

Élevages au pâturage et développement durable des territoires méditerranéens et tropicaux

Connaissances récentes sur leurs atouts et faiblesses

Alexandre Ickowicz et Charles-Henri Moulin, coord.



Élevages au pâturage et développement durable des territoires méditerranéens et tropicaux

Connaissances récentes sur leurs atouts
et faiblesses

A. Ickowicz et C.-H. Moulin, éditeurs scientifiques

Éditions Quæ

Collection Matière à débattre et décider

Gouverner les coopératives agricoles

X. Hollandts

2021, 136 p.

La montée du niveau de la mer d'ici 2100. Scénarios et conséquences

D. Lacroix, O. Mora, N. de Menthière, A. Béthinger

2021, 128 p.

Stocker du carbone dans les sols français. Quel potentiel et à quel coût ?

S. Pellerin, L. Bamière, I. Savini, O. Rechauchère, coord.

2021, 232 p.

Qualité des aliments d'origine animale. Production et transformation

S. Prache, V. Santé-Lhoutellier, C. Donnars, coord.

2021, 170 p.

Cet ouvrage a bénéficié du financement d'INRAE et du Cirad via l'UMR Selmet.
Ses versions électroniques sont diffusées sous licence CC-by-NC-ND.

© Éditions Quæ, 2022

Photos de couverture : élevage transhumant dans les Alpes, M. Meuret/INRAE ;
élevage sur prairie en Amazonie, V. Blanfort/Cirad ;
jour de marché sur parcours au Sahel, A. Ickowicz/Cirad.

ISBN papier : 978-2-7592-3485-1

ISBN PDF : 978-2-7592-3486-8

ISBN ePub : 978-2-7592-3487-5

ISSN : 2115-1229

Éditions Quæ

RD 10

78026 Versailles Cedex

www.quae.com

www.quae-open.com

Table des matières

Remerciements	5
Préface	6
Préambule	9
1. Les élevages familiaux de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales face aux enjeux du développement durable	12
Les élevages de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales	13
Contributions potentielles des élevages de ruminants au pâturage aux ODD et controverses	22
Un cadre général pour mener des recherches sur la contribution des élevages au pâturage au développement durable	28
2. Adaptation aux changements locaux et globaux des systèmes d'élevage au pâturage	32
Introduction	32
Adaptation de la végétation des pâturages méditerranéens et tropicaux	33
Robustesse des animaux d'élevage : des leviers physiologiques et comportementaux au service de l'adaptation	41
Diversité génétique et adaptation des races locales à leur milieu d'élevage	52
Les mécanismes d'adaptation analysés à l'échelle des familles et des collectifs locaux	63
Trajectoires d'adaptation des élevages dans les territoires : quelle place pour le pâturage ? Quels déterminants ?	73
Conclusion	80
3. La recherche d'efficacité, une démarche pour accroître la contribution de l'élevage au développement durable des territoires	82
Introduction : l'efficacité, d'un simple ratio à un cadre d'analyse opérationnel pour appuyer le développement durable des systèmes d'élevage	82
L'efficacité pour rendre compte de la complexité des contributions des systèmes d'élevage au pâturage au changement climatique	86
La recherche d'efficacité pour accompagner la transition agroécologique des systèmes d'élevage	104

Évaluation multicritère de l'efficience pour rendre compte de la multifonctionnalité des systèmes d'élevage au pâturage	120
Conclusion et perspectives	135

4. Des inventions et des innovations pour favoriser la contribution des systèmes d'élevage au pâturage à la transition agroécologique de l'agriculture

Introduction	140
Qu'entendons-nous par inventions et innovations dans nos recherches sur les systèmes d'élevage au pâturage ?	142
Des inventions pour mieux partager les connaissances et intégrer les processus naturels dans le pilotage des élevages au pâturage	145
Des innovations techniques pour améliorer le recyclage et la diversification des ressources dans les systèmes d'élevage au pâturage	157
Des innovations organisationnelles pour accompagner la transition agroécologique dans les territoires et les chaînes de valeur de produits animaux	162
Discussion et conclusion	173

5. Synthèse et conclusion. La place des élevages familiaux de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales pour un développement durable

Des élevages complexes, diversifiés et en dynamique à mieux appréhender	179
Des contributions aux objectifs de développement durable à accompagner	180
Pour une prise en compte dans les territoires de la multifonctionnalité des élevages au pâturage sur le temps long	185
Conclusion générale	186
Bibliographie	189
Liste des sigles et acronymes	203
Liste des auteurs	205

Remerciements

CET OUVRAGE EST PAR CHOIX COLLECTIF ET PLURIDISCIPLINAIRE. Il est le fruit de synthèses des travaux des agents de l'UMR Selmet. Nous remercions ici tous les collègues qui se sont investis dans ces travaux durant la dernière décennie et ceux qui ont contribué à la rédaction et la coordination des différents chapitres.

Cet ouvrage mobilise de fait un ensemble de travaux réalisés par des équipes de recherche et de partenaires associés à l'UMR Selmet situés sur plusieurs continents de par le monde. Nous remercions ici chaleureusement l'ensemble de nos partenaires de recherche (mentionnés dans les publications citées), mais aussi du développement, ainsi que les partenaires financiers qui ont permis par leurs contributions la réalisation de ces travaux. La liste exhaustive serait pratiquement impossible à établir sur cette simple page car elle devrait intégrer l'ensemble des institutions de recherche impliquées (universités, instituts et centres de recherche), les ministères concernés, les partenaires publics et privés de financement, les organisations internationales partenaires, les organisations non gouvernementales, les partenaires territoriaux, etc. La plupart de ces partenaires apparaîtront dans les lignes de cet ouvrage ou des références bibliographiques citées mais nous présentons d'avance nos excuses si tel n'était pas le cas.

Nous remercions plus particulièrement l'ensemble des élèves et les membres de leur famille qui ont été, à titre individuel ou comme membres d'associations, des partenaires actifs de nos recherches sur les terrains. Cet ouvrage vise avant tout à leur être utile.

Nous remercions aussi nos institutions de tutelles, le Cirad, INRAE et l'Institut agro Montpellier, qui nous ont toujours soutenus scientifiquement et donné les moyens de réaliser ces travaux. Ces derniers ont permis de mettre en œuvre le projet scientifique de l'UMR Selmet 2015-2020 qui sous-tend la rédaction de cet ouvrage.

Enfin, nous remercions nos trois relecteurs scientifiques pour le temps consacré, leur professionnalisme et leur pertinence qui nous ont grandement aidés à la finalisation de cet ouvrage, raison pour laquelle nous leur avons demandé d'en rédiger la préface en toute connaissance du contenu.

Alexandre Ickowicz et Charles-Henri Moulin

Préface

ET SI LE PASTORALISME NOUS MONTRAIT LA VOIE pour opérer la transition agroécologique de l'élevage, au moins pour ce qui concerne les ruminants valorisant des ressources herbagères ?

Telle est la question que nous pouvons légitimement nous poser à la lecture de cet ouvrage, dédié aux systèmes d'élevage de ruminants agropastoraux en zones méditerranéennes et tropicales. Ces systèmes ne remplissent-ils pas l'ensemble des services attendus par l'élevage ? Ne sont-ils pas conformes aux principes de l'agroécologie, selon lesquels la diversité est un atout, selon lesquels les processus écologiques doivent être mis en avant et promus en substitution des intrants de synthèse, selon lesquels les processus adaptatifs sont la clé pour en accroître la durabilité ? Ne constituent-ils pas les piliers d'un développement territorial durable au sud ?

Le présent ouvrage démontre que l'élevage au pâturage fait preuve d'adaptation, d'innovation, de performance et d'efficacité. De façon convaincante, cet ouvrage disqualifie les images d'un secteur statique, enfermé dans des traditions multimillénaires, et contraint par des environnements hostiles, et déjoue les scénarios les plus pessimistes, dans un monde changeant et incertain.

Les études compilées dans cet ouvrage relatent les travaux les plus récents conduits par les collectifs de l'unité mixte de recherche Selmet sur les statuts, fonctions et externalités des systèmes d'élevage au Sud, analysés à l'aune des objectifs de développement durable établis par les États membres des Nations unies et tenant compte des contingences contextuelles diverses, complexes et dynamiques des zones méditerranéennes et tropicales.

Certes, il apparaît à la lecture des différents chapitres qu'il n'existe pas une forme unique de systèmes d'élevage herbagers méditerranéens et tropicaux et que, comme pour toutes les formes d'agriculture dans le monde, plusieurs modèles coexistent et interagissent au sein de territoires parfois restreints. Cette coexistence de modèles, nécessaire au développement durable des territoires concernés n'est pas l'objet de l'ouvrage ; en revanche, nous retenons que les cas présentés sont autant d'exemples et de pistes que les acteurs de la recherche et du développement ont intérêt à étudier dans leur démarche de conception des systèmes d'élevage du futur, tels qu'ils sont attendus à l'issue de la transition agroécologique.

Ces pistes relèvent à la fois des processus biologiques et des propriétés intrinsèques des entités constitutives des systèmes (végétales et animales), mais aussi des processus organisationnels, incluant la conduite des systèmes (les pratiques d'élevage), et enfin de l'environnement sociotechnique dans lesquels les éleveurs évoluent (cercle familial, acteurs de l'amont et de l'aval des filières, acteurs des politiques publiques).

Deux aspects retiennent particulièrement notre attention, dans la mesure où les voies de recherche qui les concernent ne sont pas forcément évidentes à première vue et pour lesquelles les différents chapitres apportent des éclairages substantiels. Il s'agit d'une part du rôle et du statut des pratiques et des ressources locales, réputées adaptées aux contraintes de milieux et aux attentes des sociétés dans lesquelles elles ont évolué et, d'autre part, du rôle et du statut des processus d'innovations, en particulier technologiques.

Pour le premier aspect, la question est posée, pour les différents exemples tirés de terrains africains, asiatiques et sud-américains, des éléments et formes de production (animales et végétales) les plus à même de conférer aux systèmes la multiperformance qui en est attendue (production alimentaire, revenus, épargne sur pied, travail, protection des sols, préservation de l'environnement...). Le développement récent de l'élevage dans ces régions a largement reposé sur un transfert de matériel génétique, des pratiques et des technologies en provenance des pays du Nord ainsi que des chaînes de valorisation associées. La transition agroécologique nécessaire peut-elle utilement associer les deux, comme cela se pratique par exemple chez les éleveurs qui conduisent leur troupeau en croisement ou encore chez ceux (souvent les mêmes) qui misent sur les couverts plurispécifiques pour assurer la production fourragère nécessaire à l'alimentation du troupeau ? Comment peut-elle par ailleurs faire meilleur usage d'une ressource végétale dont l'état et les modes de gestion témoignent d'une pression croissante ? Comment permet-elle enfin de répondre à une demande en pleine évolution quant aux volumes et modalités de production ? Dans tous ces cas, les procédures d'adaptation telles que nous les avons connues doivent sans doute fortement évoluer, en intégrant par exemple des aptitudes à cohabiter, à fournir au système des propriétés complémentaires les unes des autres. Il nous semble alors que les démarches d'évaluation multicritère vont jouer un rôle croissant à tous les niveaux d'organisation (de l'individu, composante du système, jusqu'aux territoires sur lesquels cohabitent différents systèmes).

Pour le second aspect, la question consiste à se demander comment transition agroécologique et innovations technologiques peuvent se confronter et se renforcer. Cela concerne en partie le premier point, avec les technologies liées à la gestion des ressources et à la sélection génétique, mais porte aussi sur les technologies du numérique au service de la transition agroécologique. L'enjeu semble assez clair : il s'agit de mettre en place les moyens d'acquérir les données sur l'état du système (de la ressource au consommateur) pour pouvoir le piloter (ajuster les pratiques), en particulier pour les processus écologiques évoqués plus haut. C'est en grande partie en raison de la complexité d'accès à cet état des systèmes que ceux-ci se sont simplifiés, se sont spécialisés et sont devenus de plus en plus dépendants d'intrants et de chaînes de valeur, ces derniers étant faciles à quantifier et à qualifier. Comme les auteurs le montrent dans cet ouvrage, les technologies du numérique, à la condition qu'elles soient accessibles et se substituent à d'autres postes de dépenses (et permettent donc des gains d'efficacité), seront des leviers précieux pour la transition agroécologique des systèmes herbagers, et encore davantage

pour les systèmes agropastoraux, pour lesquels la connaissance des états du système (animaux et surtout végétaux), est particulièrement difficile à acquérir.

La richesse des situations explorées et la clarté du cadre d'analyse apportent des éléments précieux sur ce que peut être l'avenir de l'élevage herbager et agropastoral en zones méditerranéennes et tropicales, non seulement dans ces zones, mais également dans toutes les régions du monde, pour l'ensemble de ces systèmes. Elles permettent de poser sereinement le débat sur les contributions et l'acceptabilité sociétale d'une activité agricole qui fait l'objet de nombreuses critiques. La somme des travaux présentés ici va sans nul doute constituer une référence pour les acteurs de la recherche, mais aussi du développement, de l'enseignement et de la formation, contribuant ensemble à définir ce que seront les systèmes d'élevage de demain.

Pierre Gerber, Banque mondiale, Expert élevage principal
Stéphane Ingrand, INRAE, Directeur adjoint du département Phase
Sylvain Perret, Cirad, Directeur du département Environnement et Sociétés

Préambule

CET OUVRAGE A ÉTÉ INITIÉ SUR LA BASE des travaux réalisés par notre unité mixte de recherche « Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux » (UMR Selmet). Créée en 2011 à Montpellier, elle était composée alors d'une soixantaine d'agents permanents des institutions de recherche Cirad et INRAE et d'enseignants-chercheurs de l'Institut agro Montpellier.

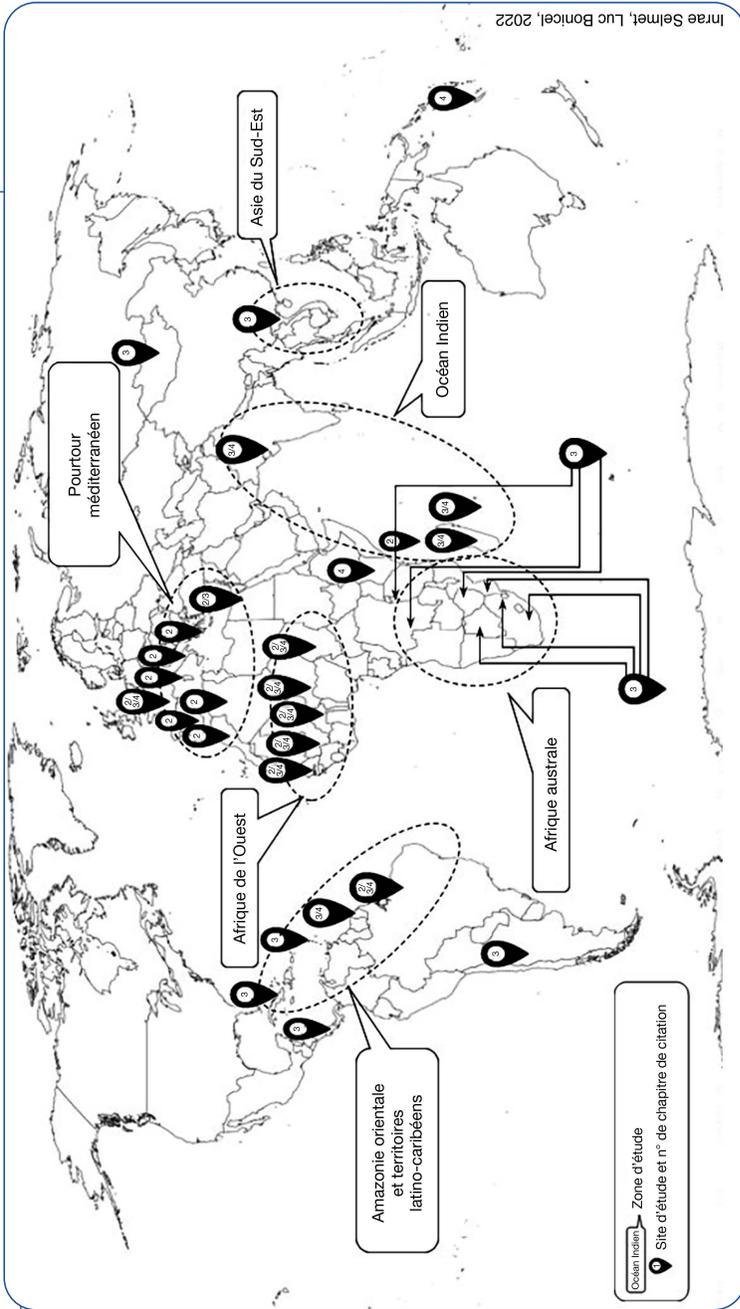
L'historique de l'organisation de la recherche française en élevage a fait de l'UMR Selmet une unité assez spécifique dans le paysage français. Du fait des mandats que les tutelles de l'unité nous ont donnés (mandat du Cirad pour les systèmes pastoraux et agropastoraux dans les pays en développement du Sud, mandat d'INRAE et de l'Institut agro pour les systèmes d'élevage agropastoraux de la zone méditerranéenne), nous avons centré le projet scientifique 2015-2020 de l'unité sur ***l'élevage familial de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales***. Une caractéristique majeure de ces élevages est l'utilisation pour le pâturage de végétations spontanées (parcours, prairies) ou de résidus de cultures, au sein de systèmes plutôt extensifs et n'utilisant pas par définition de main-d'œuvre permanente hors de la famille. Le projet de l'unité consistait à analyser les rôles de ces élevages familiaux de ruminants dans la réponse aux défis de la sécurité alimentaire, de la préservation de l'environnement et de la prise en compte des demandes sociétales (économie, environnement, cohésion sociale), en parallèle ou en interaction avec d'autres modèles de développement de l'élevage. Ce projet central était décliné en trois objectifs : (i) le renforcement des capacités d'adaptation de ces élevages, (ii) l'amélioration de leur efficacité aux plans social, économique et environnemental et (iii) la favorisation des processus d'innovation pour que ces élevages prennent leur place dans la transition agroécologique.

À l'échelle internationale, ces systèmes d'élevage familiaux de ruminants au pâturage ont généralement été moins étudiés que d'autres systèmes, les efforts de recherche ayant plutôt appuyé les dynamiques d'intensification et d'industrialisation de l'élevage. Cependant, ces élevages, du fait de leur capacité à mobiliser une diversité de ressources issues d'écosystèmes peu anthropisés et à recycler les biomasses des agroécosystèmes, présentent des atouts dans le cadre des questions posées par la transition agroécologique de l'agriculture et de l'élevage en particulier. Nous souhaitons donc, à travers cet ouvrage, réaliser une synthèse en direction des différents acteurs du secteur de l'élevage à partir des nombreux travaux pluri- et interdisciplinaires réalisés par notre collectif durant les dix dernières années et publiés dans des revues scientifiques (voir la carte 1 représentant les sites étudiés). Cet ouvrage ne prétend pas à l'exhaustivité en matière de thématiques et de résultats sur ces systèmes d'élevage, mais vise à proposer, sur la base des connaissances actuelles et de nos travaux, des messages clairs sur leur potentielle contribution au développement durable dans les territoires concernés. En effet,

nous considérons que ces systèmes d'élevage souffrent d'un défaut d'intérêt et d'investissement à la fois des scientifiques et des institutions de développement et nous souhaitons démontrer les atouts spécifiques, voire uniques, qu'ils possèdent pour contribuer au développement de systèmes alimentaires durables.

Nous devons également signaler que si cet ouvrage collectif a été rédigé exclusivement par des chercheurs de notre UMR Selmet à quelques exceptions près, la très grande majorité des travaux ont été réalisés sur site en collaboration avec des chercheurs des pays partenaires du Nord et des Suds qui sont présents dans les citations et les références présentées dans la bibliographie.

Carte 1. Sites de recherche mentionnés dans l'ouvrage et zones géographiques de partenariat privilégié



1. Les élevages familiaux de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales face aux enjeux du développement durable

Alexandre Ickowicz, Charles-Henri Moulin

DEPUIS PLUSIEURS DÉCENNIES, la contribution de l'élevage au développement durable, dans ses composantes économique, sociale et environnementale, est particulièrement questionnée au sujet de ses impacts négatifs sur :

- l'environnement (pollution, changement climatique, désertification, déforestation),
- le bien-être animal,
- la gestion de la biodiversité,
- la santé humaine,
- et la sécurité alimentaire.

Mais l'élevage est aussi mis en avant pour sa contribution :

- à la réduction de la pauvreté et de la faim,
- au bon fonctionnement des systèmes agraires intégrant cultures et élevages,
- et à la valorisation des ressources locales des territoires.

De fait, à travers le monde, les élevages sont d'une grande diversité. Celle-ci est définie selon les espèces, les structures d'élevage, les contextes agroécologiques et les niveaux d'intensification (Steinfeld *et al.*, 2006 ; Robinson *et al.*, 2011). Elle s'observe aussi bien à l'échelle globale qu'aux échelles nationales et infranationales. Parler de contribution de l'élevage au développement durable, en particulier de l'agriculture et des territoires, n'a donc guère de sens de façon générale. En effet, cette contribution doit être déclinée selon les types d'élevage et doit ensuite être analysée en fonction des contextes biophysiques et socio-économiques qui peuvent considérablement en modifier le profil et les impacts.

L'objet de ce chapitre introductif est de préciser pourquoi les élevages familiaux de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales ont été ciblés dans cet ouvrage et d'apprécier, au travers de statistiques disponibles, l'importance de ces élevages dans le monde. Nous pourrions alors analyser comment ces élevages peuvent être des moyens, des contraintes ou des cibles pour le développement durable, en s'appuyant sur les 17 objectifs de développement durable (ODD) définis en 2015 par les États membres de

l'Organisation des Nations unies (ONU). Cette démarche nous permettra de dégager le cadre général d'analyse que nous avons utilisé au cours de la dernière décennie pour organiser les travaux de recherche. Ces derniers sont présentés ici autour de trois thèmes de recherche : *adaptation*, *efficacité* et *innovation* des systèmes d'élevage familiaux de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales.

Les élevages de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales

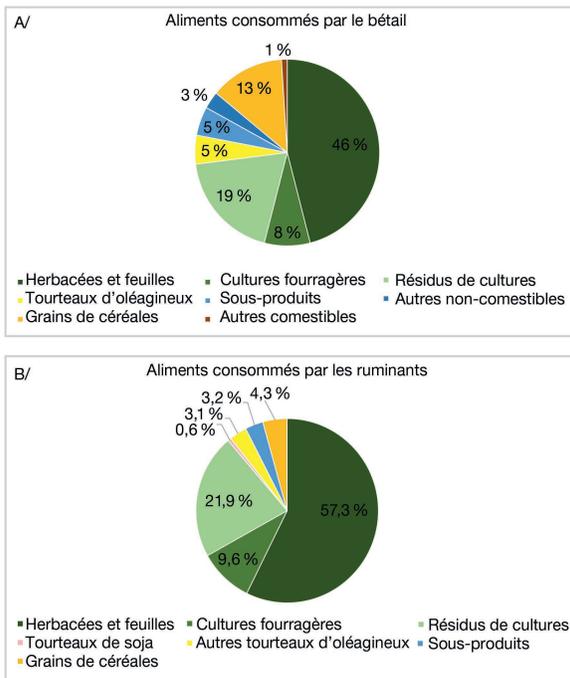
À L'ÉCHELLE MONDIALE, les ruminants (bovins, buffles, petits ruminants) représentent 96 % des effectifs d'herbivores domestiques. Les équidés et les camélidés constituent quant à eux une faible part de ces effectifs, mais peuvent être importants régionalement en zones méditerranéennes et tropicales (dromadaires dans les zones arides en Afrique et au Moyen-Orient, camélidés andins en Amérique du Sud, chevaux et ânes utilisés pour la traction animale en Afrique subsaharienne...).

Les élevages de ruminants...

Les élevages de ruminants sont d'importants fournisseurs de denrées alimentaires. Ils contribuent de manière quasiment exclusive aux 883 millions de tonnes de lait produit (FAOSTAT, 2019), dont 81 % proviennent des bovins et 15 % des buffles. En revanche, les bovins et les buffles ne fournissent que 22 % des 337 millions de tonnes de viande, les plus forts contributeurs étant la volaille (39 %) et le porc (33 %).

Pour assurer ces productions, les animaux d'élevage consomment annuellement 6 milliards de tonnes de matière sèche (MS) de ressources alimentaires diverses (figure 1.1). Les ressources fourragères, valorisées principalement par les ruminants, représentent les trois quarts de ces ressources, le quart restant étant des aliments concentrés, dont un tiers consommé par les ruminants et deux tiers par les monogastriques (Mottet *et al.*, 2017 et 2018). Certaines de ces ressources sont consommables par l'homme (grains de céréales, graines de soja...), alors que d'autres ne le sont pas (herbacées et feuilles d'arbres prélevées sur des espaces non cultivés ou résidus de culture). La production de ces ressources occupe 2,5 milliards d'hectares, dont la plus grande partie (près de 2 milliards d'hectares) de « prairies permanentes », ce terme recouvrant une diversité de types de végétations (prairies, savanes, steppes...). Sur ces surfaces de prairies, seuls 685 millions d'hectares seraient cultivables (Mottet *et al.*, 2017). À l'échelle mondiale, les herbivores valorisent donc les végétations spontanées d'un peu moins de 1,5 milliard d'hectares qui ne sont pas cultivables. Le reste des ressources alimentaires sont issues de surfaces cultivées (0,53 milliard d'hectares). Un tiers des surfaces en céréales sont par exemple dédiées à l'alimentation animale.

Figure 1.1. (A) : composition mondiale de la consommation d'aliments par le bétail (6 milliards tMS/an). (B) : composition mondiale de la consommation d'aliments par les ruminants en particulier (4,99 milliards tMS/an). D'après Mottet *et al.*, 2017 et 2018.



Cultures fourragères : ensilage de céréales et légumineuses, betteraves fourragères.

Résidus de cultures : pailles et cannes, tiges, bouts blancs de canne à sucre.

Sous-produits : sons, gluten de maïs, mélasses, pulpes, résidus grains-énergie.

Autres non-comestibles : céréales déclassées, farines de poisson, eaux grasses, acides aminés de synthèse, chaux.

Autres comestibles : pellets de manioc, graines de légumineuses et soja, huile de colza et soja.

L'intérêt des élevages de ruminants est donc notamment lié à la question de la compétition pour les terres agricoles entre la production d'aliments pour les hommes et celle pour les animaux.

La meilleure efficacité des monogastriques par rapport aux ruminants en matière de conversion alimentaire est un argument avancé pour privilégier les premiers afin de préserver les écosystèmes naturels en limitant leur utilisation par des herbivores domestiques. La consommation de 1 kg de protéines végétales permet en effet aux monogastriques de produire 0,54 kg de protéines animales pour le poulet de chair et 0,40 kg pour le porc, contre 0,08 à 0,24 kg seulement pour la production de lait ou de viande chez les

ruminants, pour différents systèmes d'élevage français (Laisse *et al.*, 2019). Cependant les monogastriques utilisent une part importante (de 26 à 40 % selon les systèmes) de protéines issues d'aliments consommables par l'homme. Le calcul d'un taux de conversion de protéines non consommables en protéines produites peut alors nettement être à l'avantage de certains systèmes d'élevage de ruminants : 0,88 kg de protéines produites par kilogramme de protéines non consommables pour les poulets de chair contre 1,28 ou 2,17 kg pour les systèmes de ruminants les plus efficaces, c'est-à-dire les plus utilisateurs de fourrages, grâce aux fermentations microbiennes des compartiments digestifs (Laisse *et al.*, 2019). Ces résultats sont concordants avec ceux de Mottet *et al.* (2017) qui considèrent cette fois la conversion des protéines consommables par l'homme. À partir des données de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), ces auteurs montrent qu'à l'échelle mondiale, les ruminants consomment 133 kg de matière sèche d'aliments pour produire 1 kg de protéines, contre seulement 30 kg de matière sèche pour les monogastriques. Cependant, le taux de conversion en protéines consommables par l'homme est bien meilleur pour les ruminants : 1,67 kg de protéines produites pour l'utilisation de 1 kg de protéines consommables par l'homme grâce aux fermentations digestives, soit un effet multiplicateur, contre 0,5 kg seulement pour les monogastriques, soit un effet réducteur.

■ Les élevages de ruminants au pâturage...

Du fait de leur utilisation d'aliments non consommables par l'homme et produits sur des terres qui pour une part importante ne sont pas cultivables, nous nous intéressons plus particulièrement aux élevages de ruminants consommateurs de fourrages grossiers prélevés directement au pâturage.

Concernant les conduites alimentaires, la FAO (Sere et Steinfeld, 1996 ; Campbell *et al.*, 1999 ; Robinson *et al.*, 2011) distingue et cartographie l'élevage mondial en trois grands types :

- les systèmes d'élevage hors-sol (*landless systems* ou *feedlot*) dans lesquels les animaux sont élevés en bâtiment ou en parc, où leur alimentation leur est apportée, et dont les ressources alimentaires proviennent pour moins de 10 % de l'exploitation ;
- les systèmes d'élevage au pâturage (*grazing systems*) pour lesquels plus de 90 % des ressources alimentaires du bétail proviennent de parcours, de prairies ou de fourrages cultivés ;
- les systèmes mixtes agriculture-élevage (*mixed systems*), pour lesquels ces deux types d'activités sont intégrées dans l'exploitation avec plus de 10 % du produit de l'exploitation provenant d'activités non liées à l'élevage et où plus de 10 % des ressources alimentaires des animaux proviennent de sous-produits de culture.

Seuls 3,7 % des effectifs de bovins sont élevés en *feedlot* fournissant 5 % des protéines fournies par les bovins (tableau 1.1). La très grande majorité des ruminants sont élevés dans des systèmes au pâturage et des systèmes mixtes.

Tableau 1.1. Contributions des différents systèmes de ruminants à la production mondiale annuelle totale de protéines consommables (Mottet *et al.*, 2018).

Espèces	Systèmes de production	Effectifs (millions)	Production (t de protéines)	Part de production de protéines par espèce (en %)	Part de la consommation globale de protéines (en %)
Bovins	Pâturants	508,8	10 338 175	35	5,1
	Mixtes	906,4	17 306 165	59	8,5
	Hors-sol	55,3	1 518 764	5	0,7
Buffles	Pâturants	36,4	584 321	15	0,3
	Mixtes	160,7	3 403 574	85	1,7
Petits ruminants	Pâturants	925,7	1 224 623	43	0,6
	Mixtes	1 167,1	1 656 386	57	0,8

Les systèmes au pâturage recouvrent deux grandes situations distinctes, décrites dans le rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition traitant de l'élevage (HPLE, 2016).

La première forme est le pastoralisme. Les systèmes pastoraux sont caractérisés par la mobilité des troupeaux et des hommes, l'utilisation de ressources gérées en commun et l'exploitation d'animaux aptes à valoriser les végétations des terres de parcours. Ces systèmes représentent une des rares opportunités d'activités agricoles dans les zones arides où les précipitations, les ressources en eau et la production de biomasse sur les parcours sont faibles et irrégulières. Le pastoralisme se rencontre principalement dans le monde en développement, et fait vivre plus de 500 millions de personnes (IYRP, 2021). Il est encore présent dans le bassin méditerranéen, à la fois sur la rive nord et sud, même s'il a tendance à régresser. En France métropolitaine, par exemple, le pastoralisme implique 35 000 exploitations « avec un élevage significatif » dont le système fourrager est considéré de type pastoral, soit 18 % de l'ensemble des exploitations. Ce système est particulièrement représenté dans les régions méditerranéennes et montagnardes, qui détiennent près de 1,5 million d'UGB (unité de gros bétail) (Agréste, recensement agricole 2010 – traitement Idele).

La seconde forme d'élevage au pâturage est l'élevage à l'herbe, pratiqué sur des prairies, très généralement clôturées, que ce soient dans les zones de prairies des pays développés ou des pays en développement (PED), ou dans des zones forestières après défriche et implantation de prairies de longues durées (forêt amazonienne par exemple). Des races animales à haute productivité y sont généralement élevées. En complément des prairies permanentes, des fourrages semés avec des espèces améliorées sont également utilisés, avec une dépendance plus ou moins forte à des intrants. La mécanisation

de la récolte et de la distribution des fourrages peut entraîner une diminution de la part des ressources prélevées par pâturage direct dans l'alimentation. L'intensification de ces systèmes à l'herbe et leur impact écologique peuvent varier considérablement selon les biomes (HPLÉ, 2016 ; Chang *et al.*, 2021).

Par ailleurs, les élevages des systèmes mixtes agriculture-élevage couvrent une grande diversité de situations. Ils sont très nombreux dans les PED, notamment en Afrique et en Asie, où ils sont gérés par de petits exploitants. Les familles élèvent quelques animaux, associant souvent plusieurs espèces : des volailles et des porcs, mais également des ruminants (qui sont notamment utilisés pour la traction). Toutes ces espèces concourent à l'entretien de la fertilité des sols cultivés. Ces petites exploitations produisent de l'ordre de 80 % des aliments consommés par l'homme en Asie et en Afrique subsaharienne (HPLÉ, 2016). Les ruminants sont alimentés à partir des résidus de culture et de cultures fourragères (pâturés ou distribués en vert ou après stockage), d'herbes issues du désherbage des cultures ou de cueillette sur les bords des chemins et des parcelles. Ils peuvent aussi accéder à des surfaces de parcours. Ainsi, selon les contextes (nombre d'animaux dans l'exploitation, densité de population et occupation des sols dans le territoire), les ruminants peuvent être conduits en stabulation permanente ou bien au pâturage, sur les résidus de culture laissés au champ et sur des surfaces de végétation spontanée. Ces systèmes mixtes se rencontrent également dans les pays développés, avec des dimensions (surfaces, taille des troupeaux) plus importantes, bien qu'ils aient eu tendance à décroître avec la diminution générale du nombre d'exploitations agricoles. Ces faits sont associés à l'agrandissement et à la spécialisation des exploitations et des espaces, dans le mouvement de modernisation de l'agriculture depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, par exemple en Europe.

■ Les élevages de ruminants au pâturage en agriculture familiale...

Dans cet ouvrage, nous nous intéresserons essentiellement aux élevages conduits en agriculture familiale, qui sont largement dominants à l'échelle mondiale (Bosc et Sourisseau, 2019 ; Cirad, 2013). L'agriculture familiale est définie comme « une des formes d'organisation de la production agricole regroupant des exploitations caractérisées par des liens organiques entre la famille et l'unité de production et par la mobilisation du travail familial excluant le salariat permanent. Ces liens se matérialisent par l'inclusion du capital productif dans le patrimoine familial et par la combinaison de logiques domestiques et d'exploitation marchandes et non marchandes, dans les processus d'allocation du travail familial et de sa rémunération, ainsi que dans les choix de répartition des produits entre consommations finales, consommations intermédiaires, investissements et accumulation » (Cirad, 2013). Cette agriculture familiale coexiste avec deux autres grandes formes d'agriculture :

- l'agriculture d'entreprise qui mobilise uniquement du travail salarié et dont le capital d'exploitation est détenu par des acteurs déconnectés des logiques familiales,
- l'agriculture patronale qui a recours au travail salarié permanent en complément de la main-d'œuvre familiale, mais dont le capital d'exploitation est familial.

Les types d'exploitations agricoles n'étant pas identifiés dans les bases statistiques agricoles à l'échelle mondiale, il est difficile d'apprécier la participation des agricultures familiales au système alimentaire mondial. Quelques éléments peuvent néanmoins être mis en avant. Elles représentent la très grande majorité des agricultures du monde, avec autour de 570 millions d'exploitations agricoles et 1,3 milliard d'actifs agricoles, pour une population agricole totale estimée à 2,6 milliards de personnes (Bosc et Sourisseau, 2019 ; Cirad, 2013). Les agricultures familiales contribuent de façon prépondérante aux revenus et aux moyens d'existence de la population dans de nombreux pays du monde. Il faut cependant aussi considérer l'importance de la pauvreté qui touche ces ménages agricoles. Avec peu de moyens et des surfaces souvent très limitées (85 % des exploitations dans le monde disposent de moins de 2 ha ; Robinson *et al.*, 2011), ces ménages tentent tout d'abord de subvenir à leurs besoins alimentaires, au travers de l'autoconsommation. Leurs activités agricoles contribuent également aux revenus par la vente de surplus, et en particulier de produits animaux. Même si elles sont considérées par certains comme peu productives et donc peu efficaces pour répondre aux enjeux de la sécurité alimentaire mondiale, les agricultures familiales assurent néanmoins l'essentiel de la production alimentaire de base d'origine végétale (céréales, tubercules, bananes plantains) dans le monde. En ce qui concerne les autres productions végétales, la contribution des agricultures familiales serait plus variable : de 40 % pour l'huile de palme à plus de 90 % pour le café, le cacao ou le coton. Les auteurs du rapport du Cirad (2013) n'ont pas tenté d'estimer la contribution des agricultures familiales pour la production des produits animaux. Les études de terrain que nous réalisons nous permettent d'affirmer que les agricultures familiales participent de façon importante à la fourniture de produits animaux. À titre d'exemple, en Inde, premier producteur mondial de lait, celui-ci est fourni par un très grand nombre de petits troupeaux. L'élevage en agriculture familiale fournit également des services pour les productions végétales (fumure, traction) et contribue de ce fait aussi à la sécurité alimentaire. Les agricultures familiales, ainsi que les activités d'élevage qui y sont développées au sein de systèmes mixtes agriculture-élevage ou des systèmes pastoraux, sont très diverses, notamment en fonction des conditions d'accès aux ressources et des conditions bioclimatiques. Ceci détermine les possibilités de transformations des unités familiales et de leurs activités. Il existe une controverse sur la capacité de l'agriculture familiale à contribuer efficacement aux enjeux de la sécurité alimentaire, tout en assurant la préservation de l'environnement. Ceci est bien un enjeu, et nous verrons dans cet ouvrage que les activités d'élevage, en particulier de ruminants, peuvent être un levier pour y contribuer.

I L'élevage de ruminants au pâturage en agriculture familiale dans les zones méditerranéennes et tropicales

Cet ouvrage traite plus particulièrement de l'élevage familial de ruminants au pâturage dans les zones méditerranéennes et tropicales sur lesquelles nos travaux ont été ciblés. Ces régions méditerranéennes et tropicales détiennent une part très importante du cheptel mondial d'herbivores domestiques (tableau 1.2.) : la très grande majorité des buffles,