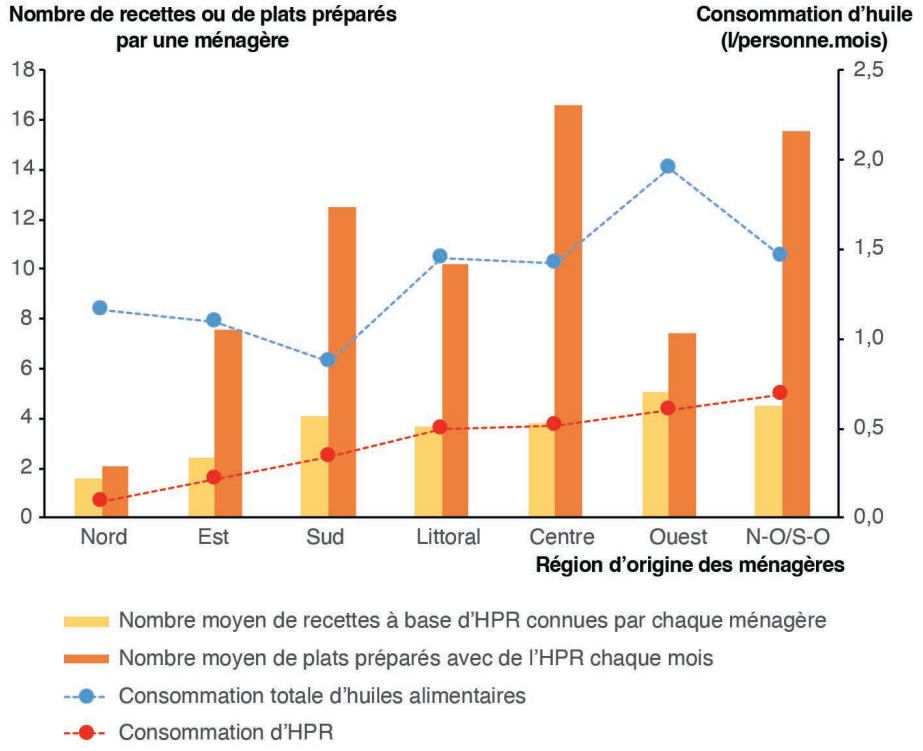

Figure 9.4. Utilisations de l'HPR par les ménagères de Yaoundé selon leur région d'origine.

Les femmes de plus de 46 ans, nées à Yaoundé ou dont le ménage comporte de 10 à 16 personnes, déclarent les consommations mensuelles les plus élevées d'HPR par personne. La raison principale de cette forte consommation repose sur son prix très compétitif par rapport aux autres huiles. Les femmes plus jeunes consomment moins d'HPR que leurs mères du fait qu'elles ont tendance à la remplacer par d'autres huiles.

Les femmes de Yaoundé ont l'habitude de cuisiner avec de l'HPR, de l'huile de palme raffinée ou avec plusieurs huiles (figure 9.5). Certaines femmes chauffent l'HPR à haute température jusqu'à ce que sa couleur devienne très claire. Ce traitement par la chaleur dégrade les caroténoïdes et d'autres antioxydants, provoque des pertes d'acides gras essentiels et produit des composés néoformés toxiques. Cette HPR surchauffée, appelée « huile blanchie », est préparée et utilisée lorsque la couleur rouge foncé de l'HPR est considérée comme un défaut pour la présentation des plats cuisinés (surtout pour les fritures et les sauces).

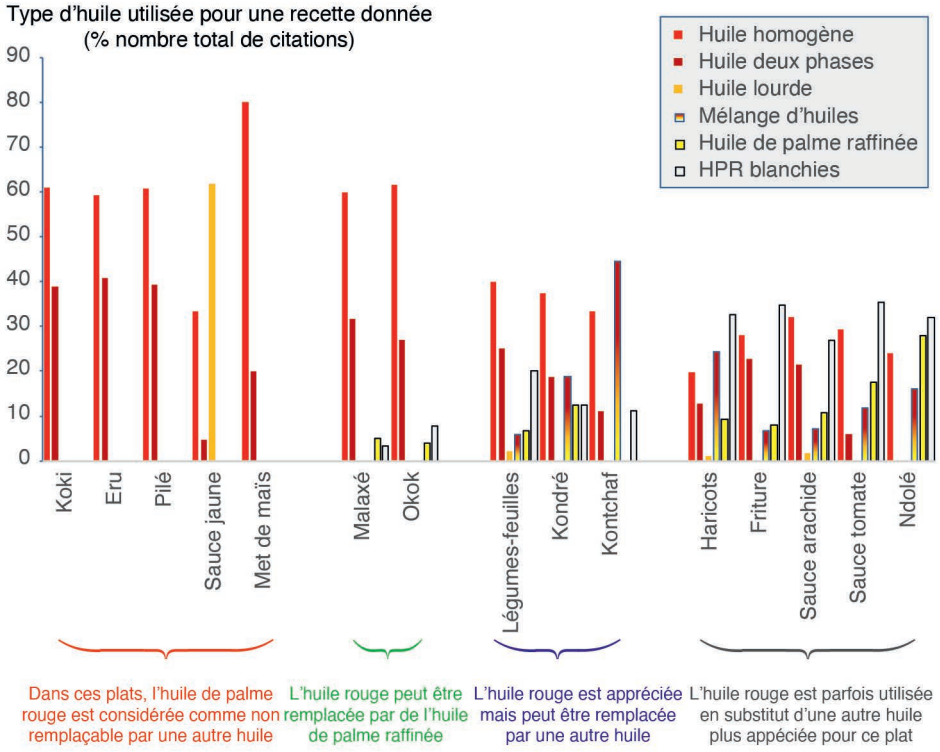

Figure 9.5. Plats dans lesquels de l'HPR est utilisée et, pour chaque plat, pourcentage du nombre de citation de chaque type d'huile (repris de Rébéna, 2016).

Selon le met concerné, l'HPR est soit irremplaçable, soit remplaçable par une autre huile si besoin, soit appréciée mais facilement remplaçable, soit utilisée comme substitut d'une autre huile plus adéquate.

Trois éléments majeurs expliquent les choix d'usage entre HPR et huile de palme raffinée :

– les habitudes alimentaires familiales sont reproduites au sein des ménages ;

– le choix repose sur les propriétés culinaires recherchées pour le plat à préparer : goûts, couleur désirée (jaune ou rouge) et texture (un plat à l'HPR doit être suffisamment chaud pour garder la sauce fluide ; une bonne sauce jaune dépend de la capacité de l'HPR à stabiliser l'émulsion moussante) ;

– l'HPR est choisie car c'est la plus économique, son prix est environ la moitié de celui de l'huile de palme raffinée, l'huile lourde étant la moins chère. Elle peut alors être blanchie si sa couleur rouge ne convient pas pour un plat.

Les fortes teneurs en acides gras libres dans les HPR artisanales et la présence de phase semi-solide facilitent la formation d'émulsions stables répondant ainsi aux attentes des consommateurs pour certains plats locaux comme la sauce jaune. Les acides gras libres contribuent à la détection en bouche des caractéristiques sensorielles des graisses (Poette *et al*., 2013), participant ainsi au goût typique des plats locaux. Un panel de dégustateurs a récemment évalué des sauces jaunes préparées à partir d'HPR ayant différents indices d'acidité. Le panel a préféré les plats préparés avec l'indice d'acidité le plus élevé (environ 16 mg KOH/g d'huile), équivalent d'une teneur en acides gras libres d'environ 7 g d'acide palmitique/100 g d'huile. Un niveau maximum d'acceptabilité reste cependant à déterminer.

⏩ Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit la filière d'huile de palme artisanale au Cameroun et mis en évidence des liens entre les équipements et les pratiques des artisans, les caractéristiques physicochimiques et nutritionnelles de l'HPR, ses critères d'achat et son utilisation dans les pratiques culinaires des ménages à Yaoundé. Cette filière englobe une grande variété d'acteurs, de procédés, de critères marchands, de types et d'usages d'HPR. Le développement de ce secteur artisanal constituerait une opportunité pour le développement de l'entreprenariat local avec des intérêts économiques, nutritionnels et anthropologiques, tout en préservant les cultures locales.

Une conclusion essentielle est que l'HPR, quel que soit son type, présente un intérêt nutritionnel pour les consommateurs locaux en raison de sa richesse en provitamine A, micronutriment d'intérêt pour la santé publique au Cameroun. L'HPR est aussi caractérisée par une composition en acides gras équilibrée. Sa consommation à la place de l'huile de palme raffinée serait ainsi à encourager au sein de toute la population, avec des messages spécifiques ciblant ceux qui ne l'utilisent pas traditionnellement, c'est-à-dire les populations originaires des trois régions du nord du Cameroun et les plus jeunes qui ont tendance à abandonner sa consommation. Des recettes simples et abordables pourraient également être diffusées auprès de ces populations.

L'intérêt culinaire de l'HPR pour les plats traditionnels africains repose sur le fait qu'elle est irremplaçable pour son goût, sa couleur, sa flaveur et sa texture (Lamine, 2006). L'HPR artisanale contient souvent des teneurs en acides gras libres supérieures aux normes internationales, mais ces niveaux élevés participent probablement à la construction de la flaveur et de la texture recherchées dans les plats typiques tels que la sauce jaune. Nos travaux permettent de proposer des recommandations pour limiter la teneur en acides gras libres des huiles et éviter la perte en vitamines E et A des HPR, tout en maximisant les rendements d'extraction et en facilitant l'égrappage des fruits. Les artisans transformateurs devraient stocker les régimes de fruits dans un environnement peu humide et traiter les fruits dans les cinq jours qui suivent la récolte au plus tard. À noter qu'un traitement dans les trois jours après récolte produit une HPR avec une teneur en acides gras libres respectant les critères internationaux de qualité à l'export.

La diversité du matériel végétal et les types des fruits qui en résultent (*tenera* et *dura* sélectionnés, *dura* sauvage), mais aussi les conditions d'extraction de l'huile, conduisent à une production d'HPR artisanales présentant un large spectre de propriétés culinaires et sensorielles. Un défi majeur auquel sont confrontés les utilisateurs finaux de l'HPR (ménagères et restauratrices) est le manque d'information sur la qualité et les usages des différentes HPR présentes sur le marché.

Il est nécessaire d'accompagner les artisans transformateurs, et plus largement les acteurs du secteur artisanal, pour produire et commercialiser des HPR de qualité, notamment par la promotion d'une segmentation des marchés, *via* l'émergence de labels qui distinguent les huiles entre elles. Cela nécessite une identification claire de nouveaux critères qualitatifs basés sur des données objectives, des noms locaux ou des labels commercialement reconnus, ainsi que sur l'affichage des recommandations d'usage (par exemple huile lourde, recommandée pour la sauce jaune). Il reste à objectiver les caractéristiques optimales (par exemple, type de fruits traités, teneur en acides gras libres, rapport phase liquide/solide) et les conditions de transformation pour obtenir une HPR adaptée à l'élaboration de préparations culinaires spécifiques.

En perspective, certains aspects du développement élaeicole nécessitent d'être abordés :
– les impacts environnementaux spécifiques à la production artisanale d'HPR : déforestation associée à l'expansion des huileries artisanales (Ordway *et al*., 2019), utilisation d'intrants agricoles (faible), approvisionnement en eau et utilisation de la biomasse énergie (bois de chauffage, fibres, coque des noix), traitement des effluents (inexistant dans les huileries artisanales mais disponible dans les huileries industrielles) ;
– la productivité des huileries artisanales qui n'extraient qu'environ deux tiers de l'huile contenue dans les fruits ;
– les conditions sociales, la santé et la sécurité au travail ;
– la sécurité sanitaire des produits à base de HPR artisanale : évaluation des contaminants provenant de l'environnement, des procédés et de l'emballage (composés néoformés, composés issus des matériaux en contact avec l'huile).

Remerciements

Nous sommes très reconnaissants aux artisans, aux ménagères et aux restauratrices qui ont accepté avec une grande gentillesse de participer à nos enquêtes. Nous souhaitons également remercier l'université de Yaoundé pour avoir mis à notre disposition ses installations ainsi que l'ensemble du personnel permanent et des étudiants de nos institutions qui ont été impliqués dans ce projet.

Le financement reçu d'INRAE, du Cirad et de l'ambassade de France à Yaoundé a permis la réalisation du projet QualiPalm-GloFoodS.

Plusieurs étudiants en thèse et en Master ont participé à ces travaux de recherche : Doris Nanda a contribué à tous les résultats, Agathe Rébéna aux enquêtes, Nadia Manoucha Mayougang Saniko, Blaise Kuagny, Anthony Messiadi et Danièle Tope

aux analyses en laboratoire (physico-chimiques et sensorielles). Albert Flori du Cirad a contribué à la stratégie d'échantillonnage et à l'analyse statistique. L'expertise scientifique et technique de Pierre Villeneuve et de Nathalie Barouh de l'UMR IATE – Cirad/INRAE, et de Michèle Viau, Lucie Ribourg et Elisabeth David-Briand de l'UR 1268-BIA – INRAE a contribué substantiellement à la qualité des résultats analytiques.

Références bibliographiques

Agostini-Costa, T. S. (2018). Bioactive compounds and health benefits of some palm species traditionally used in Africa and the Americas – A review. *Journal of Ethnopharmacology*, *224*, 202–229. https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.05.035

Ambagna, J. J., Dury, S. (2016). De la disponibilité à la consommation alimentaire : analyse des évolutions de la consommation alimentaire à l'échelle nationale et des ménages au Cameroun. 10e Journées de Recherches en Sciences Sociales. 8–9 December 2016, Paris, France. https://www.sfer.asso.fr/source/jrss2016-papers/jrss2016_ambagna.pdf

Curry, G. N., Nake, S., Koczberski, G., Oswald, M., Rafflegeau, S., Lummani, J., Peter, E., Nailina, R. (2021). Disruptive innovation in agriculture: Socio-cultural factors in technology adoption in the developing world. *Journal of Rural Studies*, *88*, 422–431. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.022

Dong, S. N., Xia, H., Wang, F., Sun, G. J. (2017). The effect of red palm oil on vitamin A deficiency: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*, *9*(12), 1281. https://doi.org/10.3390/nu9121281

Engle-Stone, R., Perkins, A., Clermont, A., Walker, N., Haskell, M. J., Vosti, S. A., Brown, K. H. (2017). Estimating lives saved by achieving dietary micronutrient adequacy, with a focus on vitamin A intervention programs in Cameroon. *Journal of Nutrition; Supplement: Nutrition modelling in the lives saved tool (LiST)*, *147*(11), 2194S–2203S. https://doi.org/10.3945/jn.116.242271

Hayes, K. C., Khosla, P. (2007). The complex interplay of palm oil fatty acids on blood lipids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *109*(4): 453–464. https://doi.org/10.1002/ejlt.200700005

Lamine, C. (2006). La « résistance » de l'huile rouge. *Journal des anthropologues*, 106–107. https://doi.org/10.4000/jda.1341

May, C. Y., Nesaretnam, K. (2014). Research advancements in palm oil nutrition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *116*(10), 1301–1315. https://doi.org/10.1002/ejlt.201400076

Nanda, D., Kansci, G., Rafflegeau, S., Bourlieu, C., Ngando Ebongue, G., Genot, C. (2020). Impact of post-harvest storage and freezing of palm fruits on the extraction yield and quality of African crude palm oil extracted in the laboratory. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, *27*(52). https://doi.org/10.1051/ocl/2020046

Nansseu, J. R., Noubiap, J. J., Bigna, J. J. (2019). Epidemiology of overweight and obesity in adults living in Cameroon: A systematic review and meta-analysis. *Obesity*, *27*(10), 1682–1692. https://doi.org/10.1002/oby.22566

National Institute of Statistics (Cameroon), ICF (2020). Nutritional status. *In* 2018 Cameroon DHS Summary Report, p. 11. NIS and ICFRockville, Maryland. https://microdata.worldbank.org/index.php/catalog/3717/related-materials

Ngando Ebongue, G. F., Mpondo Mpondo, E. A., Dikotto Ekwe, E. L., Koona P. (2011). Assessment of the quality of crude palm oil from smallholders in Cameroon. *Journal of Stored Products And Postharvest Research*, *2*(3), 52–58.

Ndjogui, T. E., Nkongho, R. N., Rafflegeau, S., Feintrenie, L., Levang, P. (2014). Historique du secteur palmier à huile au Cameroun. CIFOR, Jakarta. https://doi.org/10.17528/cifor/004789

Oguntibeju, O. O., Esterhuyse, A. J., Truter, E. J. (2009). Red palm oil: nutritional, physiological and therapeutic roles in improving human wellbeing and quality of life. *British Journal of Biomedical Science*, *66*(4), 216–222. https://doi.org/10.1080/09674845.2009.11730279

Ordway, E. M., Naylor, R. L., Nkongho, R. N., Lambin, E. F. (2019). Oil palm expansion and deforestation in Southwest Cameroon associated with proliferation of informal mills. *Nature Communications*, *10*, 114. https://doi.org/10.1038/s41467-018-07915-2

Poette, J., Mekoué, J., Neyraud, E., Berdeaux, O., Renault, A., Guichard, E., Genot, C., Féron, G. (2013). Fat sensitivity in humans: oleic acid detection threshold is linked to saliva composition and oral volume. *Flavour and Fragrance Journal*, *29*(1), 39–47. https://doi.org/10.1002/ffj.3177

Poku, K., 2002. Small-scale palm oil processing in Africa. FAO Agricultural Services Bulletin, Rome. https://www.fao.org/3/Y4355E/Y4355E00.htm

Rafflegeau, S., Nanda, D., Genot, C. (2018). Artisanal mills and local production of palm oil by smallholders. *In* Rival, A. (Ed.), *Achieving Sustainable Cultivation of Oil Palm. Vol. 2: Diseases, Pests, Quality and Sustainability.* Chapter 18. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. https://doi.org/10.19103/AS.2017.0018.36

Rafflegeau, S., Ndigui, B. (2001). Synthèse d'enquêtes agro-économiques réalisées dans une centaine d'exploitations élaeicoles au Cameroun. MINREST, Yaoundé. https://agritrop.cirad.fr/484374/

Rébéna, A. (2016). Consommation, perception et utilisations de l'huile rouge des ménagères et restauratrices de Yaoundé [Mémoire de fin d'études, Agro-développement international, ISTOM, Cergy-Pontoise]. http://agritrop.cirad.fr/585186/

Rébéna, A., Rafflegeau, S., Kansci, G., Nanda, D., Genot C. (2019). Enquêtes sur la consommation, la perception et les utilisations de l'huile de palme rouge chez les ménagères et restauratrices de Yaoundé, Cameroun. *Cahiers Agricultures*, *28*(27). https://doi.org/10.1051/cagri/2019027

WHO (2019). Codex Alimentarius Standards for named vegetable oils CXS 210-1999 Adopted in 1999. Revised in 2001, 2003, 2009, 2017, 2019. Amended in 2005, 2011, 2013, 2015, 2019. https://www.codexalimentarius.org

Partie 5

L'agroécologie pour promouvoir des chaînes de valeur résilientes

Chapitre 10

Ni tout à fait lui-même, ni tout à fait un autre : regards socio-économique et géographique sur la diversité et la résilience dans la transition agroécologique

Geneviève Teil, Sylvie Lardon

La compréhension générale de la durabilité est assez restrictive et traite principalement de l'épuisement des ressources et des matières premières. Ce chapitre adopte une vision plus globale en se concentrant sur le rôle de la diversité dans la résilience ou la perpétuation d'une activité de production. Bien que guidé par les données empiriques de deux projets de terrain, il est davantage une invitation à la réflexion qu'un rapport de terrain détaillé.

En écologie, la diversité est une caractéristique recherchée ; elle est même considérée comme une garantie de la durabilité des écosystèmes. Les systèmes écologiques insuffisamment diversifiés seraient fragiles : incapables de réorganiser un fonctionnement complexe pour s'adapter, ils seraient trop sensibles à des changements, durables ou non, survenant en leur sein.

Étonnamment, l'analyse des systèmes économiques semble plutôt faire un diagnostic inverse, même si, à en croire Karpik (2007), la singularité, autrement dit l'existence d'une multiplicité de biens, de services et de fournisseurs de services d'une qualité un peu différente dans une même catégorie, comme les vins, les restaurants, les avocats, les médecins, les films ou les romans, resterait un relatif impensé de l'économie. L'économie néoclassique, qui s'est penchée sur les conditions d'une concurrence saine, s'est beaucoup préoccupée du rôle de l'information sur la qualité pour une bonne identification des produits : la diversité des biens ne se justifie que dans la mesure où elle permet un meilleur ajustement des produits à des préférences et des attentes fines et diversifiées des consommateurs. Elle est toujours limitée par les coûts inutiles et les problèmes d'information qu'elle induit. Une qualité, autrement dit une identité bien définie, est donc un atout des biens marchands, là où la variabilité et la diversité sont sources de confusion et de dysfonctionnements.

L'analyse des systèmes géographiques est moins tranchée. Les travaux sur la résilience des territoires insistent à la fois sur l'enracinement territorial, l'identité et les savoir-faire locaux, d'un côté, et sur l'ouverture à d'autres territoires, la connexion entre les différentes échelles, la capacité de transformation et d'innovation des acteurs, de l'autre (Gasselin *et al.*, 2021).

La diversité et l'identité sont-elles deux clefs, éventuellement antinomiques, d'une résilience curieusement écologique ou économique ? Ce chapitre propose d'examiner cette question à partir de deux recherches internationales[13] menées dans le cadre du métaprogramme GloFoodS du Cirad et de l'Inra (désormais INRAE), en 2015-2017. Le premier regard, socio-économique, revient sur une accusation portée par des fromagers : ils dénoncent la standardisation de la production fromagère induite par les normes sanitaires, et tout particulièrement la pasteurisation des laits. Le second regard, géographique, se tourne vers l'hybridation, une forme originale d'articulation de l'identité et de la diversité pour s'adapter aux changements dans les territoires (Gasselin *et al.,* 2020). Dans ces deux cas, la résilience est analysée non comme la conséquence d'une caractéristique acquise ou intrinsèque, mais plutôt comme le résultat de régimes d'action dotés de leurs modes de calcul et d'organisation, et de leurs ressources propres.

⏩ La pasteurisation, une technique de contrôle et d'optimisation

Comme l'a montré Johann Heinrich von Thünen (1851 [1826]), l'économie de la production et de la transformation laitière est fortement spatialisée. Les bactéries qui se développent dans le lait une fois trait l'acidifient et le rendent impropre à la consommation. Elles obligent donc les producteurs à s'implanter près des lieux de consommation. Différents processus de transformation en fromage[14] permettent aux élevages laitiers de se soustraire à ces contraintes et de s'installer sur des terres à moindre pression foncière, à condition d'effectuer la transformation des laits en fromage localement (Vatin, 1997). Néanmoins, le problème ressurgit dès qu'un opérateur décide de collecter des laits pour la fabrication fromagère : elle doit avoir lieu rapidement, avant que les bactéries ne se multiplient trop, faisant cailler le lait. La dispersion des exploitations et la vitesse des transports ont ainsi traditionnellement déterminé la concentration de la production fromagère au sein d'unités coopératives ou industrielles.

En 1810, Nicolas Appert montre que le chauffage des laits améliore leur conservation. Un peu plus tard, Louis Pasteur conçoit la pasteurisation, un chauffage qui détruit une partie de la flore microbienne des laits. Cette stérilisation partielle permet de les conserver plus longtemps et donc d'élargir les bassins de récolte. La destruction, même partielle, des écosystèmes microbiens locaux des laits réduit aussi leur diversité. Les techniques de chauffage, en particulier la pasteurisation, présentent donc deux

13. Les terrain d'étude étaient situés en France, en Italie, en Australie, au Brésil, au Maroc et en Inde.
14. Le lait peut aussi être transformé en beurre et en babeurre, comme en Bretagne.

avantages pour l'industrialisation de la fabrication des fromages : des économies d'échelle et une plus grande maîtrise de la production grâce à l'homogénéisation de la qualité des laits.

La pasteurisation, qui s'est diffusée dans le monde au cours de la première moitié du xx^{e} siècle, a ainsi soutenu la concentration de la production fromagère et également l'émergence d'une industrie de la culture des ferments fromagers. En effet, pour pallier la destruction d'une bonne partie de la flore nécessaire à la transformation en fromage, il est nécessaire d'ensemencer les laits à partir de souches microbiennes cultivées pour les faire cailler, et surtout pour affiner les fromages. Ce réensemencement présente cependant un grand avantage : celui d'un contrôle encore accru du processus de transformation. En effet, l'extension des bassins de récolte réduit déjà la variabilité des approvisionnements du fait du mélange des laits collectés. Cette homogénéisation est ensuite renforcée par le chauffage qui détruit partiellement les flores microbiennes et réduit ainsi leur variabilité. La plus grande régularité de la production qui en résulte permet d'appuyer la production sur une stratégie de marketing particulière : le consommateur sait ce qu'il achète, le produit industriel est un produit conforme à une identité prédéfinie.

La fabrication traditionnelle des fromages effectuée sur le lieu de l'exploitation et qui ne recourt pas à la pasteurisation utilise de son côté d'autres techniques de contrôle de la transformation fromagère. Elle s'appuie, contrairement à l'organisation industrielle, sur les écosystèmes microbiens des laits. Le repiquage, qui consiste à prélever un peu du petit-lait de la veille pour ensemencer la production du jour suivant, permet d'entretenir une flore laitière locale et d'en limiter les variations, tout comme les instruments en bois qui facilitent le développement des flores fromagères et assurent leur réensemencement de lot en lot. Les caves d'affinage, ensuite, abritent des écosystèmes microbiens complexes qui contribuent à orienter et à cadrer le vieillissement des fromages. Enfin, l'entretien des installations de transformation proscrit les nettoyages agressifs afin de ne surtout pas détruire les écosystèmes qui assurent la qualité finale des fromages. La sensibilité des écosystèmes aux conditions environnementales et à leur milieu favorise aussi la diversité au sein de la production régionale, entre les productions de chaque exploitation mais aussi à l'intérieur de chacune, selon les saisons notamment. Cette production artisanale s'appuie donc sur une autre organisation marchande, où l'identité des produits laisse la place à une certaine variabilité.

La coexistence de ces deux modes d'organisation de la production a été perturbée par le durcissement progressif des normes d'hygiène. Dans certains pays, États-Unis et Australie notamment, la production de fromage au lait cru a été interdite[15], sauf s'ils sont affinés pendant plus de 60 jours, délai à partir duquel le développement de pathogènes ne semble plus à craindre. En deçà de ce délai, outre le chauffage des laits, les normes obligent à un contrôle drastique de toute source potentielle de contamination. Le repiquage qui contrevient à la stricte séparation des lots est interdit. Les procédures de nettoyage sont renforcées, et tous les procédés de fabrication utilisant des matériaux difficiles à nettoyer, comme le bois, sont prohibés au profit de

15. L'interdiction du lait cru a débuté dans les années 1920 à Milwaukee et s'est progressivement étendue à d'autres pays. Elle est devenue effective dans tous les États américains en 1987.

l'inox et du plastique. Au gré des traités commerciaux entre États, ces normes se sont étendues au Brésil par exemple, où, comme le montrent Ferreira et Ferreira (2013), la planche en bois sur laquelle s'égouttent les caillés des fromages a été remplacée par une table en ardoise qui perturbe leur fabrication et en altère le goût.

L'interdiction du lait cru a longuement animé les négociations internationales à l'Organisation mondiale du commerce (OMC) ; mais la Communauté économique européenne s'y est opposée (ECC, 1992) au prix de l'adoption de règles HACCP[16], d'un renforcement des tests de contrôle sanitaire ciblés sur les pathogènes, *Listeria*, *Salmonella* et *Staphylococcus aureus*, dont les seuils de tolérance n'ont cessé de baisser, ainsi qu'*Escherichia coli*. On comprend donc que les fromagers du « système lait cru » se plaignent de la rigueur des normes sanitaires qui ruinent leurs savoir-faire avec les microbes. Ils demandent l'allégement de cette pression sanitaire jugée inadaptée à leur système de production, mais aussi contre-productive. Montel *et al*. (2012) ont ainsi montré que les techniques traditionnelles, les instruments en bois tout particulièrement, loin d'ouvrir la porte aux contaminations et aux pathogènes, constituaient d'excellents remparts contre *Listeria* notamment.

Mais il ne faudrait pas conclure trop rapidement à une opposition entre un mode de production artisanal diversifié et un autre industriel standardisé ; les deux modes de production organisent différemment l'articulation entre homogénéité et diversité.

L'étroite stabilisation industrielle de la production

La diversité fromagère a-t-elle disparu dans les pays qui rendent la pasteurisation obligatoire ? Comment, tels l'âne de Buridan de Cochoy (2002), ne pas être saisi par l'extrême différenciation de la production industrielle dans les linéaires de vente des supermarchés états-unien et australiens ! Certes, la variété des ferments d'affinage est limitée, mais elle structure la production internationale autour de quelques types de fromages qui croisent trois grandes familles de lait – vache, chèvre et brebis –, avec des fromages à pâte molle et à croûte fleurie ou lavée, des pâtes pressées chauffées ou non, et des fromages à pâte persillée, les bleus. Dans chaque catégorie, les différences subsidiaires sont plutôt localisées à l'aval de la production : durée de vieillissement, ajout d'ingrédients aromatiques (poivre, poivrons, épices, etc.), variations dans la présentation (bloc, tranches, vente à la découpe ou portions individuelles), sans oublier les instruments de marketing et d'animation de la demande.

Les différences de produits sont associées à des grilles de critères (à savoir des définitions strictes de la saveur, de la texture et de l'aspect du produit) sur lesquelles reposent la stabilisation de l'accroche de la demande, d'un côté, et celle des matières premières et du processus de transformation, de l'autre. Cet effort de stabilisation caractérise l'ensemble du dispositif industriel et structure son optimisation de la production.

Cette stabilisation de l'accroche produit-consommateur compose avec de multiples sources de variations. La matière première laitière, toujours fluctuante, est stabilisée

16. *Hazard analysis and critical control point* : technique de prévention des risques et de traçabilité des défauts.

par le mélange de sources d'approvisionnement d'un même bassin de collecte, par la pasteurisation et par un étroit contrôle de certaines caractéristiques essentielles pour la transformation, taux de matières grasse et de protéines notamment. Cette stabilisation peut aussi s'appuyer sur une artificialisation de la transformation, comme dans le cas de l'ensemencement des fromages par des cultures contrôlées. L'irruption de nouvelles normes ou d'évolutions durables, dans les matières premières ou les procédés de transformation, susceptibles d'induire des changements du produit, suscite des ajustements, de la recette par exemple, pour préserver l'identité du produit final et ainsi la stabilité de l'interaction produit-client. Réciproquement, les consommateurs, qui ne sont pas non plus des êtres figés dans leurs habitudes, sont attentivement surveillés par différents instruments de marketing. En cas de variation en cours ou attendue, l'organisation de la production déclenche un processus d'ajustement des produits qui vise, là encore, à préserver la stabilité de l'accroche produit-client.

La standardisation dont on accuse souvent l'organisation industrielle de la production est donc le résultat d'un processus de contrôle de la variabilité qui délimite ce qui peut être changé et ce qui doit rester identique ; mais c'est aussi un processus dynamique très réactif de stabilisation continue d'une relation entre un produit aux évolutions contenues et des consommateurs aux envies et aux attachements sous étroite surveillance.

La gestion alternative de la diversité par l'artisanat

L'organisation artisanale de la production de fromages met en place un tout autre dispositif de gestion de la diversité, beaucoup moins lourd et coûteux. Il ne s'appuie pas sur une stabilisation de la production et de la demande, mais plutôt sur l'accompagnement et la mise en valeur de la diversité.

Incertitude et adaptation sont le lot quotidien des petits fromagers. Tout comme les cuisiniers ajustent leurs recettes aux produits livrés chaque matin, les fromagers adaptent les fromages qu'ils fabriquent en fonction des spécificités quotidiennes des laits, des conditions météorologiques ou de l'égouttage du caillé. La variabilité de la production et son contrôle se sont donc retrouvés au cœur d'importants débats au sein des appellations d'origine protégées (AOP).

Les règlements d'AOP concernent à la fois l'élevage et la transformation des laits en fromage. Ils spécifient les pratiques autorisées, ainsi qu'une série de caractéristiques de goût et de texture du produit final notamment. Certains producteurs soutiennent une évolution du cahier des charges plus en adéquation avec le régime industriel, vers un renforcement de la définition du produit final. Ils exigent que le nom « AOP » fonctionne comme une marque et une promesse de conformité à un ensemble de caractéristiques prédéfinies, à savoir le goût. Dans le même temps, ils demandent également que les contraintes pesant sur le processus de production soient assouplies afin d'augmenter les ressources nécessaires pour se conformer à la définition plus restrictive du produit final. Pour garantir l'« authenticité » du produit, leurs opposants demandent exactement l'inverse : un renforcement des contraintes de production et le relâchement de l'identité du produit final, afin d'ouvrir la recherche de la meilleure qualité. Pour les premiers, la variabilité du

produit final est un obstacle à sa commercialisation. Pour les seconds, qui se disent souvent artisans ou même artistes, la promesse de qualité attachée à l'AOP doit se concentrer sur les ressources acceptables qui garantissent l'identité authentique du produit. Loin d'être un handicap, une qualité variable exprime les compétences du producteur, du terroir ou une qualité naturelle…

Les fromagers le disent tous en riant : ce ne sont pas eux qui font les fromages mais les microbes ! Sans microbes, en effet, pas de fromages. Or, la vie microbienne est particulièrement réactive à de multiples petites variations de composition du lait ou de la température notamment. De plus, en raison de la multiplication rapide des microbes, la durée des différentes étapes de la fabrication a un fort impact sur le fromage final. Selon l'interprétation de la garantie AOP, les microbes peuvent ainsi être des fauteurs de troubles majeurs, qui doivent être strictement surveillés lors du contrôle de la conformité du produit, ou une ressource clé dans la recherche de qualité. Les divergences au sujet de la garantie AOP vont de pair avec une approche alternative de la commercialisation.

Cette production, qui laisse la place à une certaine variabilité, suscite l'émergence d'un autre régime de commercialisation avec ses distributeurs et surtout des clients bien particuliers : les amateurs (Teil, 2021a). Les variations et l'imprévisibilité cadrée de la production soutiennent l'intérêt particulier que ces clients portent aux produits artisanaux : la surprise d'un excellent fromage nourrit l'attente, parfois longue, d'une nouvelle surprise. Cet autre régime de commercialisation met en valeur la variabilité de la production à travers une notion de la qualité et promeut l'excellence, et non plus la conformité à un standard, comme dans le régime industriel (Teil, 2021b). Sa pérennité dépend moins de la stabilisation des attentes des consommateurs et de l'identité des produits que de la perméabilité aux changements biologiques et à la transition climatique.

Le durcissement des normes sanitaires qui appauvrit encore les écosystèmes microbiens des laits et en perturbe les équilibres a un effet particulièrement déstabilisant chez ces fromagers, car il augmente la variabilité des fromages et génère d'ingérables déviations des écosystèmes microbiens. Pour y pallier, l'immense majorité des fromagers artisanaux a été progressivement contrainte de combler la pauvreté microbienne du lait par l'apport de flores d'affinage semblables à celles des industriels. Les normes sanitaires contribuent donc à affaiblir la différence entre les deux régimes, industriel et artisanal, de production et de commercialisation.

Identité, diversité, durabilité

Les normes sanitaires sont finalement la source d'un étonnant court-circuit dans la filière fromagère où coexistent industrie et artisanat. La pasteurisation et le chauffage des laits qui appauvrissent les systèmes microbiens, les rendant incapables de les transformer en fromage, sont des techniques propres au régime industriel pour faire des économies d'échelle, d'un côté, et contrôler la qualité de la production, de l'autre. Utilisés comme norme sanitaire, ils privent les artisans de leurs microbes et leur imposent une matière première dont ils ont plus de mal à tirer parti que leurs concurrents industriels. Pour retrouver les ressources requises par le régime artisanal, les fromagers artisans demandent un ajustement des normes sanitaires aux

caractéristiques propres à leur régime, en particulier aux écosystèmes microbiens qui font la qualité de leurs laits et de leurs fromages. Aussi, un nombre croissant d'AOP rend-il obligatoire le recours à des levains de cultures indigènes pour renforcer les flores laitières tout en sauvegardant la typicité particulière des produits artisanaux.

Cependant, la dénonciation des normes sanitaires par les fromagers artisanaux n'est pas un plaidoyer pour une hétérogénéité débridée de la production, mais bien pour une articulation différente entre diversité et identité, les deux jambes de la durabilité qui permettent à la fois d'être « quelque chose » pour entrer dans des réseaux d'interaction tout en étant capable de se transformer pour s'adapter aux multiples changements qui ne cessent de survenir.

La résilience n'est pas l'immobilité ; mais à l'opposé, ce n'est pas non plus une perpétuelle métamorphose.

Ces deux régimes marchands assurent chacun différemment la durabilité des productions face aux changements. L'organisation industrielle met en place deux modes d'ajustement selon qu'ils touchent le produit ou les acheteurs. Le système de collecte par gros volumes mélangés et le processus de fabrication absorbent les variations survenant dans les matières premières, les normes ou l'appareil de production lui-même, afin de préserver l'homogénéité de la production et ainsi l'identité des produits. Côté demande, les évolutions sont traquées pour y ajuster la production sans délai ni à-coups. La succession de petits changements qui en résultent permet au produit de bénéficier d'une identité forte, tout en étant néanmoins capable d'évoluer. Dans la production artisanale, la préservation de l'identité est assurée par la personnalité du fromager ou la certification d'origine, qui cadrent de façon beaucoup plus lâche la variabilité acceptable de la production, lui conférant ainsi une grande capacité d'absorption des changements. La variabilité de la production est ensuite valorisée par les dispositifs de commercialisation propres à ce régime artisanal : circuits courts, vente directe à des amateurs de fromage où la variabilité des conditions naturelles de production prend le pas sur la réponse à des attentes stabilisées de consommateurs.

⏩ Diversité des formes d'organisation dans le développement territorial

Les activités agricoles et alimentaires se transforment et de nouveaux modèles de développement (par exemple, polarisés, homogènes ou distribués) émergent (Albaladejo, 2009), appelant à renouveler les formes d'adaptation dans les territoires à différents niveaux d'organisation, de l'exploitation agricole au territoire.

Hybridation des formes d'organisation territoriale

L'hybridation est l'une des modalités d'adaptation au changement ; c'est un facteur d'adaptation mais aussi le résultat du processus (Lardon, 2021). Il y a création d'une nouvelle forme d'organisation par la combinaison de divers éléments hérités d'organisations antérieures et de types différents. L'hybridation se fait par certains

acteurs, eux-mêmes hybrides, qui inventent leurs propres stratégies pour répondre aux enjeux et s'inscrivent dans des processus d'innovation et d'apprentissage. Ces acteurs intermédiaires jouent un rôle pivot dans les actions collectives, telles qu'un parc naturel régional (Amblard *et al*., 2018), et contribuent au développement territorial en articulant les échelles et les modèles, du niveau local au niveau global, en une cohérence d'ensemble (comme l'articulation entre le parc naturel régional Livradois-Forez et l'agglomération clermontoise pour la territorialisation de l'agriculture ; Lardon, 2015).

L'analyse de l'adaptation des systèmes agricoles et alimentaires dans les territoires suppose de la considérer comme un processus et donc d'étudier les trajectoires d'évolution comme une capacité adaptative des formes d'organisation et comme le résultat des transformations territoriales. Le modèle « acteurs-activités-espaces » développé en géo-agronomie (Lardon, 2012) permet de comprendre les dynamiques territoriales et d'agir pour les maîtriser. Les différentes dimensions d'intégration territoriale passent par l'articulation des espaces, la combinaison des activités, la coordination des acteurs, pour répondre aux enjeux du territoire. Cette grille de référence permet d'aborder la complexité, la transversalité et la flexibilité des systèmes étudiés et de leurs représentations, par l'analyse des configurations socio-spatiales.

Les territoires de projet sont caractérisés à la fois sous l'angle de leur configuration spatiale et de leurs relations sociales par des configurations socio-spatiales (Lardon, 2015). Celles-ci sont appréhendées comme des révélateurs des processus de développement mais également comme des activateurs de nouveaux modèles de développement territorial. Elles sont mises en perspective dynamique pour comprendre le potentiel et les capacités de développement du territoire.

Une diversité de configurations socio-spatiales

Plusieurs études de cas donnent à voir la diversité des formes d'organisation territoriales. Elles reflètent aussi les formes d'hybridation inventées par les acteurs pour s'adapter aux changements et pérenniser leurs systèmes, comme pour la nouvelle demande des consommateurs pour les systèmes alimentaires.

La trajectoire d'évolution de la filière agroalimentaire étudiée, qui implique une vingtaine d'éleveurs, une laiterie et une grande distribution sur le territoire du parc naturel régional Livradois-Forez en Auvergne-Rhône-Alpes, rend compte de l'hybridation des stratégies des acteurs (Baritaux et Houdart, 2021). La filière produit, à partir de ressources « tout foin », deux fromages AOP au lait cru (le Bleu d'Auvergne et la Fourme d'Ambert) commercialisés en grande distribution sous la marque « Engagement qualité Carrefour ». Pour les éleveurs, l'hybridation est reflétée par la coexistence entre des pratiques de production qui relèvent plutôt d'un système de production agricole alternatif (production biologique, arrêt de l'ensilage, alimentation uniquement à l'herbe ou au foin, séchage en grange) et des modes de distribution qui relèvent du modèle industriel. Au niveau de la laiterie, on retrouve des formes d'hybridation sur la nature et les modes de valorisation des produits du territoire avec une offre de produits AOP, d'une part, et des produits standards vendus sous marque propre ou marque de distributeur, d'autre part. Il y a donc

également une hybridation des circuits de commercialisation. Pour les producteurs laitiers, c'est un moyen de mieux valoriser le lait et de sécuriser les exploitations. Pour la laiterie, c'est un moyen de diversifier ses débouchés et de sécuriser une partie de ses ventes, ainsi qu'une partie de ses approvisionnements par le biais de la contractualisation pour répondre à la demande spécifique de Carrefour. Concernant la grande distribution, les modalités d'hybridation permettent de répondre à la concurrence et à l'évolution de la demande des consommateurs. Toutes ces formes d'hybridation reflètent les stratégies d'adaptation des acteurs pour répondre à des objectifs économiques et maintenir leur activité agroalimentaire.

Les stratégies de commercialisation des agriculteurs périurbains dans la plaine de Pise, en Italie (Filippini, 2021), dépendent de la part de production vendue localement dans des circuits alternatifs et locaux par rapport à la production totale. Les producteurs articulent à la fois des modes de production et de commercialisation traditionnels et alternatifs pour répondre à de nouvelles demandes de consommateurs cherchant des produits alimentaires différents. Les agriculteurs périurbains s'adaptent aux nouvelles possibilités de la proximité géographique avec les zones urbaines, en hybridant les formes d'organisation des réseaux commerciaux locaux, ainsi que les relations avec différents acteurs de la commercialisation, locaux et extra-locaux. Ils entretiennent des relations avec les unités de transformation, les distributeurs et les consommateurs au niveau local et extra-local, ainsi qu'avec les acteurs institutionnels qui jouent un rôle dans la reconnaissance du système alimentaire urbain. La durabilité des différentes initiatives dépend de plusieurs éléments, mais principalement du maintien de l'équilibre entre le milieu urbain et rural, de l'ouverture vers l'extérieur et de la coordination des différentes filières.

Construire une identité territoriale pour faire sens pour les acteurs impliqués

La résilience des territoires met en exergue à la fois la capacité de transformation des acteurs territoriaux, leur appartenance à une identité territoriale, leur ouverture à d'autres territoires, mais aussi leur ancrage territorial, leur capacité d'innovation et leur fondement traditionnel (Iceri, 2021).

Dans la communauté traditionnelle du Faxinal Emboque, au Paraná (Brésil), les producteurs locaux, issus de la société civile, innovent en s'ouvrant au marché extérieur, pour conserver leurs savoir-faire traditionnels et s'ancrer durablement dans le territoire (figure 10.1). Pour maintenir leur diversité productive et surtout leur autonomie, les acteurs du Faxinal Emboque visent les marchés locaux et régionaux, sur place ou ailleurs, publics ou privés et les réseaux associatifs. Cependant, ils ne se conforment pas à toutes les exigences des marchés classiques : leurs stratégies consistent à s'adapter au marché, afin de vendre à l'échelle locale et régionale, pour ensuite introduire du changement au marché lui-même, par la mobilisation des consommateurs et des politiques publiques.

Contrairement aux communautés voisines, les agriculteurs du Faxinal Emboque se sont engagés dans un processus de développement, d'innovation et d'adaptation en adoptant un modèle de vente et de commercialisation industriel à travers des

stratégies relevant d'un mode innovant. Il s'agit en premier lieu d'une stratégie de développement de la vente de produits du terroir, par un accès aux marchés locaux et aux débouchés de l'industrie, tout en conservant des pratiques de production traditionnelles et agroécologiques pour l'élevage de porc et la cueillette du maté.

Les membres de la communauté ont pris l'initiative de rechercher de nouveaux acteurs pour faciliter l'accès aux marchés locaux et extérieurs et améliorer la valorisation des ressources locales et l'accès à l'industrie. Ainsi, ils profitent de la reconnaissance par le ministère de l'Environnement pour favoriser leur recherche de partenaires et de financements extérieurs.

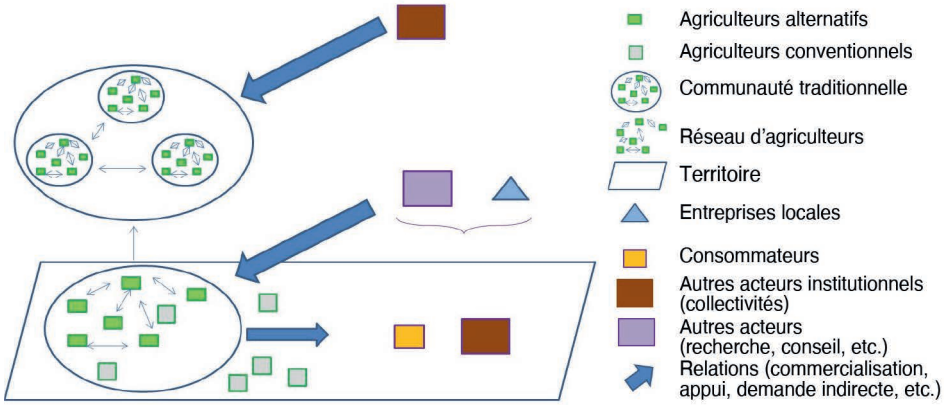

Figure 10.1. Configuration socio-spatiale du Faxinal Emboque, Brésil.

Les stratégies d'adaptation de la communauté du Faxinal Emboque reposent en premier lieu sur le développement de leur réseau socioprofessionnel. Notamment, les acteurs de la recherche les aident à améliorer leurs races d'élevage et leur production, tandis que des associations assurent la commercialisation en circuits longs des produits de terroir. En deuxième lieu, ces agriculteurs entament des changements dans leurs systèmes de production afin d'assurer une meilleure qualité de leurs produits, tout en restant dans le cadre du système de production traditionnel, voire alternatif. Ils maintiennent leur stratégie basée sur la diversification de la production et des sources de revenus et sur le rôle qu'ils jouent sur les ressources forestières du territoire en introduisant de nouveaux produits (porc confit, soda de maté et jambon) et en élargissant leurs débouchés.

Le caractère hybride de ces producteurs leur a permis d'entreprendre le développement du réseau socioprofessionnel de la communauté pour valoriser leurs productions et leurs produits locaux. La communauté s'ouvre à de nouveaux produits, de nouveaux acteurs et de nouvelles formes d'organisation, sans perdre son identité, qui combine ancrage territorial et ouverture à d'autres territoires, fondement traditionnel et capacité d'innovation, en maintenant une organisation socio-spatiale (Icéri et Lardon, 2018) qui fait « commun » (Ostrom, 2009).

Cette forme d'organisation, articulant les échelles du local au global et combinant les modèles traditionnel et industriel pour mieux innover dans le territoire, intègre différents enjeux de développement territorial : maintien et sécurisation

d'exploitations agricoles, renforcement des pratiques traditionnelles pour sécuriser la forêt, développement de projets collectifs, diffusion de savoir-faire et de connaissances (cuisine, jardins, etc.) et reconnaissance de « talents ».

Conclusion

L'analyse de la résilience est souvent abordée à partir de capacités ou de caractéristiques des systèmes ou des êtres, comme la diversité des écosystèmes en écologie, l'homogénéité des biens en économie ou la pluralité des formes d'organisation en géographie. Les cas présentés ici nous invitent à enrichir notre vision de la résilience pour en faire non pas le résultat plus ou moins prédéterminé de qualités intrinsèques, mais bien celui toujours incertain d'une activité et d'un effort à persister, qui s'appuie sur un certain nombre d'instruments, de savoir-faire, de collectifs et de modalités de coordination entre les acteurs. Notre regard croisé, entre socio-économie et géographie, converge vers la quête, toujours renouvelée, d'une capacité à s'adapter au changement pour perdurer : une sorte de conquête perpétuelle d'innovations et d'interactions.

Dans la première partie, les fromagers en colère contre les normes sanitaires nous ont amenés à différencier deux régimes d'activité marchande avec leurs instruments, leurs contraintes, leurs modes propres de pilotage de l'action et, finalement, deux façons d'être durables articulant identité et diversité. C'est parce qu'elles mélangent les instruments de ces deux régimes que les normes sanitaires et la pasteurisation deviennent une source de conflits de coexistence. Pourtant, si différents soient-ils, ces régimes d'activité ne sont pas strictement cloisonnés.

Dans la seconde partie, les formes d'organisation agricoles et alimentaires, quant à elles, se construisent sur le double mouvement de reconnaissance de la diversité des formes d'organisation et d'invention d'une identité territoriale commune. Les exemples auvergnat, pisan ou brésilien montrent ainsi comment les acteurs, sur le terrain, trouvent des façons de se différencier en hybridant les modes de production, de commercialisation et d'interactions multi-acteurs. L'hybridation permet de maintenir les activités agricoles et alimentaires tout en répondant aux stratégies individuelles et collectives des acteurs et, ce faisant, en participant aux dynamiques de développement territorial.

L'hybridation fait coexister les régimes qu'elle hybride selon sa propre modalité de durabilité. Mais elle est aussi une nouvelle source de disputes. Pour tous ceux qui défendent la cohérence du régime artisanal notamment, l'hybridation est une menace pour leur identité artisanale propre ; ils demandent donc à toujours mieux se différencier en défendant l'exclusivité des ressources, ou en mettant en avant celles qui, comme le lait cru non mélangé et non standardisé par exemple, à l'inverse de la pasteurisation, handicapent le régime industriel fondé sur l'homogénéisation.

Les différents régimes présentés ci-dessus, artisanal et industriel, avec leurs hybridations, sont structurés par des ressources, des logiques commerciales et des ajustements du couple identité/diversité plus ou moins compatibles et éventuellement source de conflits. Néanmoins, leur coexistence peut aussi être une ressource pour la

durabilité des territoires, à condition toutefois de s'attacher à reconnaître ces différents régimes et de préserver les ressources liées à leurs modes propres de durabilité.

La pérennité de l'agriculture, en situation périurbaine ou dans les territoires ruraux, passe par de nouveaux modes de relations et par un ancrage dans le territoire. Ainsi, la quête d'une meilleure intégration dans les réseaux terrestres d'interaction (Latour, 2017) constitue-t-elle une voie alternative pour la transition écologique souhaitée. C'est du moins une piste enthousiasmante à poursuivre !

Remerciements

Les auteures remercient les équipes de recherche de REPASTOL et FORMAT, deux projets financés par le métaprogramme GloFoodS.

Références bibliographiques

Albaladejo, C. (2009). Médiations territoriales locales et développement rural. Vers de nouvelles compétences d'accompagnement de l'activité agricole. Les agricultures familiales dans les transformations territoriales en Argentine, au Brésil et en France [Accreditation to supervise doctoral research, Geography and planning, UFR Sciences Sociales, Geography Department]. https://hal.inrae.fr/tel-02813752

Amblard, L., Berthomé, K., Houdart, M., Lardon, S. (2018). L'action collective dans les territoires : questions structurantes et fronts de recherche. *Géographie économie société, 2018/2(20)*, 227–246.

Baritaux, V., Houdart, M. (2021). La grande distribution, moteur d'hybridation et d'innovation dans les systèmes alimentaires territoriaux. *In* Gasselin, P., Lardon, S., Cerdan, C., Loudiyi, S., Sautier D. (Eds). *Coexistence et confrontation des modèles agricoles et alimentaires : un nouveau paradigme du développement territorial ?* Éditions Quae, Versailles, pp. 105–117.

Cochoy, F. (2002). *Une sociologie du packaging, ou l'âne de Buridan face au marché*. PUF, Paris.

EEC (1992). Council Directive 92/46/EEC of 16 June 1992 laying down the health rules for the production and placing on the market of raw milk, heat-treated milk and milk-based products. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=OJ:L:1992:268:TOC

Ferreira, É. G., Ferreira, C. L. L. F. (2013). Implications of wood in artisanal cheese identity and safety. *Journal of Candido Tostes Dairy Institute*, *66*, https://rilct.emnuvens.com.br/rilct/article/view/170

Filippini, R. (2021). Hybridation des chaînes alimentaires dans les systèmes de production périurbains : l'exemple de Pise en Italie. *In Coexistence et confrontation des modèles agricoles et alimentaires : un nouveau paradigme du développement territorial ?* (P. Gasselin, S. Lardon, C. Cerdan, S. Loudiyi, D. Sautier, Eds.), Éditions Quae, Versailles, pp. 179–193.

Gasselin, P., Lardon, S., Cerdan, C., Loudiyi, S., Sautier, D. (2020). The coexistence of agricultural and food models at the territorial scale: an analytical framework for a research agenda. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*, *101*, 339–361. https://doi.org/10.1007/s41130-020-00119-7

Gasselin, P., Lardon, S., Cerdan, C., Loudiyi, S., Sautier, D. (Eds) (2021). *Coexistence et confrontation des modèles agricoles et alimentaires : un nouveau paradigme du développement territorial ?* Éditions Quae, Versailles. https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3243-7

Iceri, V. (2021). La tradition mise en marché : valorisation des savoir-faire et de l'identité de la communauté Faxinal Emboque au Brésil. *In* Gasselin, P., Lardon, S., Cerdan, C., Loudiyi, S.,

Sautier D. (Eds). *Coexistence et confrontation des modèles agricoles et alimentaires : un nouveau paradigme du développement territorial ?* Éditions Quae, Versailles, pp. 195–208.

Iceri, V., Lardon, S. (2018). L'organisation socio-spatiale, un commun pour le développement territorial. Le cas d'une communauté faxinal au Brésil. *Espaces et Sociétés*, *175*(4), 87–104. https://doi.org/10.3917/esp.175.0087

Karpik, L. (2007). *L'Économie des singularités*. Gallimard, Paris.

Lardon, S. (Ed.) (2012). *Géoagronomie, paysage et projets de territoire : Sur les traces de Jean-Pierre Deffontaines*. Éditions Quae, NSS Dialogues.

Lardon, S. (2015). L'agriculture comme potentiel de développement des territoires périurbains. Analyse par les configurations socio-spatiales. *Articulo – Journal of Urban Research*, Special issue, *6*. https://doi.org/10.4000/articulo.2673

Lardon, S. (2021). L'adaptation : nécessité et projet dans la coexistence. *In* Gasselin, P., Lardon, S., Cerdan, C., Loudiyi, S., Sautier D. (Eds). *Coexistence et confrontation des modèles agricoles et alimentaires : un nouveau paradigme du développement territorial ?* Éditions Quae, Versailles, pp. 153–163.

Latour, B. (2017). *Où atterrir – comment s'orienter en politique*. La Découverte, Paris.

Montel, M. C., Bouton, Y., Parguel, P. (2012). Ecosystèmes des laits et des fromages au lait cru – enjeux pour leur maîtrise. *Rencontres recherches ruminants*, *19*, 233–240. http://www.journees3r.fr/spip.php?article3422.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social ecological systems, *Science*, *325*, 419–422.

Teil, G. (2021a). Amateurs' exploration of wine – A pragmatic study of taste. *Theory, Culture Society*, *38*, 5. https://doi.org/10.1177/02632764211029347

Teil, G. (2021b). Wine diversity: paradox or economic innovation? *Journal of Cultural Analysis and Social Change*, *6*, Special issue « Sociology of wine », 13.

von Thünen, J. H., 1851[1826]. *Recherches sur l'influence que le prix des grains, la richesse du sol et les impôts exercent sur les systèmes de culture* Librairies Guillaumet et Cie, Paris.

Vatin, F. (1997). *Le Lait et la raison marchande. Essais de sociologie économique*. Presses universitaires de Rennes 2, Rennes.

Chapitre 11

Mobiliser l'agroécologie pour améliorer la production et la commercialisation du lait : enseignements tirés d'études de cas au Burkina Faso, en France et en Inde

Éric Vall, Claire Aubron, Stéphane Ingrand,
Marie-Odile Nozières-Petit, Mathieu Vigne, Marie Dervillé,
Étienne Sodré, Charles-Henri Moulin

En réponse à la demande croissante de produits laitiers (principalement dans les pays en développement et émergents) et aux normes de production et de commercialisation de plus en plus strictes (surtout dans les pays développés), les acteurs de la chaîne de valeur des produits laitiers redéfinissent depuis quelques années leurs modèles de production et de commercialisation. L'objectif est d'augmenter la production de lait tout en minimisant les effets secondaires indésirables grâce à des pratiques agroécologiques.

Altieri (1996) et Gliessman (1997) définissent l'agroécologie comme l'application des principes de l'écologie à l'étude, à la conception et à la gestion d'agroécosystèmes durables. L'agroécologie commence à gagner du terrain alors que les impacts négatifs de l'agriculture spécialisée et intensive (par exemple, la pollution, l'appauvrissement des sols, la perte de biodiversité, la contribution au réchauffement climatique, la perte d'indépendance des producteurs et les risques pour la santé) atteignent des niveaux critiques. Le champ de l'agroécologie s'est considérablement développé et est décrit comme se situant à la jonction de trois domaines interconnectés (Wezel *et al*., 2009) : l'agroécologie comme science des écosystèmes agricoles, comme pratique agricole respectueuse de l'environnement et comme mouvement social en faveur des systèmes agricoles et alimentaires durables et équitables. Pour aider à opérationnaliser le concept, la FAO a identifié dix éléments, regroupés en trois catégories, à prendre en compte dans le développement des systèmes agricoles et alimentaires agroécologiques (Wezel *et al*., 2020) :

– des systèmes qui favorisent : 1) la diversité, 2) les synergies, 3) l'efficience, 4) le recyclage, 5) la résilience ;

– des systèmes qui tiennent compte : 6) de la co-création et du partage des connaissances, 7) des valeurs humaines et sociales, (8) de la culture et des traditions alimentaires ;

– un environnement favorable à l'agroécologie : 9) une gouvernance responsable, 10) et une économie circulaire et solidaire.

Dans ce chapitre, nous proposons une nouvelle approche de la transition agroécologique, fondée sur des études de cas portant sur des systèmes de production laitiers à faible niveau d'intrants, le plus souvent agropastoraux, essentiellement familiaux, au Burkina Faso (provinces des Hauts-Bassins, des Cascades et du Centre), en Inde (États du Gujarat, du Bihar, de l'Andhra Pradesh, du Karnataka et du Bengale-Occidental) et en France (région des Grands Causses). Nous considérons l'agroécologie comme un moyen d'augmenter la production de produits laitiers, plutôt qu'un moyen de désintensifier les systèmes agricoles, tout en tenant compte de la durabilité des ressources naturelles et des écosystèmes. En d'autres termes, l'agroécologie est ici vue comme une forme d'intensification écologique de la production laitière (Wezel *et al*., 2014).

Suite à la présentation de nos trois études de cas (figure 11.4), nous discuterons du rôle de l'agroécologie dans chacune de ces situations, du point de vue des dix éléments de l'agroécologie proposés par la FAO. Nous conclurons par un examen des défis qui persistent, en ce qui concerne l'atténuation des impacts environnementaux négatifs et le soutien aux mécanismes de gouvernance inclusive pour les circuits de production et de distribution face à la déréglementation du marché.

⏩ Production et commercialisation du lait : tendances actuelles dans trois régions contrastées

Étude de cas burkinabè

Au Burkina Faso, le lait est principalement produit par des zébus élevés dans des exploitations laitières pastorales et agropastorales, qui possèdent de 5 à 20 vaches laitières et cultivent une superficie comprise entre 2 et plus de 10 hectares (figure 11.1). Ces exploitations sont principalement des systèmes d'élevage allaitant, où le lait est un produit valorisé pour nourrir la famille et générer des revenus. Les vaches produisent peu de lait (500 à 1 000 litres par lactation). Elles sont nourries au pâturage et reçoivent très peu de fourrage ou de concentrés alimentaires ; ceux-ci sont fournis principalement à la fin de la saison sèche. Les coûts de production du lait s'élèvent à moins de 0,30 €/l. Une part importante de la production laitière est consommée par la famille, mais la proportion commercialisée augmente à mesure que la demande s'accroît (Vall *et al*., 2021).

Traditionnellement, les femmes contrôlent le revenu de la vente du lait sur les marchés de détail locaux, à un prix qui varie selon la saison (0,60 à 0,90 €/l). Des mini-transformateurs laitiers privés s'installent maintenant, collectant de 200 litres à 1 000 litres par jour. Grâce à un réseau de livraison local (dans un rayon de 50 kilomètres autour des laiteries) assuré par des collecteurs à vélo ou à moto, le lait du matin est livré au transformateur avant 11 heures, sans nécessiter de stockage au froid. Le prix d'achat proposé par ces transformateurs laitiers est inférieur à celui obtenu auprès des opérateurs informels sur les marchés de détail (0,50 €/l) ; en

conséquence, la part du lait collecté par les mini-laiteries reste faible (moins de 10 %). Les transformateurs laitiers tentent de fidéliser leurs fournisseurs en leur promettant un débouché garanti. Cependant, l'augmentation de la collecte est limitée par l'absence de contrats écrits.

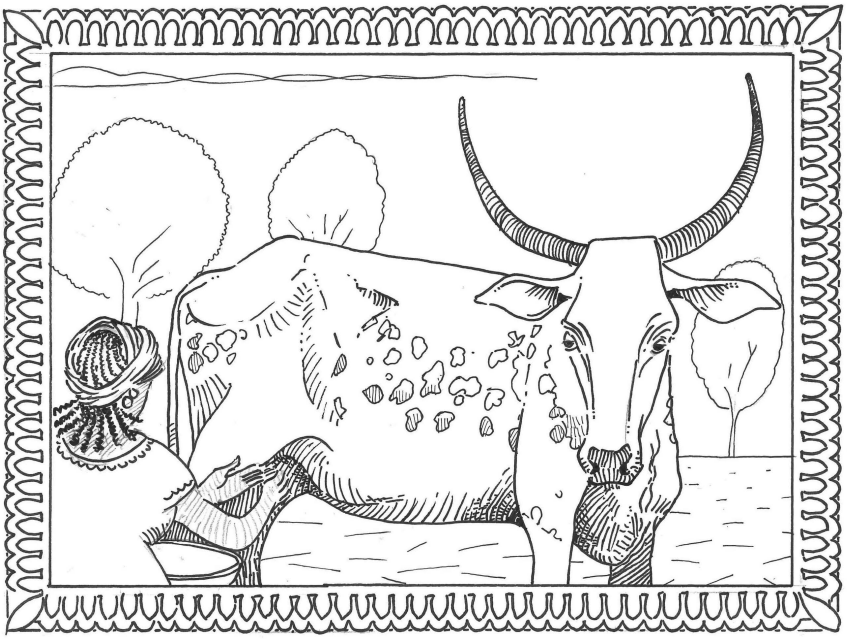

Figure 11.1. Traite manuelle d'une femelle zébu au Burkina Faso (dessin : Éric Vall).

Pour répondre à la demande croissante, certains producteurs laitiers, souvent issus de zones urbaines, ont intensifié leur production à moindre coût au sein de petites unités de vaches laitières (1 à 5 têtes) ou de mini-fermes laitières (5 à 10 têtes), en procédant à des croisements de vaches logées en stabulation (zébus croisés avec des races laitières exotiques par insémination artificielle). Le temps de pâturage est réduit et les vaches reçoivent systématiquement des résidus de culture (paille de céréales, fanes de légumineuses) et des aliments concentrés (tourteau de coton, son de maïs). Le système d'élevage en stabulation permet de recycler une plus grande partie du fumier en engrais. Au sein du ménage, le mari prend souvent le contrôle du lait (Vidal *et al*., 2020 ; Vall *et al*., 2021).

Pour développer la collecte et améliorer le contrôle de la qualité du lait, le gouvernement burkinabè met en place des centres de collecte affiliés aux transformateurs laitiers. Étant donné que ces derniers n'achètent pas le lait à des prix dépassant 0,50 €/l, ces centres proposent aux producteurs des prix inférieurs pour couvrir leurs frais (0,45 €/l), et sont donc peu attractifs. De nombreux transformateurs laitiers choisissent d'utiliser du lait en poudre importé, moins cher que le lait local, largement disponible, facile à stocker et plus fiable en matière de qualité (Corniaux *et al*., 2020).

Les laiteries qui transforment le lait frais local sont confrontées à la double concurrence des transformateurs de produits laitiers en poudre (dont les produits sont

moins chers grâce à des matières premières moins onéreuses) et du secteur informel qui absorbe une grande partie du lait frais local (en le vendant directement à de meilleurs prix). Les transformateurs laitiers luttent pour fournir des produits laitiers locaux (lait, yaourt et lait caillé) à des prix raisonnables aux consommateurs dont les revenus disponibles sont faibles (moins de 60 € par mois et par habitant) et qui se nourrissent de petites quantités de produits laitiers (moins de 15 kilos d'équivalent lait par habitant et par an). Tout cela dans un contexte où les consommateurs ne savent pas si le produit laitier qu'ils achètent est fabriqué avec du lait frais local ou du lait en poudre importé.

Étude de cas indienne

L'Inde possède le plus grand cheptel bovin au monde ; c'est le premier producteur mondial de lait (198 millions de tonnes en 2019). Cette production est assurée par de petits troupeaux comptant en moyenne trois têtes de bétail (vaches ou buffles) (figure 11.2). Les animaux sont utilisés pour diverses tâches, telles que la traction, la production de fumier et une partie de la production de viande (bien que dans une moindre mesure, en raison des restrictions religieuses sur l'abattage et la consommation). En outre, 70 % de ces bovins sont élevés dans des exploitations possédant moins d'un hectare de terres cultivées. Les aliments pour animaux comprennent une grande proportion de résidus de culture (paille de blé et de riz) qui constituent la principale ressource pour nourrir les bovins à l'échelle nationale (Dorin *et al*., 2019).

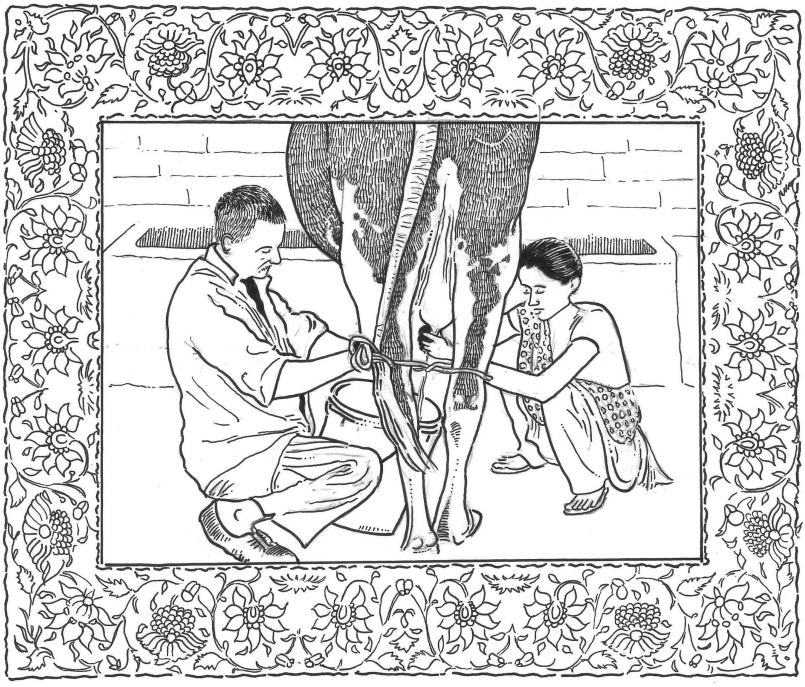

Figure 11.2. Traite manuelle d'une vache laitière en Inde (dessin : Éric Vall d'après une photo de Claire Aubron).

Les exploitations qui pratiquent l'élevage sont celles qui ont l'accès le plus limité à la terre et aux ressources en eau d'irrigation (Aubron *et al*., 2019). Certaines s'appuient encore sur les fonctions non alimentaires des animaux (force de trait, fumier ; Cochetel *et al*., 2019), d'autres ont trouvé dans le lait un moyen de compléter les revenus issus des cultures, en ayant un meilleur accès au marché. Cette recherche de revenus laitiers a mené à des changements de pratiques agricoles, en particulier dans les petites exploitations irriguées, en faveur de races à rendement laitier plus élevé (Holstein ou Jersey croisées avec des vaches locales, buffles Murrah) et de cultures fourragères irriguées récoltées quotidiennement sur de petites parcelles (napier, trèfle d'Alexandrie, luzerne, sorgho, etc.). Dans certaines régions, le développement de la collecte de lait a également conduit des ouvriers agricoles sans terre à créer des exploitations laitières. Depuis deux à trois décennies, les éleveurs laitiers utilisent de plus en plus de concentrés alimentaires en complément des fourrages spontanés collectés quotidiennement ou pâturés, qu'ils disposent ou non de terres. Généralement achetés à des coopératives, ces concentrés sont parfois plus faciles d'accès que les fourrages et peuvent représenter plus de la moitié de la ration de matière sèche des animaux.

L'Inde est autosuffisante en matière de production laitière depuis les années 1990. Sa consommation annuelle moyenne de produits laitiers par habitant a doublé depuis 1970 pour atteindre 80 kilos, même si ce chiffre reste faible pour un pays majoritairement végétarien où le lait est la principale source de protéines animales. Cette augmentation est due au développement d'un vaste réseau de coopératives laitières dans le cadre de la révolution blanche en Inde (Dorin et Landy, 2009). Le National Dairy Development Board (NDDB), créé en 1965 en tant qu'organisation *sui generis*, a soutenu le développement de chaînes de valeur industrielles coopératives. Après le tournant libéral indien de 1991, le NDDB a négocié un traitement spécifique pour les coopératives laitières : l'ordonnance de 1992 sur le lait et les produits laitiers a protégé l'industrie coopérative en imposant des limites de superficie et de taille aux investissements privés. Après l'abrogation de l'ordonnance en 2002, la NDDB a soutenu le secteur coopératif en promouvant un nouveau statut juridique d'« entreprise de production laitière » visant à surmonter les limites des coopératives traditionnelles (Jenin *et al*., à paraître). Néanmoins, depuis 2002, la capacité de transformation privée a augmenté plus rapidement que celle des coopératives. Par ailleurs, l'industrialisation du secteur laitier reste partielle en Inde, avec près de 75 % de la production qui sont consommés à domicile ou commercialisés dans des chaînes de valeur informelles (lait frais et produits artisanaux) (Gupta, 2017).

Étude de cas française

Des troupeaux de 200 à 800 brebis Lacaune sont élevés dans la région des Grands Causses (figure 11.3). Cette race a été sélectionnée depuis les années 1960 pour la production laitière. L'élevage est principalement réalisé par insémination artificielle (pratique interdite en agriculture biologique et qui pose des questions agroécologiques en raison de l'utilisation d'hormones de synthèse). L'agnelage groupé permet une production laitière de décembre à juillet. Les brebis en lactation sont nourries au foin, avec des aliments concentrés, à raison de 1 kilo par litre de lait.

Les brebis pâturent dans les prairies temporaires au printemps, et occasionnellement dans des parcours en été et en automne, lorsque les prairies sont sèches. Les prairies temporaires sont cultivées en rotation avec des céréales, qui fournissent de la paille pour la litière et des grains pour les concentrés. Les éleveurs d'ovins de cette région cultivent entre 80 et 150 hectares de prairies et de céréales par an. Le fumier est utilisé comme fertilisant en complément des engrais minéraux.

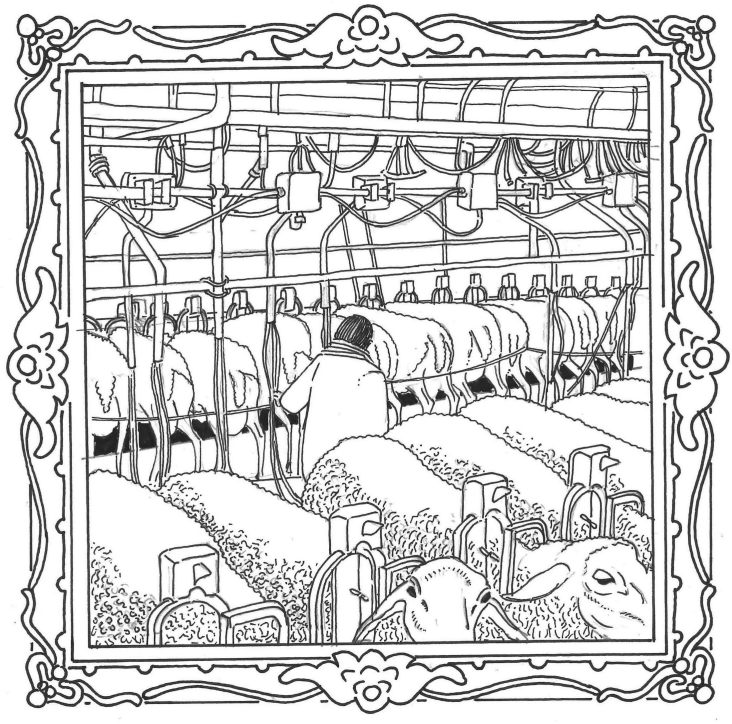

Figure 11.3. Traite mécanisée d'un troupeau de brebis Lacaune dans la région des Grands Causses (dessin : Éric Vall d'après une photo de Philippe Hassoun).

Pendant plusieurs années, sept usines ont collecté et transformé le lait pour produire le fromage roquefort bénéficiant de l'appellation d'origine protégée (AOP). Avant 2015, le prix du lait bord ferme était fixé entre les transformateurs et les agriculteurs. Des mesures ont été prises pour résoudre le problème de l'offre excédentaire apparu dans les années 1970, notamment *via* la diversification des types de fromage (années 1980), l'introduction de quotas (1987) et la mise en place de mesures incitatives pour mieux répartir la production tout au long de l'année (années 2000). Les agriculteurs se sont vus offrir un prix de base garanti et identique pour le lait, quelle que soit sa destination. Ces décisions ont permis de favoriser l'autonomie alimentaire des exploitations (Aubron *et al*., 2014), de freiner la diminution du nombre d'exploitations dans la région par rapport à la moyenne nationale, et de ralentir le processus d'agrandissement et d'intensification des exploitations (Quetier, 2005).

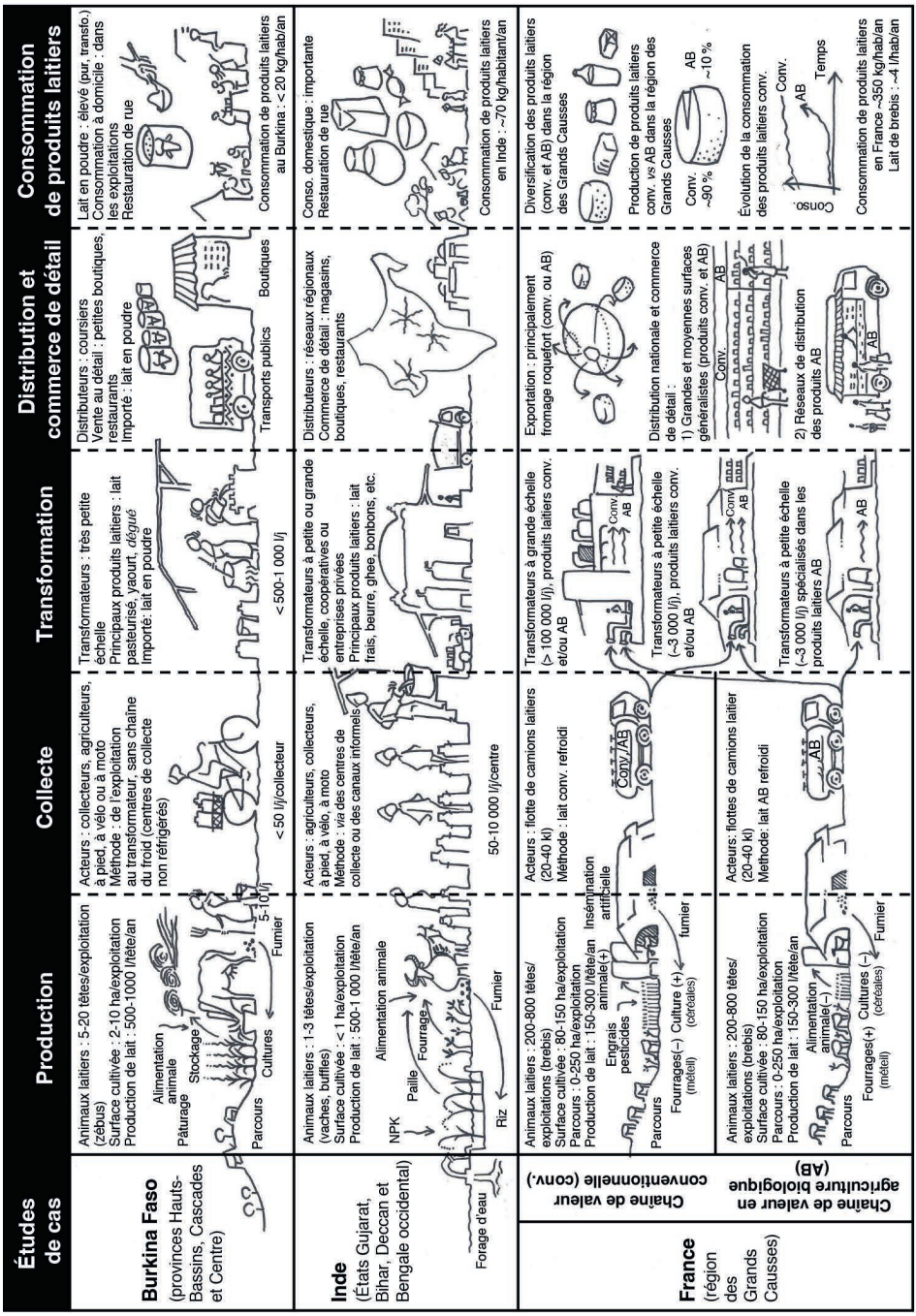

Figure 11.4. Représentation schématique des étapes allant de la production au niveau de l'exploitation à la consommation de lait et de produits laitiers pour les trois études de cas (Burkina Faso, Inde et France).

Depuis les années 1990, les agriculteurs ont introduit de nouvelles pratiques, telles que la diversification de la flore des pâturages cultivés (mélange de 10 à 15 espèces), avec la culture de méteil (triticale ou orge, pois ou vesce) et, d'une manière générale, une approche holistique de la santé des plantes et des animaux. D'autres ont franchi le pas de la conversion à l'agriculture biologique et n'utilisent plus d'intrants chimiques. Cette conversion a été favorisée non seulement par le développement des tournées de collecte de lait biologique, mais aussi par la création et le développement de petites laiteries fonctionnant en dehors de l'interprofession de roquefort. Ces petites laiteries se sont positionnées pour répondre à la demande nationale en lait de brebis ultra-frais et en produits biologiques.

Les agriculteurs impliqués dans ces initiatives ont été et sont toujours encouragés à étendre la période des livraisons. Ceux qui ont quitté l'interprofession de roquefort ont également pu augmenter leurs volumes de production. À partir de 2015, suite à la mise en place de la réglementation européenne connue sous le nom de « Paquet Lait », l'interprofession de roquefort a été contrainte de supprimer le système des quotas et les règles de paiement du lait. Cela a conduit à une augmentation des volumes de lait collectés au sein de l'organisation interprofessionnelle et à la poursuite de l'expansion et de l'intensification de la production.

⏩ L'agroécologie dans les systèmes de production et de commercialisation du lait

Étude de cas burkinabè

Les exploitations laitières pastorales et agropastorales sont principalement gérées par des éleveurs peuls. Ceux-ci possèdent une connaissance locale approfondie des ressources pastorales (végétation, eau) utilisées quotidiennement pour la gestion des troupeaux de bétail, alors que les nouveaux éleveurs laitiers, issus des zones urbaines, ont mis en place des mini-fermes laitières plus intensives (Vall et Diallo, 2009). Ainsi, les exploitations laitières pastorales et agropastorales utilisent davantage les ressources spontanées de pâturage que les mini-fermes laitières : les apports journaliers pour les exploitations pastorales, agropastorales et les mini-fermes laitières sont respectivement de 4 kilos, 3,5 kilos et 1 kilo de matière sèche (MS) par vache et par jour. Cependant, les synergies entre l'agriculture et l'élevage, ainsi que le recyclage des sous-produits de la culture et de l'élevage, sont plus développés dans les mini-fermes laitières et les exploitations laitières agropastorales que dans les exploitations laitières pastorales (Vall *et al*., 2021) :

– fourrages stockés : 2 300 kilos de MS par vache et par an dans les mini-fermes laitières et dans les exploitations laitières agropastorales contre 900 kilos de MS dans les exploitations pastorales ;

– fumier recyclé : 450 kilos de MS par vache et par an dans les mini-fermes laitières et dans les exploitations laitières agropastorales contre 300 kilos dans les exploitations pastorales ;

– fèces animales perdues au pâturage : 200 kilos de MS par vache et par an dans les mini-fermes laitières et dans les exploitations laitières agropastorales contre 400 kilos dans les exploitations pastorales.

L'utilisation excessive de concentrés alimentaires par les mini-fermes laitières traduit un problème d'efficience de cette ressource : pour les mini-fermes laitières, les exploitations agropastorales et pastorales, les chiffres sont respectivement de 6 kilos, 4 kilos et inférieur à 1 kilo de MS par vache laitière et par jour. Cette utilisation excessive affecte également l'efficacité environnementale de ces systèmes, tant en matière de consommation de combustibles fossiles que d'émissions de gaz à effet de serre (GES) par litre de lait produit (Sombda, 2020). Par ailleurs, le recours systématique à l'insémination artificielle et aux races laitières exotiques permet aux mini-fermes laitières d'atteindre des niveaux de production plus élevés que les exploitations laitières agropastorales et pastorales (respectivement 2 000 litres, 900 litres et 350 litres par vache laitière et par an) et de répondre aux attentes du marché. Cela a toutefois des conséquences négatives en matière de bien-être animal : les races laitières européennes ont un point de confort thermique beaucoup plus bas que la température moyenne locale. Par conséquent, les mini-fermes laitières et les exploitations laitières agropastorales sont plus dépendantes des intrants exogènes, ce qui les rend moins résilientes face aux chocs économiques (à une augmentation soudaine des prix des intrants par exemple) que les exploitations laitières pastorales, qui sont fortement autosuffisantes en intrants. Les prix élevés du lait bord ferme et tout au long de la chaîne de valeur expliquent pourquoi les pertes et le gaspillage de lait sont très faibles (< 15 %) dans cette région, contrairement à ce qui se passe dans les pays développés.

En ce qui concerne les valeurs humaines et sociales, les femmes contrôlent le revenu du lait dans 60 % des systèmes laitiers pastoraux. Ce chiffre tombe à 40 % dans les exploitations laitières agropastorales et à 18 % dans les mini-fermes laitières. De nombreuses mini-laiteries sont dirigées par des femmes. Les transformateurs ont une influence considérable sur l'amont de la chaîne de valeur du lait et constituent un point d'entrée essentiel pour aborder ces problèmes d'exclusion.

Les valeurs de circularité et de solidarité sont rarement mises en avant dans les pratiques commerciales actuelles. Face à la concurrence des importations massives de lait en poudre, la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (Cedeao), les ONG et les organisations paysannes se mobilisent pour promouvoir la production locale et tenter d'introduire des pratiques de gouvernance plus responsables dans la chaîne de valeur laitière en Afrique de l'Ouest (Cedeao/ ECOWAS, 2019 ; Corniaux *et al*., 2020).

Étude de cas indienne

En Inde, les synergies entre l'agriculture et l'élevage sont fortes. L'élevage s'est imposé comme un moyen efficace de recycler les résidus de cultures, en particulier la paille de blé et de riz, dont la production a considérablement augmenté à la suite de la révolution verte. Dans certaines exploitations et dans certaines régions, l'élevage fournit encore la force de traction et contribue à la gestion de la fertilité des terres cultivées (grâce aux éléments nutritifs et à la matière organique qui améliorent la structure du sol), tout en minimisant l'utilisation d'intrants chimiques et d'eau d'irrigation. Cependant, le type d'agriculture auquel il est associé consomme, lorsqu'il utilise l'irrigation, une grande quantité d'engrais chimiques (en particulier

d'azote) et de combustibles fossiles (notamment pour le pompage de l'eau). L'efficacité environnementale globale reste faible, en partie à cause de la forte consommation de combustibles fossiles, et cela même si le bétail est principalement alimenté par des résidus de cultures (Vigne *et al*., 2021 ; Aubron *et al*., 2021). En outre, les troupeaux dans les exploitations irriguées sont dédiés à l'élevage laitier, entraînant généralement une diminution de l'importance des autres fonctions de l'élevage (par exemple, utilisation de tracteurs au lieu des animaux de trait), une réduction de la diversité des races (au profit de races plus productives, obtenues grâce à l'insémination artificielle) et une augmentation des achats de concentrés alimentaires qui réduisent l'autosuffisance des exploitations.

Le vaste réseau coopératif de collecte, de transformation et de distribution du lait mis en place pendant la révolution blanche est un modèle d'inclusivité qui a été salué par la communauté internationale (Banque mondiale, 2012). Ce succès repose à la fois sur un modèle coopératif innovant et sur une politique publique sectorielle qui soutient son développement. La force du réseau coopératif réside dans la combinaison de l'implication importante des producteurs laitiers dans le processus de collecte et de la recherche d'efficacité économique aux étapes de la transformation et de la commercialisation, notamment grâce aux économies d'échelle et à la coordination entre les différents sites. Le rôle joué par le NDDB dans la construction puis le pilotage de ce réseau coopératif apparaît central. Il suggère que les organismes publics sont en mesure de favoriser le développement de ressources communes à la filière et de façonner l'inclusion (Dervillé *et al*., 2023a), ce qui n'est pas le cas dans de nombreux pays en développement d'Afrique de l'Ouest. Cependant, l'implication réelle des agriculteurs dans les processus de décision à tous les niveaux du réseau reste limitée. De plus, bien que les agriculteurs disposant de peu de terres et d'eau d'irrigation soient bien inclus dans ce marché laitier, les revenus générés restent très faibles par rapport à ceux issus des cultures irriguées : l'ensemble du système est encore loin de pouvoir sortir les personnes de la pauvreté et de garantir une plus grande équité entre les familles rurales dans les zones étudiées (Aubron *et al*., 2019). En outre, la répartition spatiale des coopératives laitières est très inégale, ce qui entraîne des conditions très différentes entre les producteurs laitiers en matière d'accès aux marchés et de revenus (Dervillé *et al*., 2023b). Par ailleurs, les coopératives laitières ont joué un rôle clé dans la structuration des filières laitières industrielles, et l'agroécologie n'a pas été une priorité jusqu'à présent. Les premières évolutions vers des pratiques agroécologiques concernent le développement de programmes de conservation des races locales de bétail, ainsi que le lancement récent d'un programme d'équilibrage des rations visant à améliorer l'efficacité des pratiques d'alimentation.

Étude de cas française

Les changements techniques observés dans les exploitations des Grands Causses qui ont adopté des pratiques agroécologiques sont basés sur la diversification des cultures. L'introduction de légumineuses permet de réduire, voire de supprimer, l'utilisation d'engrais minéraux. Elle complète le processus de recyclage déjà mis en place entre les cultures et l'élevage par le biais des effluents d'élevage. La diversification des

cultures permet d'améliorer la résilience des exploitations face à des sécheresses de plus en plus fréquentes (car les cultures d'une même exploitation n'ont pas toutes la même sensibilité à la sécheresse), ainsi que l'autonomie protéique des troupeaux, et donc l'efficacité globale des systèmes d'élevage. La conversion à l'agriculture biologique de certains agriculteurs repose en grande partie sur cette approche de diversification, en plus d'autres pratiques zootechniques ou agronomiques, telles que le faux-semis pour le contrôle des adventices (Vidal *et al*., 2020).

Cependant, ces exploitations, même en agriculture biologique, restent fortement consommatrices d'énergie fossile (production et récolte de fourrage motorisées, matériel de traite). De plus, l'augmentation des volumes et les décalages de production conduisent à réduire l'utilisation des parcours. Pour nourrir les brebis en lactation, notamment en été, les éleveurs privilégient les ressources cultivées au détriment des parcours (Aubron *et al*., 2014). Cela contribue à la fermeture de ces parcours, menaçant ainsi la biodiversité des milieux ouverts dont l'importance est pourtant reconnue par l'Union européenne avec leur classement en zone Natura 2000, ainsi que par l'Unesco (Vidal, 2019).

En tant que fromage français le plus ancien à avoir obtenu le statut d'AOP en 1925, le roquefort reste un symbole de la culture et de la tradition culinaire française, même si sa consommation ne cesse de diminuer. En parallèle, la gamme des produits à base de lait de brebis s'est fortement élargie, avec la production d'autres types de fromages, en partie issus des traditions fromagères locales et de plus en plus produits en agriculture biologique, ainsi que des produits laitiers ultra-frais. Ces produits répondent aux besoins des consommateurs soucieux d'une alimentation saine (alternatives aux protéines de lait de vache pour les personnes allergiques, produits sans résidus chimiques) et des questions environnementales (pollution par les intrants chimiques, préservation de la biodiversité).

L'émergence d'autres transformateurs laitiers opérant en dehors de l'organisation interprofessionnelle de roquefort et l'introduction du « Paquet Lait » européen en 2015 ont déstabilisé la gouvernance de cette chaîne et mis fin à la garantie de prix pour les producteurs. Cependant, la restructuration récente de l'industrie laitière devrait contribuer à renforcer le pouvoir de négociation des producteurs, souvent affaibli dans des environnements hautement concurrentiels et déréglementés. L'impact de ces changements sur la transition agroécologique des exploitations reste à évaluer. Enfin, le développement de la production sous cahier des charges de l'agriculture biologique, porté par des laiteries dans et hors du système roquefort, contribue à la mise en place de certaines pratiques agroécologiques, bien que le rôle de la végétation spontanée dans les systèmes d'alimentation animale soit souvent affaibli.

⏩ Discussion et conclusion

L'aspect commun aux trois études de cas est l'augmentation de la production laitière, que ce soit au niveau de l'exploitation ou du bassin de collecte, pour diverses raisons : une augmentation de la demande globale de lait, due à la croissance démographique et à la hausse de la consommation individuelle (études de cas indienne et burkinabè) ;

une volonté de certains producteurs et transformateurs laitiers de promouvoir la production locale de lait face à la concurrence du lait en poudre importé (étude de cas burkinabè) ; un attrait croissant des consommateurs pour les produits laitiers biologiques, ultra-frais et à base de lait de brebis (étude de cas française) ; et des efforts pour atteindre des volumes de livraison de lait plus élevés au niveau de l'exploitation afin d'assurer un revenu. L'analyse de ces études de cas montre que si des pratiques agroécologiques ont effectivement été introduites dans le cadre de ce processus d'augmentation de la production et de la commercialisation, un certain nombre de défis restent à relever, en particulier d'un point de vue environnemental et social.

La combinaison des cultures et de l'élevage est souvent au cœur des exploitations laitières (figure 11.4), comme cela a été montré dans les trois études de cas. Les cultures fournissent des aliments pour le bétail sous forme de paille (études de cas indienne et burkinabè), de cultures fourragères (études de cas indienne et française) et de cultures céréalières (étude de cas française). Le bétail contribue à la fertilité des terres par le recyclage de la biomasse végétale et la production de fumier, ce qui implique dans certains cas des mouvements d'animaux entre les parcours et les zones cultivées (études de cas burkinabè, française et parfois indienne). L'intégration culture-élevage peut également fournir de l'énergie pour le transport et l'agriculture (études de cas indienne et, dans certains cas, burkinabè). Dans les études de cas indienne et burkinabè, l'élevage laitier est souvent associé à des systèmes de cultures intensives (coton, riz irrigué) sur la même exploitation. Les vaches laitières bénéficient des sous-produits de ces cultures (tiges, coques, pailles) pour le fourrage et la litière, disponibles en grande quantité grâce aux intrants appliqués à ces cultures (engrais minéraux, pesticides, irrigation). Les vaches recyclent cette matière première en fumier organique, qui est restitué dans les champs et améliore ainsi la fertilité du sol. L'intégration des cultures et de l'élevage favorise plusieurs éléments de l'agroécologie (diversité, synergies, efficacité et recyclage), contribuant ainsi à la résilience globale du système. Cependant, ces exploitations peuvent également être très consommatrices de combustibles fossiles (équipement motorisé dans l'étude de cas française, pompage de l'eau et utilisation d'engrais synthétiques dans l'étude de cas indienne), ainsi que de produits agrochimiques (les pesticides utilisés sur des cultures comme le coton et le niébé ont un impact négatif non seulement sur les populations d'insectes comme les abeilles, mais aussi sur la qualité des fanes de niébé utilisées pour nourrir le bétail dans l'étude de cas burkinabè).

La génétique (animale et végétale) constitue le principal moyen technique pour augmenter la production. Cela se traduit par la sélection de races Lacaune pures (étude de cas française) ou l'utilisation de races laitières exotiques croisées avec des bovins locaux par insémination artificielle (étude de cas indienne et de plus en plus dans l'étude de cas burkinabè). Ces animaux croisés peuvent être moins adaptés à leur environnement local et nécessitent donc davantage de soins vétérinaires (par exemple, pour prévenir la trypanosomiase dans l'étude de cas burkinabè). Le second moyen technique, qui permet aussi d'optimiser l'amélioration variétale, est l'utilisation accrue de concentrés alimentaires (études de cas indienne et burkinabè). Leur production nécessite des intrants chimiques et de l'énergie, et lorsqu'ils sont achetés, ils doivent être acheminés. Ces processus contribuent aux

impacts environnementaux négatifs de l'élevage (émissions de GES, pollution). Dans certaines mini-fermes laitières (étude de cas burkinabè), leur utilisation excessive peut également poser un problème pour la santé des vaches laitières (risque d'acidose). Le passage à l'agriculture biologique (étude de cas française) a généralement entraîné une augmentation de la production de lait par brebis, ainsi qu'un décalage de la période de production à la demande des laiteries. Cependant, pour de nombreux éleveurs, ce changement s'est traduit par une diminution de l'utilisation de la végétation spontanée des prairies, avec une baisse de l'entretien des milieux ouverts.

D'un point de vue social, l'augmentation de la production et de la commercialisation du lait ne mène pas automatiquement à l'inclusion sociale et à l'équité. Les exploitations disposant de moins de ressources pour l'intensification laitière (terres et eau d'irrigation dans l'étude de cas indienne, terres arables dans l'étude de cas française) produisent moins que les grandes exploitations avec lesquelles elles sont en concurrence. En conséquence, leur nombre continue de diminuer rapidement (étude de cas française) et leur revenu provenant du lait est très faible par rapport à celui des cultures irriguées (étude de cas indienne). Du fait de leur isolement, certains éleveurs sont également exclus des circuits de collecte des laiteries (éleveurs et agroéleveurs à certaines saisons dans l'étude de cas burkinabè, éleveurs dans certaines parties de la région des Causses en France). Enfin, dans l'étude de cas burkinabè, les femmes ont tendance à perdre le contrôle du revenu du lait à mesure que les volumes et les ventes de produits laitiers du ménage augmentent (la commercialisation du lait remet en question l'équilibre entre les multiples usages du lait au niveau de l'exploitation : autoconsommation du ménage, revenu des femmes, alimentation des veaux). Les résultats rassemblés ici suggèrent que l'inclusion peut être promue de différentes manières, telles que la mise en place d'un vaste réseau coopératif pour la collecte, la transformation et la distribution du lait sous la supervision d'un organisme public (étude de cas indienne), l'introduction d'actions collectives et de normes interprofessionnelles pour gérer la concurrence entre les agriculteurs et entre les laiteries (étude de cas française), ou la promotion d'actions de responsabilité sociale parmi les laiteries (étude de cas burkinabè). Les deux premières approches semblent avoir été mises à mal par la dérégulation économique et sont en cours de redéfinition (sociétés de producteurs dans l'étude de cas indienne, organisations de producteurs dans l'étude de cas française).

Dans ces situations contrastées, il semble que, pour combiner l'augmentation de la production laitière avec un processus vertueux de transition agroécologique, des compromis doivent être faits. Une approche holistique est nécessaire au niveau de la chaîne de valeur, avec des efforts répartis sur tous ses segments.

⏩ Remerciements

Les auteurs remercient le métaprogramme GloFoods pour son soutien aux projets Regal (Réduction des pertes et gaspillages de lait dans les chaînes d'approvisionnement du Burkina Faso et du Sénégal), IndiaMilk (Les systèmes laitiers indiens face aux défis locaux et mondiaux) et Lactabis (Pratiques agroécologiques émergentes dans

l'élevage de brebis laitières et la commercialisation du lait dans la région des Grands Causses en France), à partir desquels une partie des données présentées a été extraite.

Références bibliographiques

Altieri, M. A. (1996). *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture, 2nd Edition*. CRC Press.

Aubron, C., Bainville, S., Philippon, O. (2019). Is dairy farming benefiting the poor? Compared economic assessments at the farm level. International seminar 'Milk and Dairy in India's Development Path. Lessons, challenges and perspectives', India International Centre, New Delhi, 17-18 December.

Aubron, C., Peglion, M., Nozières, M.-O., Boutonnet, J.-P. (2014). Quality schemes and pastoralism in France. Synergies and paradoxes. *Journal of Alpine Research, Revue de géographie alpine*, *102*(2). https://doi.org/10.4000/rga.2450

Aubron, C., Vigne, M., Philippon, O., Lucas, C., Lesens, P., Upton, S., Salgado, P., Ruiz, L. (2021). Nitrogen metabolism of an Indian village based on the comparative agriculture approach: How characterizing social diversity was essential for understanding crop-livestock integration. *Agricultural Systems*, *193*, 103218. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103218

Cedeao, ECOWAS (2019). Offensive régionale pour la promotion des chaines de valeur du lait local en Afrique de l'Ouest. Strategic document. Commission de la Cedeao, Département de l'agriculture, de l'environnement et des ressources en eau.

Cochetel, C., Phlippon, O., Aubron, C., Ruiz, L. (2019). Resilience of draught power and manure: insights from 3 case-studies in South India. International seminar 'Milk and Dairy in India's Development Path. Lessons, challenges and perspectives', India International Centre, New Delhi, 17–18 December.

Corniaux, C., Chatellier, V., Dia, D., Duteurtre, G. (2020). De l'huile de palme dans le lait : comment l'Union européenne renforce sa présence sur le marché laitier Ouest africain en vendant un succédané de poudre de lait. 3R, 25e éditions. https://agritrop.cirad.fr/597717/

Dervillé, M., Manriquez, D., Dorin, B., Aubron, C., Raboisson, D. (2023a) Indian dairy cooperative development: A combination of scaling up and scaling out producing a center-periphery structure, World Development, 170, https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106249

Dervillé, M., Dorin, B., Jenin, L., Raboisson, D. Aubron, C. (2023b) Inclusiveness of the Indian dairy sector: An institutional approach, *Journal of Economic Issues*, *57*(3), 994–1017, https://doi.org/10.1080/00213624.2023.2240182

Dorin, B., Garoyan, D., Mahadevan, A., Mondal, S., Morel, C., Sehgal, A. (2019). Feeding over 500 million livestock units in India. A tentative retro-prospective model (1966–2050). Provisional results, International seminar 'Milk and Dairy in India's Development Path. Lessons, challenges and perspectives', India International Centre, New Delhi, 17–18 December.

Dorin, B., Landy, F. (2009). Agriculture and food in India: A half-century review, from independence to globalization. CSH. https://agritrop.cirad.fr/552205/

Gliessman, S. R., 1997. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. CRC Press. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/agroecology-ecological-processes-sustainable-agriculture_en

Gupta, P. R. (2017). *Dairy India Yearbook… serving the dairy industry since 1983. 7nd Edition*. New Delhi. (http://dairyindia.in)

Jenin, L. M., Dervillé, J., Bogue, S., Onakuse, A., Gallegos, A., à paraître. New generation cooperatives as inclusive business models: lessons learnt from the Indian dairy industry. Submitted to *Journal of Co-operative Organization and Management*.

Quetier, F., Marty, P., Lepart, J. (2005). Farmers' management strategies and land use in an agropastoral landscape: roquefort cheese production rules as a driver of change. *Agricultural Systems*, *84*(2), 171–193. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.05.005

Sombda, B. D. (2020). Évaluation des émissions de gaz à effet de serre par la méthode ACV avec une prise en compte de la multifonctionnalité des systèmes de productions animales ouest-africains. Cas de la commune rurale de Koumbia et de la zone périurbaine de Bobo-Dioulasso. [Mémoire pour l'obtention du Master II en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN), option Système de Production Animale, spécialité Elevage, Environnement et Développement Durable (EEDD). Université Nazi Boni (UNB), Institut du Développement Rural (IDR), Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso].

Vall, É., Diallo, M. A. (2009). Savoirs techniques locaux et pratiques : la conduite des troupeaux aux pâturages (Ouest du Burkina Faso) [Analysis of practices using local technical knowledge: the case of livestock grazing management in western Burkina Faso]. *Natures sciences sociétés*, *17*, 122–135. https://doi.org/10.1051/nss/2009024

Vall, É., Sib, O., Vidal, A., Delma, J. B. (2021). Dairy farming systems driven by the market and low-cost intensification in West Africa: the case of Burkina Faso. *Tropical Animal Health and Production*, *53*(288). https://doi.org/10.1007/s11250-021-02725-z

Vidal, A. (2019). Les transitions agroécologiques des élevages laitiers en territoires agropastoraux en France et au Burkina Faso [Thèse, Montpellier SupAgro, ED GAIA]. https://agritrop.cirad.fr/595320/

Vidal, A., Lurette, A., Nozières-Petit, M.-O., Vall, É., Moulin, C.-H. (2020). The emergence of agroecological practices on agropastoral dairy farms in the face of changing demand from dairies. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, *24*, 163–183. https://doi.org/10.25518/1780-4507.18645

Vigne, M., Dorin, B., Aubron, C. (2021). Is feeding the Indian dairy cow sustainable? A tentative multiscalar answer. *International Journal of Agricultural Sustainability*, *0*, 1–13. https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1920237

Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainaible Development*, *29*, 503–515. https://doi.org/10.1051/agro/2009004

Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J.-F., Ferrer, A., Peigné, J. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *34*(1), 1–20. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7

Wezel, A., Gemmill Herren, B., Bezner Kerr, R., Barrios, E., Rodrigues Gonçalves, A. L., Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. *A review. Agronomy for Sustainable Development*, *40*, 40. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z

World Bank (2012). Exporting India's Dairy 'Revolution' to Help Feed Children in Africa, South-South Facility. World Bank.

Partie 6

Mobiliser les ressources locales comme levier de la sécurité alimentaire

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.

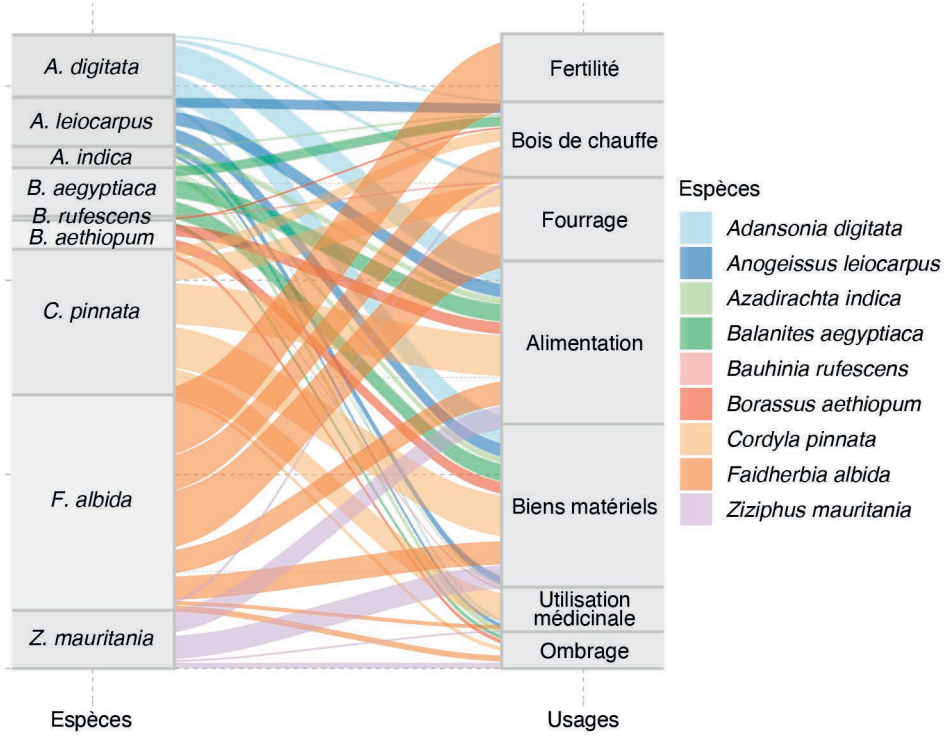

Figure 12.1. Diagramme de Sankey reliant les principales espèces aux différents usages (source : Leroux *et al*., 2021).

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 %

[1]HFDI : 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 ≥ 25 kg/m^2 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.

[2]Mai 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 forêts[17], 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).

Efficacité 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.

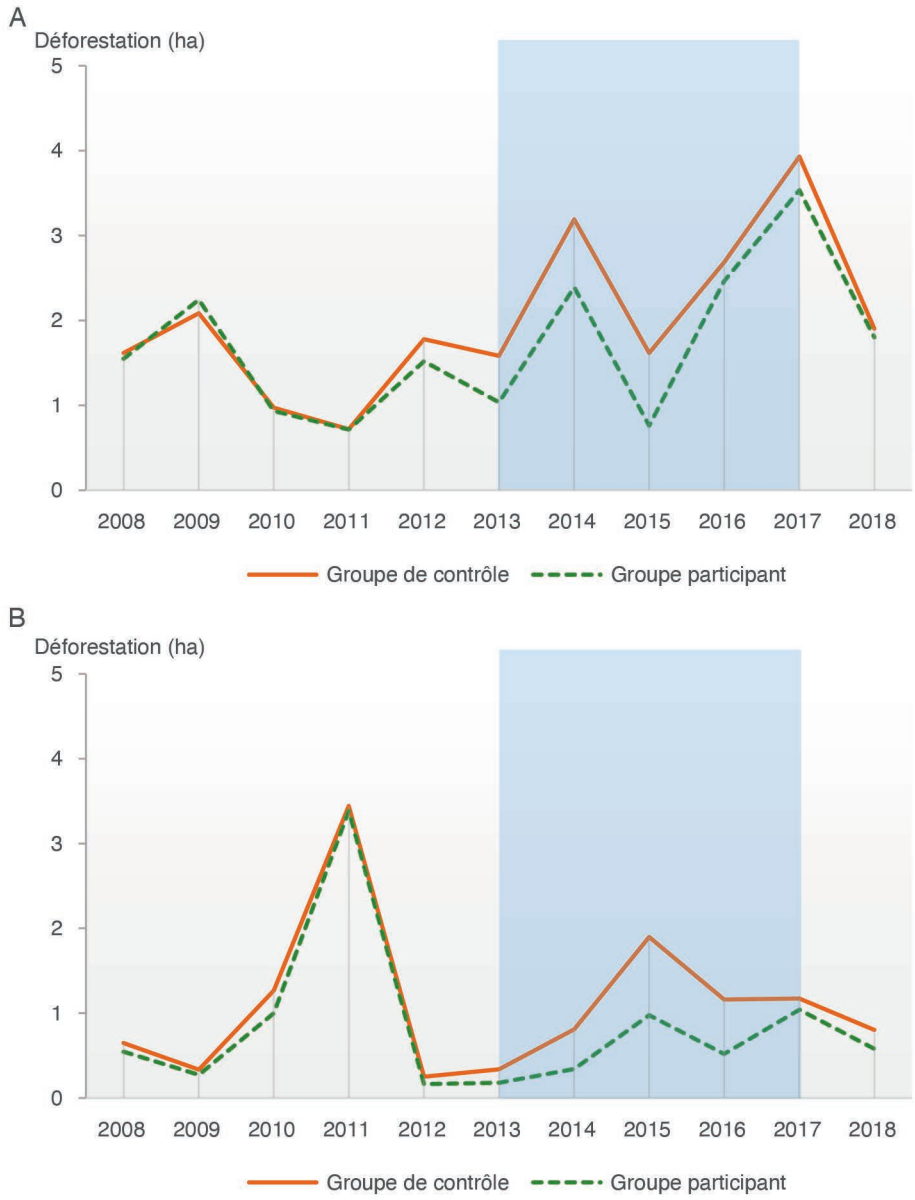

Figure 12.3. Impact du programme Sustained Settlements in the Amazon sur la déforestation à partir des données GFC (A) et PRODES (B). L'écart entre les deux courbes indique l'impact du programme (source : Demarchi *et al*., 2020).

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

Cuypers D., Lust A. , Geerken T., Gorissen L., Peters G., Karstensen, J., Prieler, S., Fisher, G., Hizsnyik, E., Van Velthuizen, 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., Deheuvels, 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., Meijide, A., Nurdiansyah, F., Otten, F., Pe'er, G., Steinebach, S., Tarigan, S., Tölle, M., Tscharntke, 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., Laat, 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-Garcia, 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 N_2-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 N_2-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., Jamnadass, 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

Chapitre 13

Les biodéchets alimentaires en zone urbaine : une ressource pour l'économie circulaire entre villes et agriculture

Jean-Daniel Cesaro, Guillaume Duteurtre, Stéphane Guilbert, Nadine Zakhia-Rozis

Jusqu'à récemment, la question des biodéchets alimentaires urbains était considérée comme un aspect mineur du système alimentaire mondial. À mesure que les villes prennent de l'ampleur, en particulier en Asie et en Afrique, ce thème retient l'attention des décideurs et des scientifiques qui s'intéressent à l'efficacité du système alimentaire et à la sécurité alimentaire (Guilbert *et al*., 2016). Les modèles prédisent que, d'ici 2050, la moitié de tous les biodéchets alimentaires, provenant à la fois de la vente au détail et des consommateurs, seront produits par les systèmes urbains (Parfitt *et al*., 2010). La masse des biodéchets alimentaires urbains est directement corrélée avec la population urbaine et constitue 20 % à 80 % des déchets solides des municipalités à travers le monde (Adhikari *et al*., 2009). Pour faire face à la croissance rapide des grandes villes, la gestion du gaspillage alimentaire exige des innovations techniques et organisationnelles, en raison notamment des risques environnementaux et sanitaires liés à ces biodéchets (Westerman et Bicudo, 2005).

Selon la FAO, les pertes et le gaspillage alimentaires correspondent à une diminution de la masse (quantitative) ou de la valeur nutritionnelle (qualitative) de la part comestible des aliments qui transitent le long de la chaîne d'approvisionnement destinée à la consommation humaine. Les pertes alimentaires représentent la diminution de la quantité ou de la qualité de denrées alimentaires du fait de décisions et de mesures prises par les acteurs de la filière alimentaire (producteurs, transformateurs). Le gaspillage alimentaire se réfère, quant à lui, à la diminution de la quantité ou de la qualité de denrées alimentaires du fait de décisions et de mesures prises par les détaillants, les fournisseurs de services alimentaires et les consommateurs (FAO, 2011). Toutefois, une part importante des biodéchets alimentaires produits en ville est nécessaire car liée à la transformation des aliments (épluchures, os, gras). Ce chapitre s'intéresse au recyclage des biodéchets

alimentaires urbains, incluant le gaspillage alimentaire, et à leur valeur pour une économie circulaire formelle ou informelle.

Pour gérer les biodéchets alimentaires, trois principales échelles d'action sont possibles : la distribution alimentaire en ville, les pratiques quotidiennes des consommateurs et une nouvelle économie circulaire de recyclage des biodéchets. Il peut sembler paradoxal de promouvoir la récupération et le recyclage des déchets, car cette économie circulaire pourrait amplifier le gaspillage. Toutefois, une grande partie des volumes de biodéchets sont incompressibles. Il faut donc s'attaquer à cette composante majeure des systèmes alimentaires. Du point de vue de l'économie circulaire, et étant donné la nécessité de mieux utiliser la biomasse, les biodéchets alimentaires urbains sont, dans de nombreuses situations à travers le monde, considérés comme une ressource, en particulier pour l'agriculture urbaine et périurbaine (Westerman et Bicudo, 2005).

Est-il préférable de régler le problème en aval des systèmes alimentaires en réduisant les pertes au niveau de la distribution et de la consommation, ou faut-il entreprendre la transformation des systèmes de récupération et de recyclage des déchets alimentaires, par le biais de l'économie circulaire, au niveau des systèmes urbains ? Les solutions doivent-elles être conçues à l'échelle mondiale, ou plutôt adaptées au contexte local ? Ce chapitre tente de répondre à ces questions au travers d'expériences de terrain issues de pays développés, émergents et en développement sur la manière de traiter les biodéchets alimentaires dans les villes. Nous nous intéresserons en particulier aux exploitations périurbaines, aux circuits économiques, aux réseaux des cantines scolaires, aux circuits des déchets et aux fermes expérimentales urbaines.

En se fondant sur des exemples tirés des villes de Montpellier en France, de Chicago aux États-Unis (Illinois), d'Antananarivo à Madagascar, de Dakar au Sénégal et de Hanoï au Vietnam, ce chapitre suit la production et le recyclage des déchets alimentaires à différentes étapes du système alimentaire : dans les marchés de gros et de détail (Antananarivo/Dakar), les magasins (Chicago/Hanoï), les restaurants (Montpellier/Hanoï/Chicago) et les ménages (Hanoï). Après un état de l'art sur la question du rôle de l'économie circulaire dans la gestion des pertes et du gaspillage alimentaires, ce chapitre utilise l'approche du métabolisme territorial pour analyser différents cycles de gestion de biodéchets dans plusieurs villes, tandis que la troisième partie se concentre sur le cas des éleveurs-recycleurs de Hanoï. Notre étude montre que la diminution et le recyclage des biodéchets alimentaires en ville impliquent de nombreuses parties prenantes, et en particulier les petits recycleurs spécialisés dans la récupération et la valorisation des déchets. Certains acteurs essaient d'innover pour réduire la production de déchets ou améliorer leur collecte et leur transformation en une ressource importante pour l'agriculture. Nos résultats mettent en lumière le fait qu'une économie circulaire fondée sur la valorisation des biodéchets alimentaires existe déjà dans le monde entier, sous certaines contraintes liées aux règles sanitaires. Des synergies entre l'agriculture et les villes sont possibles dans le cadre du système alimentaire pour permettre une gestion plus efficace des

pertes et du gaspillage alimentaires. Les mesures développant de telles synergies devraient être envisagées d'un point de vue multipartenarial et multisectoriel, en tenant compte des acteurs en amont et en aval. L'agriculture urbaine et périurbaine pourrait représenter une solution pour la gestion des pertes et du gaspillage alimentaires urbains si la prise de conscience des consommateurs et des décideurs s'intensifie et s'ils soutiennent cet effort.

⏩ Comment réduire l'impact des biodéchets alimentaires urbains grâce à l'économie circulaire ?

En raison de la rareté des ressources naturelles et des sources d'énergie, l'activité humaine devrait viser une gestion durable des ressources et promouvoir l'efficacité dans l'exploitation de ces ressources. La gestion des déchets peut être considérée comme « efficace » si les sous-produits générés par la consommation de ressources extraites peuvent être réutilisés ou recyclés au lieu de représenter une perte pour la communauté ou l'environnement. La réutilisation des déchets alimentaires pour générer de nouveaux produits de manière durable présente deux principaux avantages : sur le plan environnemental, le recyclage peut limiter l'extraction des ressources pour générer un nouveau produit et contribuer aux flux de nutriments ; et sur le plan économique, il peut réduire les coûts de production et favoriser une plus grande accumulation de richesses dans l'économie locale et mondiale.

L'économie circulaire comme moyen de gérer la production de déchets

La transition vers l'économie circulaire constitue un défi, notamment en matière de bouclage des cycles. Il faut considérer l'augmentation de la consommation dans les pays émergents et en développement comme la plus forte tendance du XXIe siècle au regard de l'évolution de l'urbanisation, de la transition énergétique et du changement climatique. L'économie circulaire est liée à l'écologie industrielle des flux de matières. Ces flux entre les acteurs devraient être cartographiés pour comprendre l'organisation des systèmes (tels que les systèmes agroalimentaires ou industriels ou les économies basées sur les services). Lorsque des émissions de déchets sont repérées, des experts peuvent évaluer la valeur des déchets et trouver de nouvelles options pour les réutiliser et les recycler. L'objectif de l'économie circulaire est de réduire la quantité de matière extraite de la nature par unité de bien produit ou de service rendu.

Dans cette perspective, nous considérons la bioéconomie comme un projet social qui vise à orienter l'utilisation des biomasses considérées comme des déchets pour produire de nouveaux biens et services agricoles dans le respect des normes de sécurité et de sûreté sanitaire et nutritionnelle. En ce sens, la bioéconomie est

un modèle particulier de gestion des flux physiques, en boucle et par le recyclage. En pratique, les économies réalisent déjà ce genre de cycles. Nombreux sont les acteurs des secteurs formel et informel qui, dans le monde, gagnent leur vie en recyclant divers types de déchets organiques. Selon la définition retenue de la circularité (réutilisation ou recyclage), l'histoire montre que l'économie mondiale était circulaire aux XIX^{e} et XX^{e} siècles (Daviron, 2019). La tradition des collecteurs de déchets urbains représente encore un aspect important des systèmes alimentaires dans les pays en développement, alors que la gestion des déchets passe de plus en plus de l'action individuelle à l'intervention des services publics ou d'entreprises privées dans les pays développés. L'économie circulaire recouvre à la fois des dimensions techniques (flux de matières, biomasse et énergie dérivée, etc.) et socio-économiques (organisation de la gestion, diversité des acteurs, choix sociaux).

L'économie circulaire pour la gestion des biodéchets urbains : un défi croissant

Depuis 2007, plus de la moitié des habitants de la planète habite dans les villes. Les villes jouent donc un rôle important dans le système agroalimentaire mondial. La croissance de la population urbaine a mis en évidence le fait que les pertes et le gaspillage alimentaires sont devenus un problème environnemental et économique (Guilbert *et al*., 2016). La production de biodéchets alimentaires est directement liée à la concentration de la population, mais dans une large mesure elle dépend aussi du niveau de vie des ménages. Près de 20 % de la population mondiale vit dans les grandes métropoles, mais celles-ci produisent 40 % des déchets alimentaires. Selon les estimations, 65 % de la population mondiale sera urbaine d'ici 2050, ainsi la gestion des déchets alimentaires devient un objectif majeur du système alimentaire mondial, avec la sécurité alimentaire et nutritionnelle (Adhikari *et al*., 2009).

Lorsqu'elle s'applique aux biodéchets alimentaires, l'économie circulaire vise à éviter qu'ils ne soient mis en décharge et à promouvoir l'innovation dans leur réutilisation et leur recyclage. Le recyclage des déchets alimentaires par l'économie circulaire est particulièrement prometteur pour l'agriculture urbaine et périurbaine puisqu'ils constituent une ressource potentielle. Ils peuvent être valorisés en engrais, dans l'alimentation animale et la production d'énergie. Tout l'enjeu consiste à trouver la méthode de recyclage la mieux adaptée à chaque contexte. L'économie circulaire peut alors contribuer à la relocalisation de la production en favorisant le développement d'exploitations agricoles dans les zones périurbaines, en relançant l'emploi et en diminuant l'empreinte du système agroalimentaire. Les liens entre ville, pertes et gaspillage alimentaires, biodéchets et agriculture reposent souvent sur les réseaux formels et informels de l'économie circulaire dans les secteurs de l'agriculture urbaine et périurbaine (Borrello *et al*., 2017). À l'échelle mondiale, les agricultures urbaines et périurbaines constituent un moteur important pour la gestion des déchets organiques solides d'origine urbaine. À l'avenir, elles pourraient figurer parmi les leviers centraux de la transition vers les villes durables.

⏩ Le métabolisme territorial : une méthode pour la quantification et la qualification des biodéchets urbains

Nous avons essayé de quantifier les flux de matières et de déchets alimentaires dans différents systèmes : l'agriculture urbaine à Dakar (Sénégal), les circuits de commercialisation du poisson d'eau douce à Antananarivo (Madagascar), les cantines scolaires à Montpellier (France), un centre d'écologie industrielle fondé à Chicago (États-Unis) pour maximiser les flux des diverses activités agroalimentaires, et les décharges pour les déchets alimentaires urbains à Hanoï (Vietnam). Ces études de cas très diverses présentent des situations contrastées avec différentes réglementations, des masses de déchets variables et des solutions variées pour leur gestion.

Visualisation et analyse systémique des flux d'aliments et de déchets alimentaires

Les résultats des analyses de flux des cinq études de cas sont présentés dans la figure 13.1. Celle-ci montre l'évolution des flux proportionnels entre l'agriculture (Antananarivo, Dakar, Hanoï) ou la transformation des aliments (cantines à Montpellier, entreprise de Chicago) et la finalité du système, c'est-à-dire le consommateur final pour les approches sectorielles (Montpellier, Antananarivo, Dakar) ou les décharges pour l'analyse de l'économie circulaire (Hanoï, Chicago). Deux de ces cas présentent une économie plutôt linéaire (Montpellier, Antananarivo), alors que dans les trois autres, des boucles de réutilisation de la matière sont mises en évidence (Dakar, Hanoï, Chicago). Seulement deux cas (Hanoï, Chicago) visent clairement l'économie circulaire, dans le sens d'un échange entre les acteurs économiques. À Madagascar et à Dakar, l'économie circulaire semble implicite dans le cadre du commerce des déchets mais n'a pas fait l'objet d'études. Dans chaque cas, la production de biodéchets alimentaires représente environ 20 % de la masse initiale d'aliments et apparaît à différents niveaux selon le système étudié.

Les biodéchets alimentaires dans les villes du Nord global : de la réglementation publique aux innovations collectives

Les études de cas de Montpellier et de Chicago ont porté sur l'analyse de deux organisations ;
– les cantines scolaires à Montpellier ;
– un centre expérimental d'écologie industrielle appelé The Plant à Chicago.

À Montpellier, l'étude a couvert 18 cantines scolaires fournissant 3 200 repas par jour à des écoles maternelles et primaires. Les repas, préparés dans deux cuisines centrales, étaient ensuite livrés par une entreprise de restauration. Deux types de systèmes de livraison étaient mis en place, pour les repas chauds ou froids, selon les équipements de réchauffement disponibles dans les cantines. Pour évaluer le

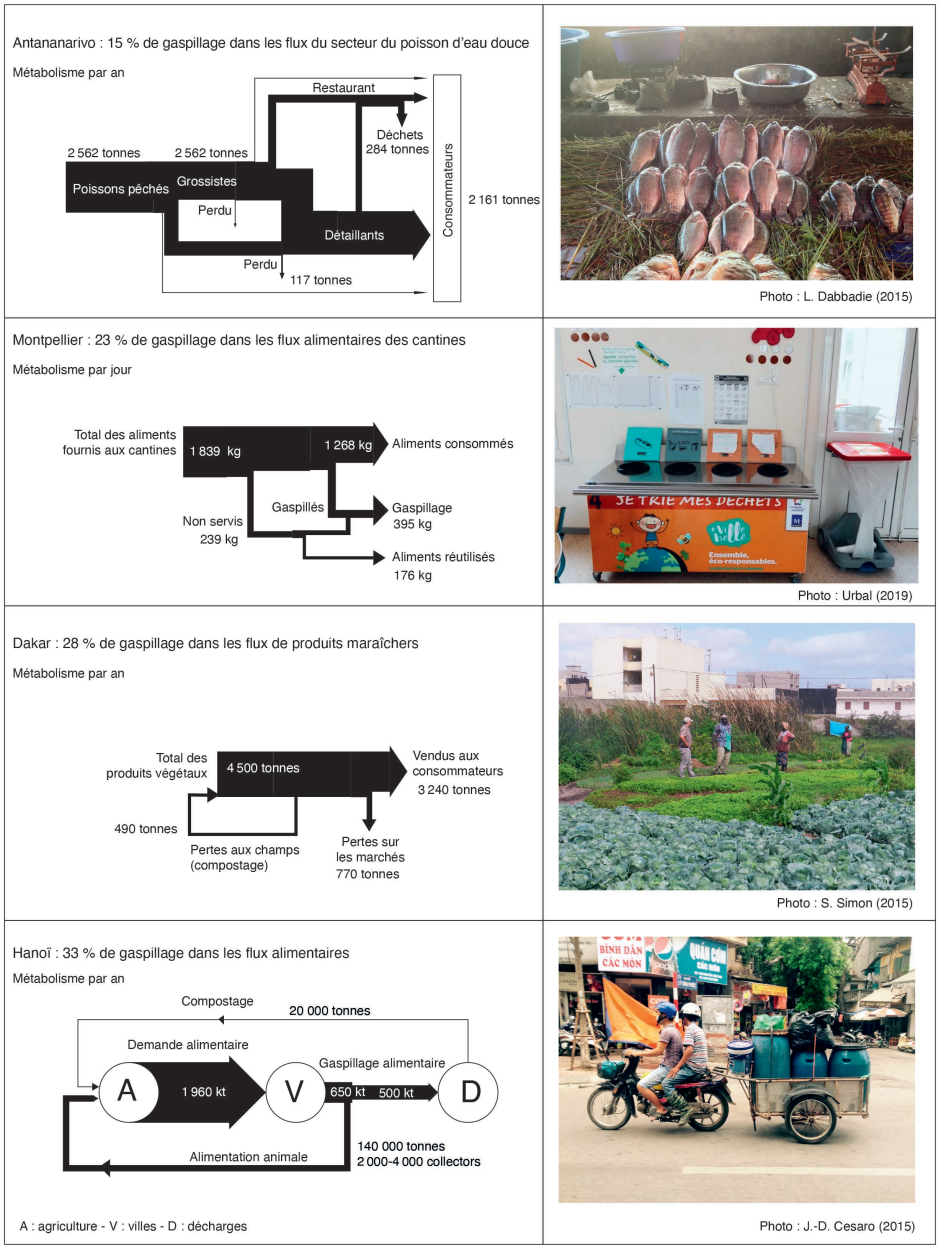

Figure 13.1. Flux d'aliments et de déchets alimentaires dans quatre villes du monde.

niveau de production de biodéchets, les aliments ont été pesés à leur arrivée aux cantines (intrant) durant deux semaines. Deux catégories d'aliments ont été prises en considération : ceux servis aux enfants et ceux qui n'ont pas été servis. Tous les aliments gaspillés ont été pesés à la fin de chaque journée.

Les résultats ont montré qu'un volume conséquent d'aliments a été gaspillé. Les aliments reçus quotidiennement par les cantines pesaient au total 1 839 kilos. Les enfants ont consommé 70 % de la masse des aliments livrés et en ont jeté 15 % ; environ 15 % de la masse des aliments livrés n'ont pas été servis. Le personnel a récupéré presque la moitié des aliments non servis, soit pour les goûters des enfants, soit pour eux-mêmes, et le reste a été jeté. Le total de la production de biodéchets alimentaires a été estimé à 422 kilos par jour, soit 77 tonnes par an (182 jours de classe). L'entreprise de restauration était bien consciente de l'impact économique du gaspillage alimentaire, puisqu'elle devait payer deux fois ces pertes : le prix d'achat des aliments fournis et non consommés et les taxes correspondant aux services de collecte des déchets urbains. La réglementation française encourage les entreprises de restauration à faire don des aliments non consommés dans le respect des normes d'hygiène et de la chaîne du froid. Le personnel peut emporter à domicile une partie des produits non servis. Pour les déchets alimentaires, le compostage sur site est favorisé s'il n'y a eu aucun contact avec des produits d'origine animale. Le personnel peut aussi récupérer une partie des déchets alimentaires pour son propre usage, pour des animaux de compagnie ou un petit élevage domestique.

À Chicago, le centre The Plant est un projet urbain qui vise à favoriser la symbiose industrielle entre différentes start-up de production (champignons, algues, insectes, miel, aquaponie, digestion anaérobie, entre autres) et de commercialisation des produits (vente directe) (Chance *et al*., 2018). The Plant héberge diverses entreprises et collabore avec elles pour promouvoir une activité interentreprises dans le cadre de la symbiose industrielle.

L'étude a porté sur les flux et les échanges de matières et d'énergie entre les partenaires de cette symbiose industrielle, puis sur le suivi du devenir de trois productions choisies jusqu'à la consommation. La démarche comprenait :
– le développement d'une vision globale de l'ensemble du système et des flux et des échanges entre les différents projets hébergés dans le cadre de la symbiose industrielle ;
– l'analyse plus spécifique d'un type de produit et la mesure du gaspillage alimentaire local au niveau de la distribution. Ainsi les flux de matières ont été examinés sur trois semaines pour trois productions boulangères, avec trois livraisons par semaine. Les pertes ont été prises en compte au niveau de la boulangerie et sur divers points de vente (sur le site de The Plant, au marché local et chez quatre détaillants dans Chicago).

Les trois plus importants flux sortants de matières ont été les matières directement réutilisées sur le site (21 tonnes), celles mises en décharge (19 tonnes) et celles vendues hors site comme marchandises (15 tonnes). Bien que les volumes de déchets mis en décharge et de marchandises vendues proviennent de petits flux multiples, près de 98 % des matières suivies dans le système correspondaient aux coproduits issus de la brasserie. Le digesteur anaérobie n'était pas encore opérationnel au moment de l'étude. Lorsqu'il fonctionnera, il devrait pouvoir traiter 12 tonnes de

biodéchets par jour et constituer ainsi une importante source de compost pour l'agriculture urbaine et de gaz naturel pour les besoins énergétiques.

L'application de la méthodologie de l'analyse des flux de matières au centre The Plant a fourni une vision à la fois globale et ciblée sur certains flux (Mulrow *et al*., 2017). Les données recueillies sur les flux de matières et leur matérialisation sont utiles pour améliorer les symbioses entre les acteurs du site, réduire les pertes et le gaspillage et mieux planifier l'avenir (figure 13.2). Certaines autorisations spécifiques ont été délivrées pour la première fois pour répondre à la nécessité d'innover, comme un permis d'élevage interne des animaux pour la consommation humaine, dans le cadre du système aquaponique (Nogueira *et al*., 2020).

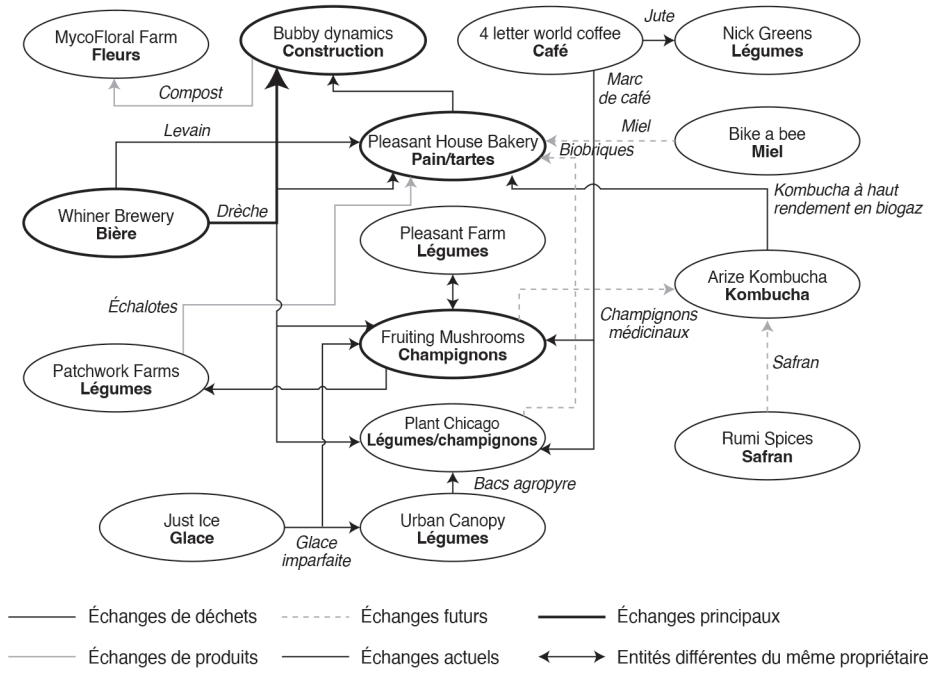

Figure 13.2. Flux de matières entre les différents projets et activités du centre The Plant.

Les biodéchets alimentaires dans les villes du Sud global : l'importance des pratiques informelles

Les études de cas réalisées à Antananarivo et à Dakar ont porté sur l'analyse de deux segments du système alimentaire :
– la chaîne de valeur du poisson d'eau douce vendu au marché d'Antananarivo ;
– l'agriculture urbaine et la commercialisation de ses produits autour de Dakar.

À Madagascar, l'étude a consisté à identifier des acteurs et des étapes de la chaîne de distribution du poisson d'eau douce (lacs), et à quantifier, pour chaque type d'acteur, les volumes achetés, vendus et entreposés, ainsi que les volumes de déchets.

L'étude visait également à extrapoler ces volumes au système urbain de la capitale et à cartographier les flux et les matières.

Les données officielles nous ont permis d'estimer à 2 562 tonnes la quantité de poissons lacustres vendus annuellement à Antananarivo. Selon une enquête réalisée en aval de la chaîne de valeur, les biodéchets résultant de la commercialisation et de la consommation de cette catégorie de poissons provenaient essentiellement des restaurants (284 tonnes) et des détaillants et des grossistes (117 tonnes), ces chiffres ne prenant en compte que le poisson non consommé. Les biodéchets directs représentaient 16 % du poids du poisson et s'expliquaient par une détérioration de la qualité du poisson. L'étude a conclu que 50 % du poids du poisson consommé était jeté. Toutefois la biomasse gaspillée a été partiellement récupérée. La chaîne de valeur des poissons lacustres a produit 400 tonnes de déchets alimentaires directs (poissons non consommés) et 1 000 tonnes de produits dérivés. La majorité des déchets a fini dans des décharges tandis que le reste a été réutilisé. Il a été difficile d'évaluer précisément l'utilisation des carcasses de poissons dans l'alimentation animale, les restaurants et les négociants donnant ces déchets à des collecteurs itinérants ou les vendant comme aliments pour les animaux d'élevage.

À Dakar, près de 62 000 foyers, soit environ 14 % de la population, travaillent dans l'agriculture urbaine. Au début des années 2000, la culture horticole périurbaine occupait plus de 34 % des terres et représentait près de 40 % de la production horticole destinée au marché national (Smith, 1999). À notre connaissance, la contribution actuelle de l'agriculture urbaine à l'approvisionnement des villes n'a pas encore été actualisée. Le réseau de la distribution alimentaire est particulièrement dense, avec des commerces de proximité, des marchés quotidiens et des stands permettant aux résidents de Dakar d'acheter des aliments sans parcourir de longues distances. Ce système n'a pas été étudié en détail, et les pertes après récolte et le gaspillage alimentaire n'ont jamais été quantifiés. Deux sites ont été étudiés :
– Pikine Ouest, qui comprenait 42 hectares et 384 agriculteurs. Les produits suivis par le projet étaient la salade (environ 3 500 à 4 000 tonnes par an réparties sur l'année entière), l'aubergine, la tomate, le poivron et le chou. L'irrigation était pratiquée avec un mélange d'eaux usées et d'eaux souterraines.
– Patte d'Oie, qui s'étendait sur 7 à 12 hectares, réellement exploités selon la saison, avec 280 agriculteurs. Les produits suivis par le projet étaient la laitue (environ 500 tonnes par an, réparties sur toute l'année), l'aubergine et la tomate. L'irrigation était pratiquée avec un mélange d'eaux usées traitées provenant de l'usine de traitement et d'eaux souterraines.

Les pertes après récolte issus du maraîchage et les pertes des produits sur les marchés ont été estimées à environ 10 % de la production annuelle, avec une forte saisonnalité, notamment pendant la saison chaude. Des pertes de 18 % en moyenne ont été enregistrées pour les poivrons, dans les champs ou sur les marchés, et au total plus de 28 % ont été perdus pendant la saison chaude. Les pertes en moyenne dépassent 400 tonnes dans la zone de Pikine, un chiffre relativement élevé. Toutes les pertes après récolte subies au champ ont été restituées au sol sous la forme de compost. Pour ce qui est des pertes sur les marchés, un taux très élevé de mise en décharge a été observé, le recyclage des matières étant rare, d'où quasiment aucune

retombée positive pour l'agriculture. Quelques éleveurs situés près des décharges recyclent les pertes végétales en aliments pour les animaux.

La production de biodéchets alimentaires au niveau des consommateurs et les pertes subies tout au long de la chaîne de valeur ont été quantifiées dans les quatre études de cas analysées. Le métabolisme territorial s'est avéré une méthode très utile pour quantifier et qualifier le gaspillage urbain. Les volumes éliminés sous forme de déchets se sont révélés variables dans les filières de l'horticulture, du poisson frais et des cantines.

Dans une approche complémentaire, les pratiques de réutilisation et de recyclage des biodéchets alimentaires dans l'élevage ont été examinées à Hanoï. L'objectif était de documenter les pratiques informelles de ce recyclage par l'alimentation animale et d'évaluer son potentiel pour le développement durable des systèmes alimentaires urbains.

⏩ Recyclage des biodéchets alimentaires urbains par l'élevage

À Hanoï, l'utilisation des biodéchets alimentaires par les éleveurs de porcs a été étudiée en vue d'évaluer son potentiel pour le développement durable du système alimentaire de la ville. Les problèmes techniques et sanitaires liés à cette activité informelle ont aussi été mis en évidence.

Au Vietnam, les biodéchets alimentaires urbains font partie d'un rapport traditionnel entre la ville et les systèmes d'élevage intra-urbains. Les agriculteurs qui vivent à la périphérie des villes ont l'habitude de venir chaque jour récupérer des matières organiques pour nourrir leurs animaux. Des ménages individuels et des établissements de restauration collective contribuent également à ces pratiques de recyclage en donnant ou en troquant leurs biodéchets alimentaires avec leurs voisins qui élèvent des porcs. Toutefois, dans le contexte actuel de croissance urbaine et d'industrialisation du secteur de l'élevage, ce type de gestion traditionnelle des biodéchets alimentaires semble être en déclin. Aujourd'hui, les biodéchets alimentaires sont transportés sur de longues distances dans des bidons bleus jusqu'à des exploitations d'élevage repoussées à l'extérieur des villes par les règles sanitaires.

Le recyclage des déchets alimentaires urbains par l'alimentation des porcs : une activité traditionnelle

Depuis le début des années 1970, de nombreux paysans vietnamiens vivant à la périphérie des grandes métropoles comme Hanoï et Saïgon avaient pris l'habitude d'acheter les déchets de cuisines de ces villes, ou eaux grasses, pour alimenter leurs porcs (Tran The Tong, 1973). Cette organisation informelle était considérée comme utile dans l'économie de subsistance de la période après-guerre (1975-1986). Après les réformes économiques Đổi Mới commencées en 1986, l'administration a mis en place une gestion formelle des déchets urbains qui a contribué à marginaliser l'activité de ces petits collecteurs (Dao Ngo, 2001).

L'étalement urbain et la croissance démographique ont entraîné une diminution des activités périurbaines liées à l'agriculture et à l'élevage. Les ceintures agricoles se sont déstructurées et éloignées du centre-ville (Sautier *et al*., 2014). Les éleveurs utilisant les biodéchets alimentaires tentent de maintenir une certaine proximité avec le cœur des villes, bien qu'ils soient installés en périphérie ou dans des zones interstitielles.

Dao Ngo (2001) estime qu'à la fin des années 1990, le recyclage informel des déchets solides municipaux par les agriculteurs représentait environ 14 % de l'ensemble de ces déchets pour la ville de Hanoï. Il indique toutefois que les agriculteurs récupéraient aussi d'autres matières, telles que des eaux noires et des eaux grasses, avec un taux maximal de recyclage devant vraisemblablement atteindre 30 %. À cette époque, les agriculteurs pouvaient recycler entre 65 000 tonnes et 140 000 tonnes de déchets alimentaires par an.

Takaaki *et al*. (2012) estiment quant à eux qu'en 2009 le taux de recyclage des déchets alimentaires devait avoisiner les 6,5 % à Hanoï. Nous considérons que ce taux est l'estimation la plus basse. Pour l'estimation haute de 2015, nous avons retenu le taux de 22 % fourni par le service de planification de la province de Hanoï. Durant cette année, les éleveurs ont recyclé entre 40 000 tonnes et 140 000 tonnes de déchets alimentaires.

Le nouveau secteur du recyclage des biodéchets alimentaires urbains

Malgré la réduction des activités d'élevage périurbaines, le nombre d'éleveurs intéressés par les déchets est resté élevé, ce qui a créé un rapport concurrentiel entre eux. La ressource est progressivement devenue une marchandise. Selon un éleveur, les déchets alimentaires qui auparavant étaient souvent gratuits sont devenus un commerce (entretien avec l'éleveur Gia Lâm, 2016). Parce que cette gestion est devenue commerciale, les exigences des éleveurs se sont accrues vis-à-vis des quantités et de la qualité des déchets urbains.

Selon l'étude réalisée entre 2015 et 2016 (Cesaro *et al*., 2019), les collecteurs récupéraient les déchets végétaux de restaurants (55 %), de cantines d'entreprises et d'écoles (22 %), de ménages (11 %), d'hôtels (8 %) et de marchés (4 %). En moyenne, les producteurs de déchets (essentiellement des restaurants) génèrent 30 kilos de biodéchets alimentaires par jour. Les volumes produits par les ménages sont beaucoup plus faibles. La composition moyenne des déchets alimentaires était la suivante : riz et nouilles (58 %), légumes (18 %), viande (8 %), poisson (6 %), os (5 %) et autres (5 %). Pour transporter ces déchets alimentaires, 85 % des collecteurs conduisaient une moto, 10 % un camion et 5 % un vélo. Les collecteurs utilisant un camion étaient plus organisés et pouvaient récupérer de plus grandes quantités. Les collecteurs à vélo recherchaient logiquement une certaine proximité avec les éleveurs urbains de porcs. Il a été observé que les collecteurs utilisaient plusieurs types de bidons bleus variant entre des petits contenants de 20 litres et de très grands bidons de plus de 200 litres.

Les données des recensements agricoles de 2001 et 2011 ont confirmé la diminution rapide du nombre d'éleveurs périurbains possédant au moins un porc par ménage

dans un rayon de 30 kilomètres autour de Hanoï. Nous avons estimé qu'il y avait environ 4 000 collecteurs de bidons bleus en 2016, représentant environ 40 % des éleveurs dans un rayon de 10 kilomètres, mais seulement 4 % dans un rayon de 30 kilomètres. En effet, à 30 kilomètres de Hanoï, d'autres grandes villes et zones industrielles peuvent fournir des déchets alimentaires aux éleveurs des environs (Cesaro *et al*., 2019).

Risques sanitaires et épidémiologiques liés au secteur informel

L'élevage d'animaux dans les villes, et en particulier dans les zones densément peuplées, entraîne de fortes contraintes et des risques élevés en matière de pollution environnementale et d'impact sur la santé des populations. L'élevage des porcs par les agriculteurs périurbains est pratiqué dans des conditions très variables. Nous avons identifié trois types d'élevage dans les zones périphériques de Hanoï :
– les exploitations localisées dans un environnement urbain contraint. Ce sont des zones sans parcelles agricoles. Les risques sanitaires et environnementaux liés à la gestion des déjections animales sont importants. Ce type d'élevage est courant dans les quartiers urbains périphériques ;
– les exploitations installées dans les zones agro-urbaines interstitielles. Elles ont bénéficié de la préservation de certaines zones agricoles dans l'espace urbain, en particulier le long des berges du fleuve Rouge ou dans des zones inondables restant disponibles pour le maraîchage ou l'arboriculture. Les risques sanitaires et environnementaux sont moins élevés dans ces exploitations ;
– les exploitations situées dans les zones rurales en périphérie des villes ou des villages. La localisation de ces élevages de porcs donne aux agriculteurs l'avantage de pouvoir gérer leurs effluents grâce à un accès direct à des parcelles agricoles ou à des lacs.

La pression exercée par l'élevage sur les ressources environnementales urbaines a amené les autorités à développer des programmes de relocalisation de l'élevage des villes vers les villages, dans des zones d'agriculture intensive (Cesaro *et al*., 2018).

L'étude épidémiologique a identifié trois types de risques sanitaires pour les porcs : physique, chimique et biologique. Concernant les risques physiques, l'une des affections type mentionnées est une fièvre provoquée par l'ingestion de cure-dents. Les risques chimiques sont élevés en raison de la contamination des déchets alimentaires par du liquide vaisselle. Concernant les risques biologiques, ils sont faibles parce que tous les agriculteurs cuisent les biodéchets alimentaires (Duong *et al*., 2017).

Le système de recyclage a récemment dû faire face à de nouvelles contraintes épidémiologiques et sanitaires. La première (épidémiologique) est liée à la propagation de la peste porcine africaine (PPA) en Chine, puis au Vietnam en 2018 et 2019. Selon la FAO, les pouvoirs publics locaux ont mis en œuvre des mesures strictes de contrôle des mouvements des porcs et des produits d'origine porcine provenant des communes infectées. Ils ont systématiquement abattu l'ensemble du cheptel des petits élevages où étaient déclarées des contaminations. Ces exploitations présentent un faible niveau de biosécurité car elles alimentent leurs

animaux par les eaux grasses, ce qui facilite la propagation de la PPA (FAO, 2019). Contrairement à la Chine, le Vietnam a opté pour une approche moins restrictive et laisse les éleveurs exercer leur activité en veillant à leurs bonnes pratiques et en limitant la commercialisation des porcs élevés par les petits producteurs en dehors des zones de production. La seconde contrainte d'ordre sanitaire est la pandémie de Covid-19 et la mise en œuvre de mesures de confinement. Les restaurants étant fermés, les collecteurs n'ont plus été en mesure d'accéder à leur principale ressource. Les éleveurs ont alors massivement vendu leurs porcs. Certains se sont tournés vers des systèmes d'agriculture plus conventionnels. Avec la réouverture des commerces, éleveurs et collecteurs ont pu reprendre leurs activités, quoique dans l'inquiétude de transmettre la PPA.

⏩ Conclusion

Les biodéchets alimentaires urbains représentent une ressource intéressante pour l'agriculture. Ils sont utilisés pour produire de l'énergie dans des méthaniseurs, servent d'engrais organique, de matériau industriel ou de nourriture pour les animaux d'élevage. Certaines pratiques de recyclage sont mises en œuvre dans de nombreuses grandes villes, aussi bien dans le Nord global que dans le Sud global, et elles proposent des alternatives intéressantes pour promouvoir l'économie circulaire liant villes et agriculture. Ces pratiques sont toutefois encore limitées, et les mesures encourageant le recyclage des biodéchets alimentaires urbains peuvent s'opposer aux principaux objectifs déclarés des politiques publiques en vigueur, par exemple celles qui visent à prévenir les pertes et le gaspillage alimentaires en les réduisant à la source. Il reste difficile d'industrialiser la collecte des déchets alimentaires sans agir sur la qualité organique et le potentiel agricole de ces matières. En outre, les réglementations limitent souvent les flux de recyclage en raison des risques sanitaires. Ainsi seule une petite partie des quantités mises en décharge est recyclée, en particulier dans le Nord global où les pratiques informelles sont rigoureusement réglementées.

L'élargissement de l'application de l'économie circulaire à la gestion des déchets alimentaires urbains nécessitera des investissements financiers, des innovations techniques et des solutions organisationnelles. Le développement durable des systèmes alimentaires urbains est fortement tributaire de leur rentabilité. Le règlement du problème des déchets alimentaires dans les grandes villes ne se limite toutefois pas à des questions d'investissements, d'organisation et d'innovation technique. C'est essentiellement un enjeu multidimensionnel exigeant des solutions spécifiques pour répondre à des problèmes et à des contextes précis, notamment les morphologies et les sociologies urbaines. Les efforts envisagés pour, d'un côté, réduire la production de biodéchets alimentaires à la source et, de l'autre, assurer le recyclage des biodéchets doivent être considérés en combinaison avec la diversification des systèmes alimentaires, le développement de l'économie circulaire et la croissance des économies participatives fondées sur les systèmes informels. Des plateformes multipartites seront nécessaires pour identifier les choix collectifs appropriés qu'il faudra faire dans chaque contexte. Le recyclage des déchets alimentaires reste un défi majeur pour l'avenir commun des villes et de l'agriculture.

Avec la croissance urbaine rapide que connaît le monde, cet enjeu va devenir de plus en plus important dans les années à venir.

Remerciements

Ce chapitre se fonde sur les résultats des projets P&G City et Bidons bleus, financés par le métaprogramme GloFoods du Cirad et d'INRAE (2015-2016). Nous souhaitons remercier ici tous les collègues impliqués dans ces deux projets qui ont participé aux activités de recherche et de terrain.

Références bibliographiques

Adhikari, B. K., Barrington, S. F., Martinez, J. (2009). Urban food waste generation: Challenges and opportunities. *International Journal of Environment and Waste Management*, *3*(1–2), 4–21. https://doi.org/10.1504/IJEWM.2009.024696

Ba, A., Moustier, P. (2010). La perception de l'agriculture de proximité par les résidents de Dakar. *Revue d'économie regionale urbaine*, *5*, 913–936. https://doi.org/10.3917/reru.105.0913

Borrello, M., Caracciolo, F., Lombardi, A., Pascucci, S., Cembalo, L. (2017). Consumers' perspective on circular economy strategy for reducing food waste. *Sustainability*, *9*(1), 141. https://doi.org/10.3390/su9010141

Cesaro, J.-D., Cantard, T., Nguyen Leroy, M.-L., Peyre, M.-I., Thanh Huyen, L. T., Duteurtre, G. (2019). Les élevages-recycleurs de déchets alimentaires à Hanoï : un service informel en transition [Food waste recycling with livestock farms in Hanoi: An informal system in transition]. *Flux*, *116–117*(2), 74–94.

Cesaro, J.-D., Porphyre, V., Duteurtre, G. (2018). Influence de l'industrialisation de l'élevage porcin au Vietnam sur la diversification des systèmes en intégration agriculture-élevage. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, *71*(1–2). https://doi.org/10.19182/remvt.31277

Chance, E., Ashton, W., Pereira, J., Mulrow, J., Norberto, J., Derrible, S., Guilbert, S. (2018). The plant—An experiment in urban food sustainability. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, *37*(1), 82–90. https://doi.org/10.1002/ep.12712

Dao Ngo (2001). Waste and informal recycling activities in Hanoi, Vietnam. *Third World Planning Review*, *23*(4), 405–429. https://doi.org/10.3828/twpr.23.4.61966251020431xv

Daviron, B. (2019). *Biomasse, une histoire de richesse et de puissance*. Éditions Quæ, Versailles.

Duong, M., Peyre, M., Rukkwamsuk, T. (2017). Qualitative assessment of pig health risks related to the uses of food waste for pig production in sub-urban of Hanoi capital, Vietnam. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.3084422

FAO (2011). Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome. https://www.fao.org/3/mb060e/mb060e00.pdf

FAO (2019). International assistance for Viet Nam's African Swine Fever response, Emergency Centre for Transboundary Animal Disease (ECTAD) – Viet Nam, http://www.fao.org/in-action/ectad-vietnam/news/detail/en/c/1185867/

Guilbert, S., Redlingshofer, B., Fuentes, C., Gracieux, M. (2016). Systèmes alimentaires urbains : comment réduire les pertes et gaspillages ? Research Report. Institut National de la Recherche Agronomique. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01743979

Kato, T., Dung, T. X. P., Hoang, H., Xue, Y. H., Tran, Q. V. (2012). Food residue recycling by swine breeders in a developing economy: a case study in Da Nang, Viet Nam. *Waste Management*, *32*, 2431–2438 https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.015

Mulrow, J. S., Derrible, S., Ashton, W. S., Chopra, S. S. (2017). Industrial symbiosis at the facility scale. *Journal of Industrial Ecology*, *21*(3), 559–571. https://doi.org/10.1111/jiec.12592

Nogueira, A., Ashton, W., Teixeira, C., Lyon, E., Pereira, J. (2020). Infrastructuring the circular economy. *Energies*, *13*(7), 1805. https://doi.org/10.3390/en13071805

Parfitt, J., Barthel, M., Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *365*(1554), 3065–3081. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126

Rakotomalala, T., Andriamanana, O., Mortillaro, J.-M., Andria-Mananjara, D. E., Dabbadie, L. (2017). Loses and wastes of the freshwater fish sector in Antananarivo, Madagascar. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26062.66882

Sautier, D., Thê Anh, D., Nguyen Ngoc, M., Moustier, P., Nghiêp, P. C. (2014). Enjeux de l'agriculture périurbaine et croissance urbaine à Hanoï. *In* Métropoles aux Suds, le défi des périphéries ?, Karthala, Paris, pp. 273–288. http://agritrop.cirad.fr/573933/

Tran, T. T. (1973). Pig breeding. *In Agronomical Data, Vietnamese Studies*, 38, 128–41. Xunhasaba, Hanoi.

Westerman, P. W., Bicudo, J. R. (2005). Management considerations for organic waste use in agriculture. *Bioresource Technology*, *96*(2), 215–221. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.011

Chapitre 14

Le maraîchage pour les villes africaines : contributions, défis et innovations au regard de la sécurité alimentaire

Perrine Burnod, Angel Avadí, Paula Fernandes, Frédéric Feder, Christine Aubry, Thibault Nordey, Laurence Defrise, Djibril Djigal, Audrey Jolivot, Stéphane Dupuy, Komi Assigbetsé, Hélène David-Benz, Coline Perrin, Valérie Andriamanga

Dans de nombreux pays africains, la production maraîchère a augmenté de façon notable depuis le début des années 2000 (FAO, 2019). Cette hausse découle de la croissance du nombre de consommateurs et de la part plus importante donnée aux légumes dans les régimes alimentaires et les budgets des ménages (Chauvin *et al*., 2012 ; OCDE/FAO, 2016). En Afrique, le développement du maraîchage est particulièrement important en contexte périurbain et s'explique par la périssabilité des produits et les difficiles conditions de transport (coûts élevés des transports et du stockage, absence ou insuffisance de la chaîne du froid et des infrastructures de transport). Sa large adoption est aussi liée aux opportunités qu'il offre aux producteurs présents dans les aires urbaines et périurbaines. Ces derniers valorisent des petites superficies, obtiennent des revenus à court terme, compatibles avec d'autres activités urbaines, et accèdent plus facilement aux marchés des intrants et des produits. Ce développement du maraîchage se confronte néanmoins à une pression foncière croissante, une concurrence exacerbée pour l'accès à l'eau, des structures de coût alourdies par les intrants chimiques importés, et une plus forte exigence des citoyens en matière de respect de l'environnement et de la santé.

Le maraîchage peut directement ou indirectement contribuer à la sécurité alimentaire des ménages urbains et des producteurs (par le biais de la consommation pour les premiers, de l'autoconsommation, des revenus ou des emplois pour les seconds). Dans ce contexte se posent cependant les questions de durabilité de l'activité maraîchère et des leviers pour favoriser sa contribution à la sécurité alimentaire.

Ce chapitre présente brièvement les résultats de trois projets financés par le métaprogramme GloFoodS entre 2017 et 2019 (voir Remerciements). Il aborde les trois questions suivantes liées à la sécurité alimentaire (sans aborder la dimension nutritionnelle). Tout d'abord, quelle est la contribution effective du maraîchage

intra- et périurbain à la sécurité alimentaire des consommateurs et des producteurs urbains ? Ensuite, comment la production maraîchère évolue-t-elle dans des contextes de compétition foncière et de pression sociale pour diminuer les effets environnementaux négatifs ? Et enfin, quelles sont les innovations techniques et institutionnelles pertinentes aux niveaux agronomiques et économiques pour réduire le recours aux intrants (chimiques et organiques) qui sont néfastes pour l'environnement et la santé des consommateurs ?

Ce chapitre examine des cas d'étude qui abordent le maraîchage dans quatre pays africains à différentes échelles : celles du territoire à Madagascar, des exploitations au sud du Bénin et des parcelles en Tanzanie et au Sénégal. L'analyse combine de nombreuses disciplines (économie, géographie, agronomie, etc.) et méthodologies (analyse d'images satellitaires, enquêtes quantitatives et qualitatives, analyse des chaînes de valeur, essais agronomiques en station et en milieu paysan, etc.). Les exemples fournis sont significatifs, mais non représentatifs de la grande diversité des systèmes maraîchers en Afrique.

⏩ Contributions du maraîchage à la sécurité alimentaire

Contributions à la sécurité alimentaire des ménages urbains

Des ceintures agricoles se développent fréquemment à proximité des villes africaines (Moustier et David, 1996 ; Moustier et Renting, 2015). À Madagascar, dans l'agglomération d'Antananarivo, capitale de plus de trois millions d'habitants, cette ceinture est particulièrement marquée. Dans un périmètre de 30 kilomètres autour du centre-ville, malgré la pression d'urbanisation, 45 % des terres sont encore cultivées (34 000 hectares) en riz, manioc, arboriculture et maraîchage (ce dernier occupe 8 % des terres cultivées, soit environ 2 700 hectares) (Dupuy *et al*., 2020). Par cette proximité et cette superficie, le maraîchage intra-urbain et périurbain joue un rôle clé pour la sécurité alimentaire des ménages urbains d'Antananarivo en matière de régularité, de quantité et de diversité de l'approvisionnement. Il fournit la capitale malgache lorsque les autres bassins maraîchers du pays sont peu productifs. Il représente une large partie de l'offre en légumes sur les marchés urbains (30 % à 100 % selon les productions) (Defrise *et al*., 2019), en proposant aux consommateurs une gamme de produits qui s'est diversifiée au fil des années (introduction du chou-fleur, du brocoli, des asperges, etc.) (Aubry *et al*., 2012). Au Sénégal, depuis les années 2000, la bande côtière allant de Dakar à Saint-Louis assure 80 % de la production nationale maraîchère et couvre 60 % des besoins de la capitale (Ba et Moustier, 2010). Dans le sud du Bénin, la filière maraîchère approvisionne les marchés locaux ainsi que les principaux marchés des pays voisins : ceux d'Accra au Ghana, et de Lagos et d'Ibadan au Nigeria (PADMAR, 2015).

Cependant, ces avantages en matière de sécurité alimentaire du maraîchage sont contrebalancés par des aspects plus critiques. Tout d'abord, l'accessibilité des produits est limitée par la grande pauvreté des ménages malgré des prix relativement faibles sur les marchés locaux. Ensuite, la qualité sanitaire des produits et leur impact sur l'environnement sont sources de nombreuses interrogations du fait de recours aux intrants chimiques non conventionnés, de mauvais usages des intrants

(dosages, traitement post-récolte sur les produits, etc.) (Madagascar : Aubry *et al*., 2012 ; Sénégal : Ba et Moustier, 2010 ; Bénin : Assogba-Komlan *et al*., 2007) et d'utilisation d'eaux usées pour l'irrigation (Madagascar : Dabat *et al*., 2010).

Contributions à la sécurité alimentaire des ménages producteurs

L'agriculture, et le maraîchage en particulier, contribue à la sécurité alimentaire des ménages qui en assurent la production. À Antananarivo, un ménage sur cinq est engagé dans des activités agricoles, soit faute d'obtenir des emplois alternatifs, soit afin de déployer une stratégie de diversification des activités (Defrise *et al*., 2019). Le maraîchage est une source d'emplois directs, et les revenus générés peuvent potentiellement améliorer l'accès aux aliments. Au sud du Bénin, un hectare en maraîchage génère entre trois et quatre emplois équivalent temps plein, un investissement en travail couvert à 30 % par les exploitants agricoles et à 70 % par des ouvriers (Avadí *et al*., 2020). Cette activité est de plus accessible à des profils de producteurs très divers (locaux et migrants, hommes et femmes, juniors et seniors).

Le maraîchage est plus risqué que les autres cultures agricoles (climat, pression parasitaire, périssabilité) et source de débours monétaires (semences, fertilisants, traitements), mais il constitue une activité rentable pour les producteurs ayant accès à de petites superficies, à l'eau et aux marchés (intrants et produits). Il permet d'avoir des retours monétaires rapides (grâce à des productions de cycles courts) ; il se pratique en saison et en contre-saison (alors que les autres cultures sont saisonnières), et il procure une rémunération à l'hectare (de façon plus systématique que la rémunération à la journée de travail) généralement supérieure aux autres cultures (céréales, légumineuses, etc.) (Schreinemachers *et al*., 2018). Ces entrées monétaires régulières et l'autoconsommation des invendus contribuent à la sécurité alimentaire des maraîchers. Dans l'agglomération d'Antananarivo, les producteurs utilisent entre 5 % et 12 % du volume de leur production pour leur autoconsommation (oignon vert, 4 % ; tomate et carotte, 7 % ; haricot vert, 8 % ; petit pois, 10 % ; légumes-feuilles, 12 %) (enquête auprès de 634 ménages, Defrise, 2020).

⏩ Évolution des systèmes de production et réduction des impacts environnementaux

Évolution des systèmes de production en situation de pression foncière

Les systèmes de production maraîchers sont soumis à différentes pressions mais poursuivent leur extension spatiale. Dans l'agglomération d'Antananarivo, à l'instar de nombreuses capitales, l'espace urbain s'étend au détriment de l'espace agricole (3,2 % par an). Contre toute attente, malgré cette réduction de l'espace agricole[18], l'espace cultivé continue sa progression (Defrise *et al*., 2019). L'avancée des espaces bâtis et cultivés se fait de façon concomitante au détriment des terres de pâturages,

18. L'espace agricole comprend les zones cultivées et non cultivées, telles que les pâturages, les parcours et les friches.

des parcours et des friches (Defrise *et al*., 2019). Cette progression des espaces cultivés découle en partie de la plasticité des systèmes maraîchers.

Dans l'agglomération d'Antananarivo, où les politiques publiques sur l'agriculture urbaine sont quasi absentes et la demande pour les produits maraîchers est croissante, différents facteurs contribuent au développement du maraîchage (Defrise *et al*., 2019). Premièrement, dans des contextes de fortes densités de population et de bâti (5 000 à 40 000 habitants au kilomètre carré), l'augmentation des espaces bâtis limite les superficies cultivées, change les modalités d'accès à l'eau et aux matières organiques, et incite les agriculteurs à intensifier en travail et en capital leurs pratiques agricoles. Ensuite, l'écoulement des eaux grises contribue à la surfertilisation des parcelles, ce qui nuit à la production du riz (croissance des talles au détriment du grain), mais bénéficie aux légumes-feuilles, notamment au cresson (Dabat *et al*., 2010). Enfin, les risques de contestation des droits fonciers invitent les producteurs à mettre en valeur leurs terres de façon continue, et le maraîchage participe à ce marquage territorial. Néanmoins, lorsque la pression foncière devient trop forte, le maraîchage disparaît au profit du bâti et des infrastructures (telles que des nouvelles routes dans les bas-fonds pour désenclaver la ville). Toujours dans l'agglomération d'Antananarivo mais dans des contextes de moindre densité de population et de bâti (300 à 1 000 habitants au kilomètre carré), les facteurs de développement du maraîchage diffèrent (Defrise *et al*., 2019). Le bâti se développe sur les hauts de colline, tandis que le maraîchage se pratique dans les bas-fonds en contre-saison, mais également sur les versants des collines en saison. Les agriculteurs héritent de petites parcelles et peinent à acheter des terres de bas-fonds (les opportunités pour acheter ces terres, dédiées au riz, sont rares et les prix élevés). Ils sont alors contraints de développer du maraîchage sur des terres situées sur les versants des collines, disponibles par la réactivation de droits sur les terres familiales, ou accessibles à moindre coût du fait de leur moins bonne qualité.

Au Sénégal et au Bénin, au sein des capitales, le maraîchage a disparu pour laisser place aux services urbains (logement, bureau, routes, etc.) (Alinsato et Yagbedo, 2018). Dans la périphérie nord-est de Dakar au Sénégal, le maraîchage ne disparaît pas malgré un fort étalement urbain (à hauteur de 5,5 % par an) (figure 14.1, carte réalisée par Jolivot, 2021). Il connaît une dynamique de relocalisation et d'expansion. Comme observé dans l'agglomération d'Antananarivo, les superficies cultivées en périphérie de Dakar s'étendent, et celles dédiées au maraîchage et aux vergers se développent (environ 300 hectares par an) (figure 14.1), y compris sous des formes innovantes comme le micromaraîchage sur les toits ou dans les cours d'immeubles (Ba, 2007 ; Ba et Cantoreggi, 2018). Cette croissance est favorisée par les besoins alimentaires des ménages et le caractère rentable de l'activité (paysans et élites urbaines investissent dans l'agriculture). Conséquence de cet accroissement de la population, des espaces bâtis et de l'agriculture irriguée, les nappes phréatiques sont de plus en plus sollicitées et, selon des modèles hydrogéologiques récents, elles tendraient à diminuer (DGPRE, 2014).

Évolution des systèmes de production pour réduire les impacts environnementaux

De façon générale dans les différents pays étudiés, trois types de systèmes d'exploitation maraîchère coexistent. Les premiers sont qualifiés de conventionnels. Ils sont basés sur l'utilisation des engrais organiques et minéraux, ainsi que des

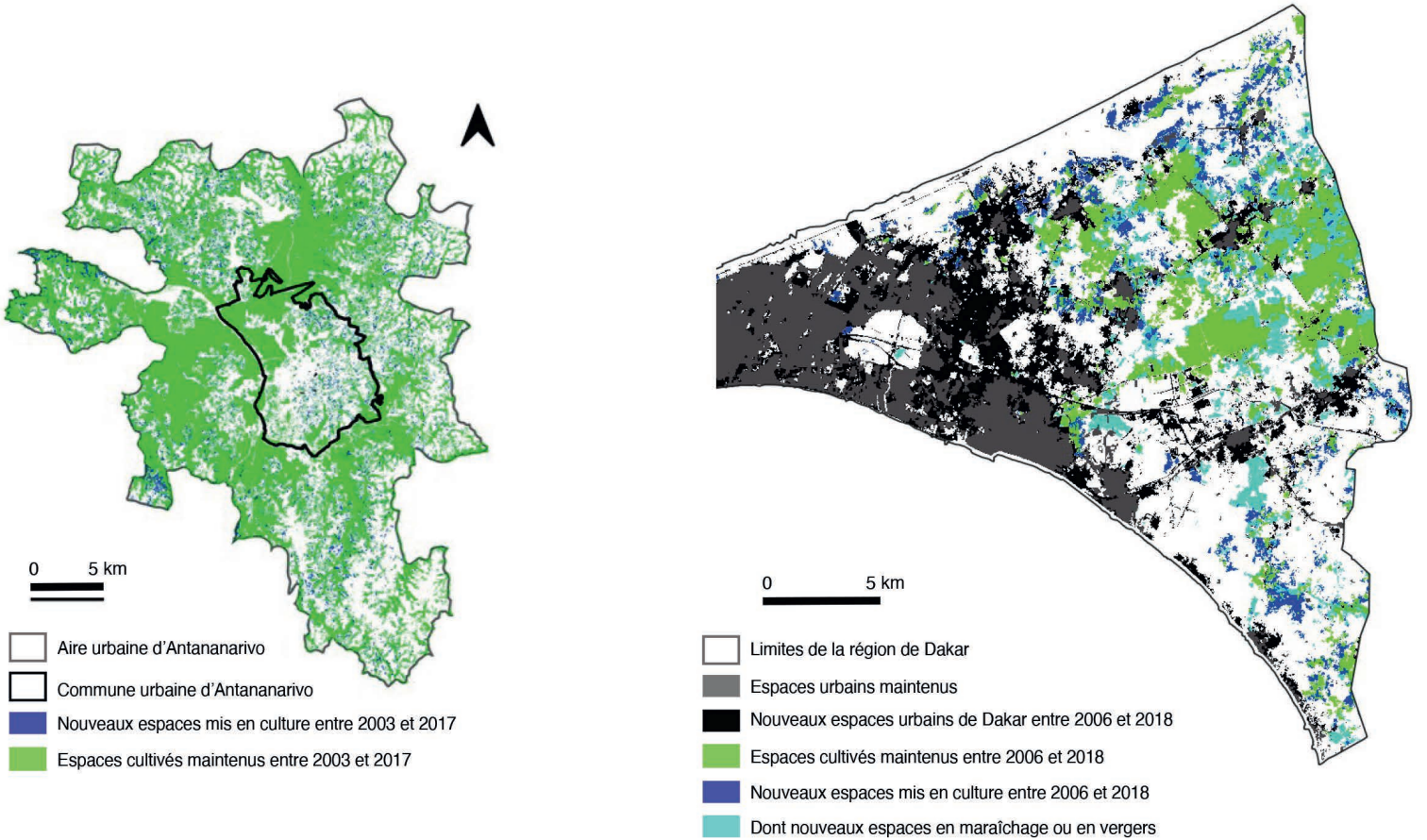

Figure 14.1. Évolution des superficies cultivées dans l'agglomération d'Antananarivo (Madagascar) et des superficies irriguées dans les environs de Dakar (Sénégal) (source : pour Madagascar, d'après Dupuy *et al*., 2020 ; pour le Sénégal, réalisé par Jolivot, 2021).

pesticides chimiques de synthèse. Ils prédominent généralement en superficie et en nombre de ménages. Les deuxièmes sont « raisonnés ». Ils recourent aux produits de synthèse, mais visent à maîtriser les quantités d'intrants et la qualité des pratiques (timing, dose et matériel adaptés). Les troisièmes sont les systèmes d'agriculture biologique (AB) ou en transition agroécologique (TAE). Ils n'utilisent que des intrants naturels – engrais organiques et biopesticides –, et ils excluent l'utilisation d'engrais et de pesticides de synthèse (ou ils sont en voie de le faire pour ceux en TAE). En pratique, il y a un continuum entre ces différents systèmes. Au Bénin, au Sénégal et à Madagascar, les maraîchers certifiés en AB et en TAE sont encore peu nombreux (certification par un tiers ou participative)[19].

La différenciation des systèmes de productions et, en particulier, le développement des systèmes AB et TAE résultent de plusieurs facteurs. Certains facteurs impactent la demande en produits biologiques, tels que la plus grande sensibilité des consommateurs et des producteurs aux problèmes d'environnement et de santé, ou encore l'émergence de marchés de niche plus rémunérateurs et de filières courtes, développées dans le cadre de relations de proximité entre producteurs et consommateurs. D'autres facteurs jouent sur l'offre, comme l'augmentation du coût des intrants importés, les activités de sensibilisation des producteurs aux dangers des pesticides, mais aussi, en Afrique, le différentiel de rendement beaucoup plus limité entre AB et agriculture conventionnelle pour les fruits et légumes que pour les cultures céréalières (De Bon *et al*., 2018). Enfin, certains facteurs influencent l'offre et la demande de façon conjointe, tels que le plaidoyer (ateliers, communications dans les médias, manifestations publiques) et les formations dispensées par les organisations de la société civile (ONG de développement agricole, associations de consommateurs).

Un difficile compromis entre impacts sociaux, économiques et environnementaux

Dans le sud du Bénin, les impacts des différents systèmes de production, localisés dans trois sites différents, ont été analysés au moyen de l'analyse du cycle de vie (ACV) et d'indicateurs socio-économiques, à l'échelle de 69 unités de production, sur un ensemble de cultures d'intérêt (carottes, tomates, légumes-feuilles et cucurbitacées). Pour l'ACV, tous les intrants (ressources consommées) et les produits (légumes, déchets, émissions) par hectare de production maraîchère ont été considérés (pour plus de détail, voir Avadí *et al*., 2021).

Deux résultats principaux apparaissent pour ces exploitations du sud du Benin. Tout d'abord, pour l'ensemble des cultures, les différences en matière d'impacts environnementaux des systèmes conventionnels et raisonnés ne sont pas statistiquement significatives (figure 14.2). Elles le sont par contre entre ces deux systèmes et l'AB. Les systèmes en AB génèrent de moindres rendements et, du fait d'un différentiel de prix limité, de moindres revenus que l'agriculture conventionnelle. Ajouté à cela, contre toute attente du fait de l'absence d'usage de

19. Ceux qui ont adopté ce système appartiennent respectivement au réseau Association pour le maintien de l'agriculture paysanne (AMAP-Bénin) et à la Fédération nationale pour une agriculture écologique et biologique (FENAB - Sénégal).

produits de synthèse, l'AB génère plus d'impacts environnementaux négatifs que les autres systèmes. Cela est lié au fait que les exploitants surdosent les fertilisants organiques pour compenser les pertes de rendements des cultures sur des sols sableux, ce qui engendre des émissions directes (par exemple, Perrin *et al*., 2015).

Ensuite, les différences entre exploitations au sein d'un même système de production (conventionnel, biologique ou raisonné), et même entre sites de production (Ouidah, Sèmè-Kpodji et Houéyiho), sont également importantes. Elles s'expliquent par la technologie d'irrigation, les pratiques de fertilisation, les types de rotations et l'utilisation de cultures associées à valeur phytosanitaire (par exemple, la citronnelle), ainsi que par des différences de caractéristiques des sols, etc.

La promotion d'un système de production dépend de choix politiques des acteurs du territoire et des priorités données à l'environnement, aux dimensions socio-économiques ou, dans une perspective de durabilité, au deux de façon conjointe.

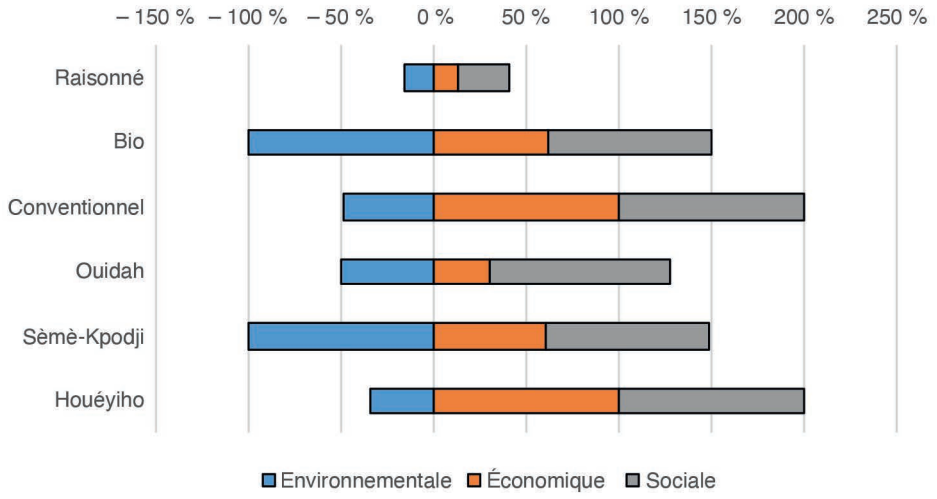

Figure 14.2. Comparaison de la durabilité des systèmes maraîchers au sud du Bénin, par type de système et par site de production (impacts socio-économiques positifs et environnementaux négatifs) (source : Avadí *et al*., 2020).

Des pistes d'innovations pour un maraîchage plus durable

Innovations agronomiques

Réduire l'impact environnemental et sanitaire des activités maraîchères implique d'accompagner les producteurs, l'exemple du Bénin soulignant la nécessité pour les producteurs de mieux gérer leur fertilisation organique. Cela implique également de proposer des innovations pour disposer d'outils fiables et peu coûteux pour suivre la composition du sol, réduire drastiquement l'emploi des pesticides de synthèse utilisés pour lutter contre les bioagresseurs, aériens comme telluriques, et

encourager l'utilisation des résidus organiques locaux en substitution de fertilisants minéraux importés. Cela permet à la fois de restaurer la santé des sols et de réduire la dépendance aux importations. Le facteur clé du développement des pratiques agroécologiques est la possibilité de limiter les coûts de production.

Concernant la lutte contre les ravageurs aériens, une alternative à l'emploi des pesticides de synthèse est l'utilisation de filets anti-insectes réutilisables. En Tanzanie (tableau 14.1), cette technologie, testée chez 50 producteurs maraîchers sur des abris de fabrication locale en bambou, a permis un gain de rendement en choux pour tous les producteurs (selon la saison, entre 17 % et 44 %) et une réduction marquée de l'utilisation de pesticides (2,8 à 3,5 fois moins d'applications) (Nordey *et al*., 2020a, 2020b). Au Sénégal, cette technologie adaptée sur des abris de fabrication locale en fers à béton (matériaux disponibles localement) a également permis une réduction de l'utilisation de pesticides et une augmentation des rendements (pour les choux notamment). Cependant, pour lutter contre la prolifération d'insectes de très petite taille, capables de passer entre les mailles du filet (pucerons), il s'avère nécessaire soit d'ouvrir les filets trois jours par semaine pour permettre l'entrée des auxiliaires (par exemple, les coccinelles locales), soit de lâcher des auxiliaires élevés localement (tel *Nesidiocoris tenuis)*.

Tableau 14.1. Comparaison du nombre d'applications de pesticides selon les méthodes de production (source : Nordey *et al*., 2020 b, avec l'autorisation de la revue Crop Protection).

Saison	Traitement	Nombre d'applications de pesticides	Nombre d'applications de fongicides
1	Tunnel + filet anti-insectes réutilisable	1,9 ± 1,2 b	0
	Champ ouvert	6,2 ± 1,6 a	0
2	Tunnel + filet anti-insectes réutilisable	1,5 ± 0,6 b	2,9 ± 0,8
	Champ ouvert	4,3 ± 1,1 a	3,0 ± 0,8

Les données sont des moyennes et précisent les écarts types (±). Les lettres indiquent s'il y a des différences significatives entre les traitements ($p<0.05$)

Concernant la lutte contre les nématodes à galles, parasites telluriques majeurs en maraîchage, trois innovations ont été testées au Sénégal, au champ en station. La première a été d'introduire en rotation (en hivernage), ou en association, des légumineuses dotées de propriétés nématicides. Deux variétés d'arachide et trois espèces de crotalaires (genre *Crotalaria*) se sont montrées efficaces pour contrôler les nématodes *Meloidoygne* sp., tant au niveau des populations dans le sol que dans les racines. Deux espèces de crotalaires sur les trois testées (*C. spectabilis* et *C. retusa*) ont, de plus, contrôlé d'autres espèces de nématodes phytoparasites (*Pratylenchus*, *Tylenchorynchus* et *Ditylenchus*). La deuxième innovation a consisté à utiliser des crotalaires (*C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. retusa*) en précédent cultural et à les comparer avec les variétés résistantes d'arachide. Grâce aux crotalaires,

les racines des tomates étaient totalement indemnes de galles trois mois après la plantation et les rendements en fruits plus élevés (+ 60 % de rendement avec un précédent *C. spectabilis* en utilisant comme témoin la jachère naturelle pourtant faiblement infestée). Une troisième innovation a été d'associer aux aubergines des plantes à propriétés nématicides, l'association s'adressant aux producteurs ne pouvant pas faire de rotation assainissante pendant l'hivernage. Cette association s'est montrée très efficace pour contrôler *Meloidogyne* sp. et plus efficace que le traitement chimique de référence (MOCAP® EC). Pour éviter la diminution du rendement en aubergine, les tests ont conclu que deux pieds de plante assainissante par pied d'aubergine offraient le meilleur compromis entre contrôle des nématodes et rendement de la culture, comparable au témoin.

Concernant l'amélioration des rendements, la dernière innovation testée au Sénégal a été d'utiliser des microorganismes autochtones bénéfiques (MAB), produits à partir de litières issues de différents sites. Le test a confirmé pour certains de ces MAB le potentiel biostimulant réel sur la production végétale et la vigueur des plantes, ainsi que le potentiel de biocontrôle de certains bioagresseurs des cultures (pucerons, teigne du chou et nématodes à galles ; figure 14.3). Ces effets pourraient résulter de la présence de microorganismes bénéfiques dans les MAB ou de certains métabolites produits par ces consortia microbiens (par exemple, phytohormones, composés biocides) qui doivent être isolés, identifiés et quantifiés.

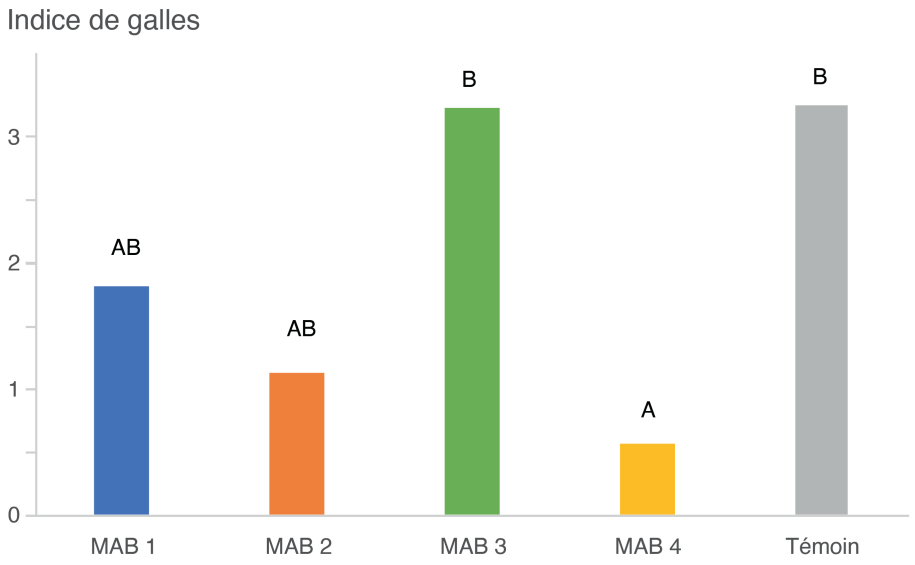

Figure 14.3. Effets de quatre microorganismes autochtones bénéfiques (MAB) issus de trois régions écologiques du Sénégal sur l'indice de galles de la laitue en milieu paysan dans les périmètres maraîchers à proximité de Baba Garage, Sénégal (source : Papa Samba Diagne, 2020, mémoire de fin d'études, ISFAR).

Différentes lettres indiquent des différences significatives ($p<0.05$) entre les traitements. Plus l'indice de galles est élevé, plus la pression du *Meloidogyne* est importante (échelle de 0 à 10).

Innovations institutionnelles

Le développement du maraîchage et son accompagnement vers des systèmes durables impliquent le déploiement de mesures techniques mais aussi socio-économiques et institutionnelles.

Pour appuyer les producteurs dans leur transition agroécologique, les filets anti-insectes et les systèmes d'irrigation adaptés (petite aspersion) sont deux leviers techniques clés, mais ils constituent des investissements lourds pour les exploitations familiales. En Tanzanie, les filets anti-insectes ne sont rentabilisés qu'à partir de deux années de production (c'est-à-dire, après le sixième cycle de culture), bien que les tunnels soient fabriqués à partir de matériaux peu coûteux disponibles localement (bambous). Cela tient au faible prix de vente des produits, ainsi qu'à l'incapacité pour les consommateurs de distinguer des qualités sanitaires différentes sur de simples critères visuels. De même, le recours aux fertilisants organiques locaux est actuellement faible par manque de connaissances des acteurs de la filière, de disponibilité des matières premières et de compétitivité des productions organiques face à certains fertilisants importés. Les coûts de production des fertilisants organiques sont en effet souvent fortement alourdis par les coûts de transport des matières premières à recycler. Enfin, les intrants biologiques et les biopesticides sont peu connus des producteurs locaux et souvent peu disponibles auprès des revendeurs d'intrants agricoles.

À Madagascar, dans la zone périurbaine d'Antananarivo, une transition agroécologique est promue par des projets de développement ASA & Afafi-EU, qui encourage les innovations organisationnelles au niveau de la production et de la mise en marché. Les paysans « leaders » sont formés et testent des pratiques agroécologiques, puis, après une ou deux saisons, ils forment à leur tour d'autres agriculteurs de leur village (David-Benz et Mino, 2018). Ces groupes informels favorisent les échanges d'expériences et l'apprentissage mutuel. Pour bénéficier de meilleures conditions de vente, ces différents groupes se coordonnent avec des collecteurs locaux. Ils ont commencé sur cette base un système participatif de garantie de la qualité. De telles évolutions, incluant des changements de pratiques et des nouveaux arrangements institutionnels, sont facilitées par la proximité géographique de ces zones de production périurbaines. Cependant, le processus d'apprentissage est long, des ajustements sont nécessaires en différents points, et les agriculteurs ont besoin d'être accompagnés dans la durée.

Les pistes d'actions sont donc multiples et complémentaires. Elles peuvent toucher la production, par le jeu de subventions et de crédits bonifiés aux producteurs (pour engager les investissements tels que la micro-aspersion), ainsi que par le partage de savoirs et la formation (fiches techniques sur le recyclage des fertilisants). Elles peuvent porter sur l'amont, pour développer des filières locales de production de bioproduits (subvention du coût de transport des matières à recycler) et d'élevage d'auxiliaires issus de la valorisation de la biodiversité autochtone (investissement dans la recherche action). Elles peuvent enfin toucher l'aval, par la mise en place de certifications participatives pour distinguer les produits sur les marchés, garantir aux consommateurs le respect d'un cahier des charges spécifique et augmenter les prix de vente. Toutefois, dans des pays à faibles revenus, ces produits ne sont pas accessibles au

plus grand nombre et restent destinés à des niches restreintes. À défaut d'émergence d'une large classe moyenne pouvant acquérir ces produits à un prix plus rémunérateur, une adoption généralisée de ces modes de production nécessiterait des mesures de réduction des coûts de production plutôt que d'accroissement du prix de vente.

Conclusion

Le maraîchage se développe dans les ceintures des villes africaines pour répondre à la demande croissante des consommateurs. Grâce aux capacités d'adaptation des exploitants agricoles, les systèmes maraîchers sont très plastiques et parviennent à se maintenir en ville et à se développer en zones périurbaines. L'enjeu est d'accompagner leur développement afin qu'ils soient durables d'un point de vue social, économique et environnemental (par exemple, Temple et De Bon, 2020). Cela implique des innovations techniques et institutionnelles à trois niveaux. Au niveau de la production, des politiques de soutien sont nécessaires pour accompagner les producteurs dans l'usage de techniques et de matériels permettant les économies en eau, la valorisation de la biodiversité et le recyclage des matières organiques. Au niveau des filières, des actions publiques sont nécessaires pour stimuler le développement de nouveaux services (élevage d'auxiliaires, transport de matières à recycler), pour reconnaître et promouvoir la différenciation des produits, notamment par des systèmes participatifs de garantie, et pour inviter les consommateurs à mieux apprécier les pratiques de production respectueuses de l'environnement et de la santé. Au niveau des territoires locaux et régionaux, des engagements des décideurs sont nécessaires pour assurer un aménagement du territoire organisant la coexistence de l'agriculture et des espaces bâtis, et pour sécuriser les droits fonciers et l'accès à l'eau des producteurs dans des espaces de plus en plus concurrentiels.

Remerciements

Ce chapitre s'appuie sur les résultats de trois projets de recherche financés par le métaprogramme GloFoodS : Légende (Madagascar), Maraîbénin (Bénin) et Automar (Sénégal et Tanzanie).

Références bibliographiques

Alinsato, A., Yagbedo, U. (2018). Analyse d'offre des produits maraîchers au Bénin. Working paper, WTO,2018.http://wtochairs.org/benin/research/analyse-d-offre-des-produits-mara-chers-au-b-nin

Assogba-Komlan, F., Anihouvi, P., Achigan, E., Sikirou, R., Boko, A., Adje, C., Ahle, V., Vodouhè, R., Assa, A. (2007). Pratiques culturales et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpum* au sud du Bénin. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, *7*(4).

Aubry, C., Ramamonjisoa, J., Dabat, M. H., Rakotoarisoad, J., Rakotondraibee, J., Rabeharisoaf, L. (2012). Urban agriculture and land use in cities: An approach with the multi-functionality and

sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar). *Land Use Policy*, *29*, 429–439. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.08.009

Avadí, A., Hodomihou, N. R., Amadji, G. L., Feder, F. (2021). LCA and nutritional assessment of southern Benin market vegetable gardening across the production continuum. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *26*(10), 1977–1997. https://doi.org/10.1007/s11367-021-01977-z

Avadí, A., Hodomihou, R., Feder, F. (2020). Maraîchage raisonné versus conventionnel au sud-Bénin : comparaison des impacts environnementaux, nutritionnels et socio-économiques. INRA-CIRAD, Métaprogramme GloFoodS. https://agritrop.cirad.fr/596364/

Ba, A. (2007). Les fonctions reconnues à l'agriculture intra et périurbaine (AIPU) dans le contexte dakarois : caractérisation et diagnostic de durabilité de cette agriculture en vue de son intégration dans le projet urbain de Dakar (Sénégal) [Thèse, AgroParisTech (Paris) et université Cheik Anta Diop (Dakar)]. http://graduateschool.agroparistech.fr/these.php?id=1295

Ba, A., Moustier, P. (2010). La perception de l'agriculture de proximité par les résidents de Dakar. *Revue d'économie régionale urbaine*, *5*, 913–936. https://doi.org/10.3917/reru.105.0913

Ba, A., Cantoreggi, N. (2018). Agriculture urbaine et périurbaine (AUP) et économie des ménages agri-urbains à Dakar (Sénégal). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, *3*(1), 195-207. http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/3.1.25

Chauvin, N. D., Mulangu, F., Porto, G. (2012). Food production and consumption trends in Sub-Saharan Africa: Prospects for the transformation of the agricultural sector. Working paper, UNDP, regional bureau for Africa: 2012:11. https://www.undp.org/content/dam/rba/docs/Working%20Papers/Food%20Production%20and%20Consumption.pdf

Dabat, M.-H., Andrianarisoa, B., Aubry, C., Ravoniarisoa, E. F., Randrianasolo, H., Rakoto, N., Sarter, S., Trèche, S. (2010). Production de cresson à haut risque dans les bas-fonds d'Antananarivo ? *VertigO*, *10*, 2. https://doi.org/10.4000/vertigo.10022

David-Benz, H., Mino, A. (2018). Les dispositifs de coordination entre producteurs maraîchers et TPE en zone périurbaine d'Antananarivo. Caractérisation et typologie. PROFAPAN, CIRAD, AGRISUD, Antananarivo. https://agritrop.cirad.fr/588694/

Defrise, L. (2020). Terres agricoles face à la ville: logiques et pratiques des agriculteurs dans le maintien des espaces agricoles à Antananarivo, Madagascar [Thèse, AgroParisTech, Paris]. https://agritrop.cirad.fr/597854/1/Defrise_2020_Terres_agricoles_face_%C3%A0_la_ville_logiques_et_pratiques_des_agriculteurs_Antananarivo_HR.pdf

Defrise, L., Burnod, P., Tonneau, J. P., Andriamanga, V. (2019). Disparition et permanence de l'agriculture urbaine à Antananarivo. *L'Espace géographique*, *48*, 263. https://doi.org/10.3917/eg.483.0263

Papa Samba Diagne (2020). Évaluation de l'efficacité des microorganismes autochtones bénéfiques en conditions réelles de production dans les périmètres maraîchers agroécologiques des villages de Keur Ousmane Kane et Tawa Fall de la commune de Baba Garage (Bambey) [Mémoire de diplôme d'ingénieur des travaux agricoles de l'ISFAR/UADB].

Dupuy, S., Defrise, L., Lebourgeois, V., Gaetano, R., Burnod, P., Tonneau, J.-P. (2020). Analyzing urban agriculture's contribution to a southern city's resilience through land cover mapping: the case of Antananarivo, capital of Madagascar. *Remote Sensing*, *12*(12). https://doi.org/10.3390/rs12121962

De Bon, H., Temple, L., Malézieux, E., Bendjebbar, P., Fouilleux, E., Silvie, P. (2018). L'agriculture biologique en Afrique : un levier d'innovation pour le développement agricole [Organic agriculture in Africa: a source of innovation for agricultural development]. *Perspective*, 48. https://doi.org/10.19182/agritrop/00035

DGPRE (2014). Étude du plan de gestion des ressources en eau de la sous UGP Niayes. Rapport provisoire. Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, Dakar. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/dgpre_etude_du_plan_de_gestion_des_ressources_en_eau_de_la_sous_ugp_niayes_2014.pdf

FAOSTAT (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT Database. https://www.fao.org/faostat/en/

Jolivot, A. (2021). Cartographie de l'occupation du sol de la zone des Niayes (Sénégal) en 2018 (1.5 m de résolution). CIRAD Dataverse, V1. https://doi.org/10.18167/DVN1/KJAS6S

Moustier, P., David, O. (1996). Études de cas de la dynamique du maraichage périurbain en Afrique subsaharienne. FAO/CIRAD. https://www.fao.org/publications/card/en/c/52b8bad1-66b9-5d76-90dc-5b4ca18f7ee2/

Moustier, P., Renting, H. (2015). Urban agriculture and short chain food marketing in developing countries. *In* de Zeeuw, H., Drechsel, P. (Eds). *Cities and Agriculture. Developing Resilient Urban Food Systems*. Routledge, London, pp. 121–138. https://doi.org/10.4324/9781315716312

Nordey, T., Faye, E., Chailleux, A., Parrot, L., Simon, S., Mlowe, N., Fernandes, P. (2020b). Mitigation of climatic conditions and pest protection provided by insect-proof nets for cabbage cultivation in East Africa. *Experimental Agriculture*, *56*, 608–619. https://doi.org/10.1017/S0014479720000186

Nordey, T., Ochieng, J., Ernest, Z., Mlowe, N., Mosha, I., Fernandes, P. (2020a). Is vegetable cultivation under low tunnels a profitable alternative to pesticide use? The case of cabbage cultivation in northern Tanzania. *Crop Protection*, *134*, 105169. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105169

OCDE/FAO (2016). L'agriculture en Afrique subsaharienne. *In Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016–2025*. OECD Publishing, Paris, pp. 63–104. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-fr

PADMAR (2015). Projet d'appui au développement du maraîchage (PADMAR). Rapport de conception de projet – Version finale. Rapport principal et appendices. République du Bénin. https://www.ifad.org/fr/-/document/rapport-de-conception-de-projet-version-finale

Perrin, A., Basset-Mens, C., Huat, J., Yehouessi, W. (2015). High environmental risk and low yield of urban tomato gardens in Benin. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*(1), 305–315. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0241-6

Schreinemachers, P., Simmons, E. B., Wopereis, M. C. (2018). Tapping the economic and nutritional power of vegetables. *Global Food Security*, *16*, 36–45. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.09.005

Temple, L., De Bon, H. (2020). L'agriculture biologique : controverses et enjeux globaux de développement en Afrique [Organic agriculture: Controversies and global development issues in Africa]. *Cahiers Agricultures*, *29*, 3. https://doi.org/10.1051/cagri/2020002

Conclusion
GloFoodS : un acteur et un marqueur des transformations profondes de l'agenda international

Patrick Caron, Marion Guillou

Alors qu'INRAE et le Cirad mettaient en œuvre le programme interdisciplinaire GloFoodS en 2014, l'agenda international était complètement transformé au même moment. La sécurité alimentaire, formellement érigée en priorité mondiale essentielle lors de la Conférence mondiale de l'alimentation en 1974, cédait progressivement la place au concept de systèmes alimentaires durables. Alors que la seconde moitié du XX^e^ siècle connaissait une croissance démographique vertigineuse, l'accent mis sur l'augmentation de l'offre et l'organisation des échanges tout en stabilisant les prix s'est accompagné de critiques croissantes et d'appels à de profonds changements dans les modes de pensée et d'action. Ainsi, MacIntyre *et al*. (2009) ont mis l'accent sur les systèmes d'apprentissage, et Beddington *et al*. (2011) ont appelé les acteurs de la recherche à relever le défi du changement climatique en modifiant les systèmes alimentaires. La concomitance de ces deux mouvements reflète une double réalité. D'une part, les communautés scientifiques contribuent activement à l'évolution des agendas internationaux, et d'autre part, elles sont également profondément impactées par ces changements. Le programme GloFoodS apparaît ainsi comme un excellent marqueur de ce changement global. Si les projets qu'il a financés sont concentrés dans le domaine de la sécurité alimentaire, nous pouvons néanmoins constater l'émergence du concept de système alimentaire.

Dès le début des années 2000, le monde a pris conscience que les systèmes alimentaires font partie intégrante des questions complexes et intersectorielles de durabilité pour la planète et l'humanité. L'attribution du prix Nobel de la paix 2007 au GIEC a mis en évidence l'importance du changement climatique, et l'appel de son président, Rajendra Pachauri, à cesser de manger de la viande, a réaffirmé l'importance de la question. Avec le tremblement de terre de 2010 en Haïti et après les émeutes de la faim en 2008, les dirigeants mondiaux ont remis la question de l'alimentation au premier plan de l'agenda international. Il ne s'agit plus de se contenter de produire plus – une priorité légitime du XX^e^ siècle – mais de repositionner l'alimentation

dans la construction de notre monde futur (Caron *et al*., 2018). Ces idées ont été consacrées par le rapport mondial sur le développement durable de l'ONU en 2019.

Nous pouvons identifier au moins cinq changements majeurs, dont GloFoodS a rendu compte. Ces changements ne sont pas apparus soudainement lorsque le concept de système alimentaire a gagné du terrain. C'est plutôt la communauté des chercheurs qui les a préparés et développés, en même temps que les réflexions critiques qui ont marqué ses propres orientations, sa gestion et sa programmation au cours des dernières décennies. L'une des ambitions majeures de la recherche est ainsi affirmée : produire des connaissances qui peuvent aider à penser et à structurer l'action.

Le premier de ces cinq changements majeurs concerne le progrès technique. Seul, il n'est plus suffisant pour répondre aux questions sociétales et relever les défis auxquels sont confrontées les institutions de recherche agricole. Progrès technique, productivité, production, augmentation des revenus et sécurité alimentaire ne vont plus de pair, comme l'illustre le paradoxe de Sikasso (Dury et Bocoum, 2012). C'est le cas dans toutes les régions et tous les pays, et pas seulement au Mali. Toute technique permettant d'augmenter le rendement des cultures n'est pas systématiquement rentable ou adoptée par les agriculteurs (Sebillotte, 1996), comme c'était le cas auparavant. Les performances technologiques et la pertinence du changement technique doivent désormais répondre à des questions beaucoup plus complexes, d'autant plus qu'elles varient d'un endroit à l'autre. Au-delà du rendement immédiat des cultures, la résilience des systèmes de production (Bousquet *et al*., 2014) – notamment en cas de conditions climatiques perturbatrices, d'aléas de toutes sortes et d'incertitudes sur les prix – devient essentielle pour que les acteurs puissent mettre en œuvre de nouvelles techniques. Dans ce contexte, les institutions de recherche agricole se tournent de plus en plus vers les sciences humaines et sociales (Goulet *et al*., 2022) et les approches systémiques, qui ont émergé dans les années 1980 pour étudier les processus d'innovation et soutenir les comportements et les prises de décision des producteurs. L'attention croissante portée à la dimension institutionnelle de l'écosystème d'innovation (Coudel *et al*., 2012) reflète les enjeux associés aux conditions, aux modalités et aux conséquences du changement technique. Les tensions et les crises qui en résultent, comme celles qui entourent les organismes génétiquement modifiés (OGM), la maladie de la vache folle ou le glyphosate, font que la gestion des controverses sociotechniques (Latour, 1987) constitue désormais un nouveau défi majeur.

Un deuxième changement résulte de la volonté de certains chercheurs de dépasser une attitude dominante et prescriptive de la science et une vision limitant sa mission à l'invention de technologies à transférer. Faisant écho au premier changement majeur concernant le progrès technique, les équipes de recherche s'intéressent désormais au processus de conception de l'innovation et aux dispositifs qui l'accompagnent. Les chercheurs s'engagent dans des pratiques de science participative, s'efforçant de renforcer leur capacité à réfléchir à l'impact déclaré et promu sur une base individuelle, collective et institutionnelle. Le développement d'une culture de l'innovation (aussi bien technique qu'organisationnelle) et de l'impact s'incarne dans des initiatives institutionnelles telles que l'Analyse socio-économique des impacts de la recherche publique agricole (Asirpa) et l'Impact de la recherche dans le Sud (Impress).

Le troisième changement découle de ces mêmes objectifs cités plus haut : assurer la sécurité alimentaire, relever les défis du développement durable et garantir des conditions de vie décentes et équitables aux personnes travaillant dans les secteurs agricole et alimentaire. Pour atteindre ces objectifs, il faudra faire plus que se concentrer sur la seule production agricole, et cela vaut également pour les institutions de recherche agricole. Ce point a été souligné par le Rapport sur le développement dans le monde 2008 de la Banque mondiale mais était déjà avant un sujet de préoccupation. Le développement des approches sectorielles, à partir des années 1970, a semblé marquer le début d'une nouvelle ère. Les activités de recherche ont commencé à regarder au-delà de l'approvisionnement alimentaire, pour se concentrer sur les environnements alimentaires et les comportements des consommateurs. Ainsi, l'Inra a créé un nouveau département des sciences de la consommation en 1979. Toutes ces questions ont été reconnues plus récemment comme des piliers essentiels des systèmes alimentaires au niveau international. De même, les institutions de recherche agricole ont commencé à reconnaître l'importance des travaux sur les sujets environnementaux, propulsés par l'émergence de ces questions dans le débat public dans les années 1970. L'Inra les a ajoutés à ses priorités de recherche dans les années 1990, et leur importance a été reconnue dans l'agenda international avec la création en 1993 et 1994 des trois conventions environnementales concernant les engagements sur le climat (CCNUCC), la biodiversité (UNCBD) et la désertification (UNCCD). Dans les années 2000, la notion de nexus s'est progressivement imposée, afin d'aborder les interactions complexes entre ces différents secteurs. Des changements similaires ont également été observés dans l'agenda de recherche du Cirad.

Le quatrième changement au sein de nos organismes de recherche a été le renforcement des liens entre l'Inra et le Cirad. Ce renforcement s'est appuyé sur le décloisonnement entre régions tempérées et tropicales, entretenu entre autres par la justification antérieure des références à des produits et à des chaînes de valeur distincts. Cela est cohérent avec l'annonce de l'effacement des segmentations Nord-Sud dans l'Agenda 2030 pour le développement durable. Cette évolution a enrichi les activités de chaque institut et a permis l'analyse de questions globales – qu'elles soient liées à l'environnement, au climat, à la santé ou au commerce. Les convergences entre nos institutions ont été consolidées, comme le montre GloFoodS. Les discussions scientifiques et les projets menés au sein d'unités mixtes de recherche ont favorisé des comparaisons fructueuses et, par conséquent, des décentrages dans le raisonnement scientifique. Ils ont permis de repositionner les activités et les approches de chaque institut en valorisant leurs spécificités et en prenant en compte les contextes et les enjeux internationaux à travers des partenariats scientifiques et de développement. Ce processus de renforcement des relations entre l'Inra et le Cirad n'a pas été simple et a été encouragé de manière proactive par des initiatives telles qu'Agrimonde (commencée en 2006) et DuALIne (lancée en 2009) avant de l'être par des programmes de recherche financés conjointement tels que GloFoodS.

En cinquième lieu, l'importance croissante des enjeux globaux dans notre domaine et l'élargissement du mandat géographique d'INRAE ont nourri l'ambition des deux instituts de positionner leurs avancées scientifiques dans le monde et d'influencer la réflexion internationale, comme cela a été explicitement exprimé dans la stratégie

du Cirad en 2014. La reconnaissance de leurs contributions à l'agenda international n'est pas évidente. La définition des systèmes alimentaires de Louis Malassis de 1994 est par exemple toujours négligée, malgré l'insistance des chercheurs français à le mettre en avant, et alors même que le concept de systèmes alimentaires, aujourd'hui en vogue, est le plus souvent attribué à Ingram (2011) ; peu importe que la durabilité des systèmes alimentaires ait été au centre du programme de recherche DuALIne lancé en novembre 2009 par l'Inra et le Cirad. Il en va de même pour le concept de multifonctionnalité, défini dans les années 1990, rejeté par les pays exportateurs en raison des soupçons de distorsion du commerce international qu'il susciterait, et qui émerge à nouveau. Cependant, certaines méthodes ou approches ont été largement reconnues comme l'affirmation d'un raisonnement prospectif *via* la conduite de la prospective Agrimonde ou l'exploration des futurs possibles des systèmes agricoles et alimentaires mondiaux à l'horizon 2050. S'ouvrir au monde implique de s'associer à des initiatives et à des programmes internationaux et de faire entendre la voix d'INRAE et du Cirad auprès de nos partenaires dans les instances internationales. C'est ce que nous avons fait à l'occasion de notre participation à l'Évaluation internationale des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement (IAASTD) et aux Conférences mondiales sur la recherche agricole pour le développement (GCARD), ainsi que de notre implication dans le partenariat mondial de recherche du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR), le Forum mondial sur la recherche agricole (GFAR) et le Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition (HLPE du Comité des Nations unies sur la sécurité alimentaire mondiale – CSA). De telles expériences internationales permettent de mieux relier ce qui se passe au niveau local, national et mondial.

Enfin, dans un contexte où les externalités négatives sont attribuées à la mondialisation, il existe aujourd'hui un vif intérêt pour tout ce qui est « local », et le travail pionnier de reterritorialisation de l'agriculture en témoigne. Avec le retour du concept de souveraineté alimentaire locale ou nationale, stimulé par la pandémie de Covid, nous devons éviter le piège du localisme et du strict enfermement dans les frontières nationales. Nous ne devons pas seulement « penser global, agir local », mais plutôt penser et agir à la fois localement et globalement de manière cohérente. Le programme interdisciplinaire et interinstitutionnel GloFoodS a montré qu'il était possible de le faire, et a ainsi offert un moyen d'échapper aux pièges associés à la mise à l'échelle, où des solutions conçues et utilisées dans un endroit seraient simplement reproduites ailleurs. Avec le Sommet des Nations unies sur les systèmes alimentaires de 2021, un programme international ambitieux pour les années à venir et un engagement renouvelé en faveur du multilatéralisme après une interruption de plusieurs années, il ne tient qu'à nous de tirer le meilleur parti de ces opportunités.

Liste des auteurs

Arlène ALPHA, Cirad, UMR MoISA, F-34398 Montpellier, France

Marie-Josèphe AMIOT, INRAE, UMR MoISA, F-34060 Montpellier, France

Valérie ANDRIAMANGA, École doctorale Gestion des ressources naturelles et développement, université d'Antananarivo, Madagascar

Élodie ARNAUD, Cirad, UMR QualiSud, F-34398 Montpellier, France

Komi ASSIGBETSE, IRD, UMR Eco&Sols, LMI IESOL, Dakar, Sénégal

Claire AUBRON, Institut Agro, UMR Selmet, F-34398 Montpellier, France

Christine AUBRY, université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SAD-APT, F-91120 Palaiseau, France

Angel AVADI, Cirad, UPR Recyclage et risque, F-34398 Montpellier, France

Valentina BANOVIEZ-URRUTI, Resource Center, Department of Planning and Real Estate, région Occitanie-Midi Pyrénées, Toulouse, France

Aleksandra BARCZAK, INRAE, département EcoSocio (Économie et sciences sociales), F-34060 Montpellier, France

Antoine BERNARD DE RAYMOND, INRAE, UMR Bordeaux Sciences Économiques, F-33600 Pessac, France

Cécile BESSOU, Cirad, UMR ABSys, F-34398 Montpellier, France

Céline BIGNEBAT, université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SAD-APT, F-91120 Palaiseau, France

Hubert DE BON, Cirad, UPR HortSys, F-34398 Montpellier, France

Emmanuelle BOUQUET, Cirad, UMR MoISA, F-34398 Montpellier, France

Perrine BURNOD, Cirad, UMR Tetis, Antananarivo 101, Madagascar

Rémi CARDINAEL, Cirad, UPR AIDA, Harare, Zimbabwe

Patrick CARON, université de Montpellier, Cirad, UMR ART-DEV, France

Thibault CATRY, IRD, UMR Espace-DEV, Montpellier, France

Jean-Daniel CESARO, Cirad, UMR Selmet, F-34398 Montpellier, France

Regis CHIKOWO, Department of Plant Production Sciences and Technologies, University of Zimbabwe, Harare, Zimbabwe

Danièle CLAVEL, Cirad, UMR Agap, F-34398 Montpellier, France

Antoine COLLIGNAN, Institut Agro Montpellier, UMR QualiSud, F-34398 Montpellier, France

Marc CORBEELS, Cirad, UPR AIDA, International Institute of Tropical Agriculture, Nairobi, 00100, Kenya

Geneviève CORTÈS, université Paul-Valéry Montpellier 3, UMR ART-DEV, F-34398 Montpellier, France.

Sandrine COSTA, INRAE, UMR MoISA, F-34060 Montpellier, France

Hélène DAVID-BENZ, Cirad, UMR MoISA, Saint-Pierre, Réunion, France

Laurence DEFRISE, Enabel, Bruxelles, Belgique

Olivier DEHEUVELS, Cirad, UMR ABSys, F-34398 Montpellier, France, et 10126 Santo Domingo, République dominicaine

Gabriela DEMARCHI, INRAE, CEE-M, Montpellier, France

Marie DERVILLÉ, Lereps, Toulouse, France

Abdoul Aziz DIOUF, Centre de suivi écologique, Dakar, Sénégal

Djibril DJIGAL, ISRA, Centre pour le développement de l'horticulture, Dakar, Sénégal

Sophie DROGUÉ, INRAE, UMR MoISA, F-34060 Montpellier, France

Patrice DUMAS, Cirad, UMR Cired, F-34398 Montpellier, France

Stéphane DUPUY, Cirad, UMR Tetis, F-34398 Montpellier, France

Sandrine DURY, Cirad, UMR MoISA, F-34398 Montpellier, France

Guillaume DUTEURTRE, Cirad, UMR Selmet, F-34398 Montpellier, France

Michel EDDI, président de l'IDDRI, ancien PDG du Cirad

Gatien FALCONNIER, Cirad, UPR AIDA, Harare, Zimbabwe

Ndeye Fatou FAYE, ISRA, Bureau d'analyses macroéconomiques, Dakar, Sénégal

Frédéric FEDER, Cirad, UPR Recyclage et risque, F-34398 Montpellier, France

Paula FERNANDES, Cirad, UPR HortSys, 18524 Dakar, Senegal

Agneta FORSLUND, INRAE, UMR Smart, Rennes, France

Sandrine FRÉGUIN-GRESH, Cirad, UMR ART-DEV, F-34398 Montpellier, France

Denis GAUTIER, Cirad, UPR Forêts et Sociétés, F-34398 Montpellier

Claude GENOT, INRAE, UR BIA, F-44316 Nantes, France

Jérémie GIGNOUX, INRAE-PSE, Paris, France

Thierry GOLI, Cirad, UMR QualiSud, F-34398 Montpellier, France

Nathalie GONTARD, INRAE, UMR IATE, F-34060 Montpellier, France

Christophe GOUEL, Paris-Saclay Applied Economics, université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, F-91120 Palaiseau, France

Hélène GUÉTAT-BERNARD, ENSFEA, UMR CNRS LISST-Rural Dynamics, université de Toulouse, France

Stéphane GUILBERT, Institut Agro, UMR IATE, F-34060 Montpellier, France

Valerie GUILLARD, university de Montpellier, UMR IATE, F-34060 Montpellier, France

Marion GUILLOU, membre du Haut Conseil pour le climat, ancien PDG de l'Inra, France

Étienne HAINZELIN, chercheur émérite au Cirad et ancien conseiller du PDG du Cirad

Christèle ICARD-VERNIÈRE, IRD, UMR QualiSud, F-34398 Montpellier, France

Stéphane INGRAND, INRAE, UMR Territoires, F-63370 Lempdes, France

Camille JAHEL, Cirad, UMR Tetis, F-34398 Montpellier, France

Audrey JOLIVOT, Cirad, UMR Tetis, F-34398 Montpellier, France

Germain KANSCI, université de Yaoundé I, Département de biochimie, LABSAM, Yaoundé, Cameroun

Pamela KATIC, Natural Resources Institute, University of Greenwich, Medway, United Kingdom

Alain KONDJOYAN, INRAE, QuaPA, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

Viola LAMANI, université Paul-Valéry Montpellier 3, UMR ART-DEV, F-34080 Montpellier, France

Sylvie LARDON, INRAE et AgroParisTech, UMR Territoires Clermont-Ferrand, F-63178 Aubière, France

Chantal LE MOUËL, INRAE, UMR Smart, Rennes, France

Louise LEROUX, Cirad, UPR AIDA, Nairobi, Kenya

François LIBOIS, INRAE-PSE, Paris, France

Allison LOCONTO, INRAE, UMR Lisis, F-77454 Marne-la-Vallée, France

David MAKOWSKI, université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR MIA, F-91120 Palaiseau, France

Éric MALÉZIEUX, Cirad, UPR HortSys, F-34398 Montpellier, France

Philippe MAUGUIN, PDG d'INRAE, France

Caroline MÉJEAN, INRAE, UMR MoISA, F-34060 Montpellier, France

Romain MELOT, université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SAD-APT, F-91120 Palaiseau, France

Sabine MERCIER, Instituto de Investigación Nutricional, La Molina 15024 Lima, Perou

Pierre-Sylvain MIRADE, INRAE, QuaPA, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

Charles-Henri MOULIN, Institut Agro, UMR Selmet, F-34398 Montpellier, France

Claire MOUQUET-RIVIER, IRD, UMR QualiSud, F-34398 Montpellier, France

Paule MOUSTIER, Cirad, UMR MoISA, F-34398 Montpellier, France

Talent NAMATSHEVE, Department of Plant Production Sciences and Technologies, University of Zimbabwe, Harare, Zimbabwe

Thibault NORDEY, Cirad, UPR HortSys, The World Vegetable Center, Eastern and Southern Africa, Duluti, Arusha, Tanzanie

Marie-Odile NOZIÈRES-PETIT, INRAE, UMR Selmet, F-34398 Montpellier, France

Coline PERRIN, INRAE, UMR Innovation, F-34398 Montpellier France

Jeanne POURIAS, Chambre d'agriculture de Bretagne, 59009 Vannes, France

Raul PUENTE ASUERO, Departamento de Geografia Universidad Pablo de Olavide, Séville, Espagne

Sylvain RAFFLEGEAU, Cirad, UMR Innovation, université de Montpellier, F-34398 Montpellier, France

Emmanuel RAYNAUD, université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SAD-APT, F-91120 Palaiseau, France

Andréa RENK, université de Namur, Belgique, et PSE-EHESS, Paris, France

Michel SIMIONI, INRAE, UMR MoISA, F-34060 Montpellier, France, et TSE, F-31080 Toulouse, France

Ninon SIRDEY, Cirad, UMR MoISA, Dakar, Sénégal

Étienne SODRÉ, INERA, Programme Bovins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Guillaume SOULLIER, Cirad, UMR ART-DEV, F-34398 Montpellier, France

Julie SUBERVIE, INRAE, CEE-M, Montpellier, France

Akiko SUWA-EISENMANN, INRAE-PSE, Paris, France

Geneviève TEIL, université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SAD-APT, F-91120 Palaiseau, France

Ludovic TEMPLE, Cirad, UMR Innovation, F-34398 Montpellier France

Alban THOMAS, Paris-Saclay Applied Economics, F-91120 Palaiseau, France, et Observatoire du développement rural, INRAE, F-31320 Toulouse, France

Isabelle TRITSCH, Cirad, UPR Forêts et Sociétés, F-34398 Montpellier

Éric VALL, Cirad, UMR Selmet, F-34398 Montpellier, France

Éric VERGER, IRD, UMR MoISA, F-34398 Montpellier, France

Mathieu VIGNE, Cirad, UMR Selmet, 110 Antsirabe, Madagascar

Nadine ZAKHIA-ROZIS, Cirad, Conseillère de la PDG, F-34398 Montpellier, France

Rotem ZELINGHER, IIASA, Laxenburg, Autriche

Couverture : © Tom Fisk, Pexels

Infographies et mise en pages : EliLoCom

Achevé d'imprimer en décembre 2023
par CPI BUSSIÈRE
395 Rue Pelletier Doisy
CS 30079
18203 Saint-Amand-Montrond Cedex

Dépôt légal : janvier 2024

La sécurité alimentaire et nutritionnelle fait référence au défi de fournir une alimentation saine, durable et accessible à tous les êtres humains, avec quatre dimensions couvrant des questions interconnectées : la disponibilité, l'accès, l'utilisation et la stabilité. Cet immense défi nécessite de transformer les systèmes alimentaires et de mobiliser tous les acteurs et décideurs politiques en se basant sur des connaissances et des preuves scientifiques intersectorielles et intégrées. Pour aider à relever ces défis, le Cirad et INRAE ont mené, entre 2014 et 2020, un ambitieux programme interdisciplinaire sur les transitions pour la sécurité alimentaire mondiale, appelé GloFoodS.

Cet ouvrage présente des résultats de recherche récents correspondant à un large éventail de disciplines et obtenus à partir d'une variété d'échelles d'analyse, combinant des approches locales et globales de la sécurité alimentaire. Il explore des questions telles que la gouvernance des systèmes alimentaires, l'équilibre et les écarts entre l'offre agricole et les besoins alimentaires, le rôle des innovations pour fournir des aliments de haute qualité et promouvoir des chaînes de valeur résilientes, ou encore le rôle de la gestion des ressources locales pour atteindre la sécurité alimentaire.

Cet ouvrage s'adresse à un large public scientifique de chercheurs, d'enseignants, de professionnels des systèmes alimentaires et de décideurs, ainsi qu'à tous les lecteurs intéressés par les questions de sécurité alimentaire et nutritionnelle.

Alban Thomas est économiste agricole et environnemental à INRAE, à l'unité mixte de recherche Paris-Saclay Applied Economics. Ses recherches portent sur l'analyse des impacts environnementaux des pratiques agricoles, sur l'évaluation des politiques environnementales et sur les voies de transition vers la sécurité alimentaire mondiale. Il est actuellement directeur scientifique adjoint Environnement d'INRAE.

Arlène Alpha est chercheuse en économie politique au Cirad à l'unité mixte de recherche Montpellier Interdisciplinary Center on Sustainable Agri-food Systems (social and nutritional sciences). Ses recherches portent sur l'analyse des processus d'élaboration des politiques publiques de sécurité alimentaire et de nutrition en Afrique.

Aleksandra Barczak est ingénieure au département de recherche Économie et sciences sociales d'INRAE. Géographe de formation, elle a été cheffe de projet de GloFoodS entre 2017 et 2020.

Nadine Zakhia-Rozis est chercheuse en sciences de l'alimentation au Cirad, spécialiste de l'impact de la transformation sur la qualité et la sécurité des aliments. Elle a coordonné divers projets avec des partenaires d'Afrique, d'Amérique latine et d'Europe. Elle est actuellement conseillère scientifique de la PDG du Cirad.

25 €

ISBN : 978-2-7592-3852-1

Éditions Cirad, Ifremer, INRAE
www.quae.com

ISSN : 1777-4624
Réf. : 02925