

# 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](http://www.quae.com)

[www.quae-open.com](http://www.quae-open.com)

# 2. Adaptation aux changements locaux et globaux des systèmes d'élevage au pâturage

Claire Aubron, Christian Corniaux, Laurence Flori

## Introduction

SI LE CONCEPT D'ADAPTATION en tant que processus et produit des processus évolutifs a fait l'objet d'un intérêt constant depuis le XIX<sup>e</sup> siècle en biologie, sa discipline d'origine (Simonet, 2009), ce n'est que depuis quelques décennies que les sciences agronomiques au sens large s'en sont emparées. Bien qu'il soit difficile d'en donner une définition communément partagée au sein de ce champ scientifique, on peut comprendre l'adaptation comme une action consistant à s'accommoder aux circonstances et à composer avec elles.

Dans la lignée des approches systémiques et des travaux sur la résilience des systèmes auxquels elles se rattachent de manière plus ou moins explicite, les recherches sur l'adaptation en agriculture se démarquent au sein des sciences agronomiques par la vision dynamique qu'elles ont de leurs objets et par la prise en compte de la complexité des interactions en jeu dans l'adaptation, dans une perspective holistique (Darnhofer, 2014). Inscrits dans ce courant, de nombreux travaux se sont intéressés à l'adaptation en élevage au cours des deux dernières décennies (par exemple Ancey *et al.*, 2013). La complexité des interactions sur lesquelles repose l'activité d'élevage, en particulier lorsqu'il est conduit au pâturage, n'est sans doute pas étrangère à ce développement : la diversité des espèces et des races de ruminants domestiques, le comportement alimentaire et la physiologie des animaux d'élevage, la disponibilité des ressources fourragères dans le temps et dans l'espace, la mobilité des troupeaux, les divers fonctions et produits issus de l'élevage, les filières et marchés dans lesquels il s'insère, sont autant d'éléments en interaction sur lesquels peuvent porter les adaptations. Ils constituent autant de leviers pour faire face à un contexte contraint et mouvant, notamment aux plans climatique et économique (Rigolot *et al.*, 2019).

Le champ est large et les recherches sur l'adaptation en élevage sont en conséquence diverses. Une première clé de lecture de la variété de ces travaux peut être fournie par les réponses à une série de questions découlant du terme même d'adaptation. Adaptation *de quoi* ? L'animal

(l'individu, le troupeau, la population, l'espèce), la plante (l'individu, la prairie), la ferme et le collectif d'éleveurs sont autant d'objets potentiellement concernés par l'adaptation qui renvoient à des échelles d'analyse et à des disciplines diverses et éventuellement combinées. *Adaptation à quoi ?* On peut ici distinguer les aléas et les risques, d'un choc au caractère plus soudain (par exemple l'arrivée d'un prédateur) ou encore d'un ensemble de changements relativement continus comme le changement climatique ou la mondialisation. L'échelle et le pas de temps considérés dans l'étude des adaptations varient en conséquence. La nature des perturbations à l'origine de l'adaptation – climatiques, environnementales, techniques, économiques, politiques, sociales, etc. – induit également une diversité dans les travaux. Quelle est l'*ampleur* de cette adaptation ? On peut reprendre ici les trois niveaux distingués dans l'étude de la résilience (Darnhofer, 2014) : (i) l'entité considérée absorbe la perturbation et persiste en restant la même ; (ii) l'entité est légèrement modifiée par la perturbation ; (iii) l'entité se transforme radicalement en réaction à la perturbation.

Une autre clé de lecture des recherches sur l'adaptation en élevage consiste à opérer une distinction en fonction de l'importance accordée aux *processus*, aux *propriétés* ou aux *résultats* de l'adaptation (Gasselin *et al.*, 2020). Celles centrées sur les processus étudieront par exemple les trajectoires d'adaptation des animaux ou des élevages, là où celles s'intéressant aux propriétés analyseront leurs capacités de réaction, en tenant compte par exemple de leur dotation en ressources ou de leurs capacités à apprendre (Chia et Marchesnay, 2008). Des recherches portant sur les résultats de l'adaptation se pencheront quant à elles par exemple sur les effets positifs et négatifs de l'adaptation par rapport au développement durable.

Ce chapitre a pour objectif d'illustrer la richesse de ces travaux sur l'adaptation des élevages au pâturage. Nous avons pour cela sélectionné cinq ensembles de résultats issus des recherches conduites par les chercheurs de l'UMR Selmet au cours des dernières années qui s'intéressent à une question, une approche ou un objet original par rapport à l'adaptation : diversité et adaptation des couverts végétaux pâturés au changement climatique, leviers physiologiques mobilisés par l'animal, diversité génétique et adaptation des ressources génétiques animales locales à leurs milieux d'élevage, capacités d'adaptation des ménages pastoraux et des collectifs d'éleveurs et trajectoires d'adaptation des élevages dans les territoires. L'ensemble permet de nourrir une réflexion sur l'adaptation en élevage pâturant en mettant en exergue les différents leviers et processus en jeu dans l'adaptation, et en analysant les limites de celle-ci.

## **Adaptation de la végétation des pâturages méditerranéens et tropicaux**

**SIMON TAUGOURDEAU, JOHANN HUGUENIN**

Les systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux reposent à des degrés variables sur la végétation pastorale comme source d'alimentation. La dynamique de la végétation est influencée par de nombreux facteurs tels que les conditions biophysiques (dont les aléas

climatiques), les pratiques d'élevage, l'évolution des cheptels, la mise en culture des terres de parcours, etc. Elle peut s'adapter à des changements selon deux processus :

- l'adaptation intraspécifique : une même espèce végétale peut modifier son fonctionnement pour s'adapter aux changements de conditions par des modifications morphologiques, physiologiques ou phénologiques.
- l'adaptation interspécifique : la composition botanique peut être modifiée pour permettre à la végétation de s'adapter aux changements ; cette adaptation peut se traduire simplement par une modification des abondances des espèces ou par une apparition ou une disparition d'espèces.

Ces adaptations ont ensuite des impacts sur les caractéristiques de la végétation des pâturages, y compris la valeur pastorale (biomasse, valeur nutritive). La compréhension de l'adaptation de la végétation aux changements globaux peut permettre de prédire la trajectoire de la valeur pastorale.

### **I Au Sahel, l'utilisation de données historiques permet de comprendre l'adaptation de la végétation des parcours aux sécheresses**

Au Sahel, le pastoralisme repose principalement sur la végétation de steppes et de savanes. Le Sahel a subi des épisodes sévères de sécheresse en particulier entre les années 1970 et 1990 avec des réductions fortes de la pluviométrie pendant plusieurs années d'affilée. Depuis, on assiste globalement à un retour des pluies. Dans le cadre du pôle pastoralisme et zones sèches<sup>1</sup>, de nombreux travaux sont conduits depuis plusieurs décennies pour étudier la réponse de la végétation, aussi bien de la strate herbacée (Ndiaye *et al.*, 2015) que de la strate ligneuse (Diouf *et al.* 2002; Sarr *et al.* 2013).

#### **Changement des communautés des savanes sahéliennes suite aux épisodes de sécheresse**

Des travaux récents combinent à la fois des données satellitaires et des données historiques de relevés botaniques dans le nord du Sénégal. Les variations des communautés ligneuses avant, pendant et après la période de sécheresse sont étudiées (Dendoncker *et al.*, 2020). Ce travail a reposé en partie sur l'utilisation de bases de données historiques de la végétation, en particulier la base Flotrop (Taugourdeau *et al.*, 2019) qui contient plus de 340 000 observations de plantes entre le 5<sup>e</sup> et le 25<sup>e</sup> parallèle nord pour le continent africain entre 1920 et 2012 (figure 2.1). Ces données sont en accès libre sur le GBIF<sup>2</sup>.

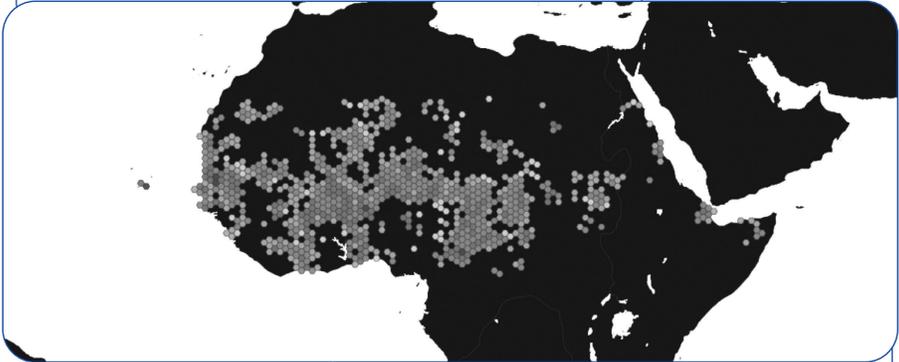
Ces travaux montrent que la densité des arbres diminue entre 1965 et 2008 mais reste stable entre 2008 et 2018 (autour de 10 arbres par hectare). Cependant, de fortes modifications de la composition en espèces ont été notées, indiquant une modification interspécifique des communautés ligneuses. De nombreuses espèces ont des abondances qui

1. [www.ppzs.org](http://www.ppzs.org).

2. [www.gbif.org/dataset/eb605c7a-a91c-4ab8-a588-85doccb2be9e](http://www.gbif.org/dataset/eb605c7a-a91c-4ab8-a588-85doccb2be9e).

ont diminué à cette période. Une seule espèce *Acacia tortilis* est en augmentation entre les deux périodes. La flore ligneuse dans la région est donc moins diversifiée et sans doute moins résiliente. Différents facteurs interviennent dans cette dynamique, comme le pâturage et les activités humaines qui limitent entre autres le recrutement des nouveaux arbres.

**Figure 2.1. Répartition des données Flotrop (GIBF, 2019).**



L'intensité des points représente la densité de données des relevés botaniques mis en ligne. Plus l'intensité est forte, plus la densité est élevée.

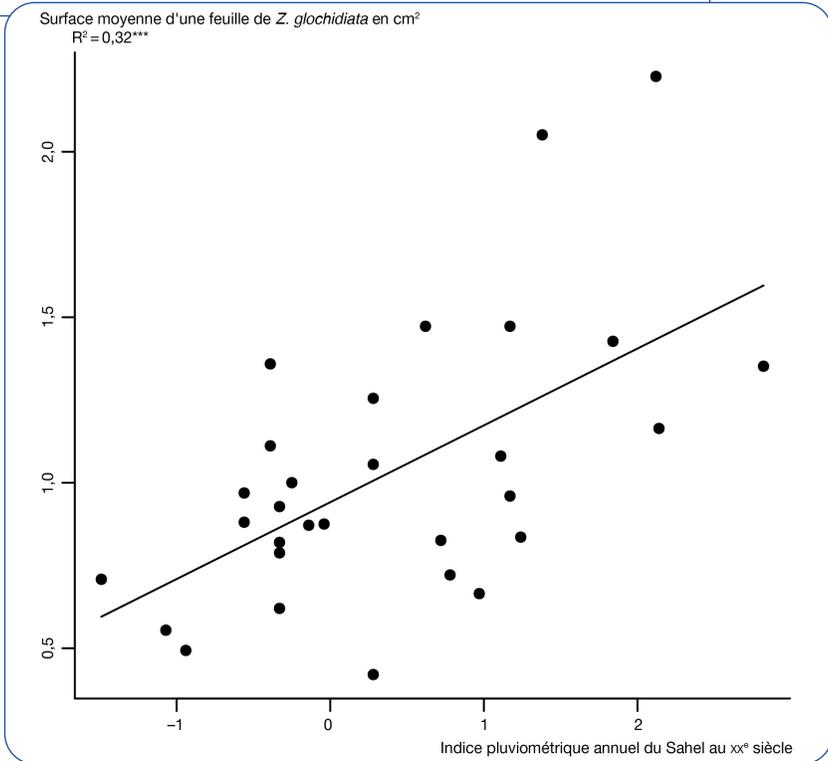
### **Étude de l'adaptation intraspécifique à l'aide des herbiers**

Les données historiques sont également conservées sous la forme d'échantillons en herbier. Les herbiers permettent l'étude des changements de flore (adaptation interspécifique) mais peuvent être aussi utilisés pour identifier les variations au sein des espèces, en particulier de certaines caractéristiques morphologiques comme la surface de feuilles à partir d'images de ces échantillons. Sur des espèces typiques du Sahel, nous avons mesuré les surfaces de feuilles sur les images disponibles sur le site de Recolnat<sup>3</sup>. Pour exemple, il existe une relation entre la surface de feuille de *Zornia glochidiata* et l'indice de pluviométrie au Sahel (figure 2.2). Pour cette espèce annuelle, la surface était plus faible lors des années de sécheresse, montrant une adaptation morphologique à la pluviométrie.

Il serait intéressant de pouvoir effectuer des travaux similaires sur d'autres variables que la surface, en particulier les caractéristiques chimiques. Cependant, ces mesures sont pour le moment destructives. On est donc confronté à un dilemme entre la production de données et la conservation d'échantillons. Il serait intéressant de développer des méthodes indirectes pour ne pas abîmer les échantillons. Des analyses par spectrométrie dans le proche infrarouge sur les herbiers sont en cours pour essayer de faire des évaluations indirectes des mesures biochimiques (méthode non destructive) (Svensk *et al.*, 2018).

3. [www.recolnat.org/](http://www.recolnat.org/).

**Figure 2.2.** Relation entre la surface de feuille de *Zornia glochidiata* mesurée sur herbier et l'indice de pluviométrie au Sahel.



## Impact des pratiques d'élevage sur l'adaptation de la végétation et la dégradation des steppes au Maghreb

Les steppes du Maghreb se situent entre les isohyètes 100 et 400 mm·an<sup>-1</sup> et sont couvertes d'une végétation basse et clairsemée. La graminée symbolique *Stipa tenacissima* se développe sur sols peu profonds drainés, par voie végétative. Elle représentait 90 % de la phytomasse (5 à 10 t<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup>, avec 20 % en vert). Les steppes couvertes en *Lygeum spartum* ont une amplitude écologique plus large et sont liées aux voiles sableux (260 ± 120 kg MS·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup>). Elle remplace *S. tenacissima* accompagnée de ligneux bas (*Artemisia*, *Salsola*, etc.). En zones de désertification où les voiles sableux atteignent 15 cm, *Stipagrostis pungens* se développe (Hirche *et al.*, 2018). Les steppes à arbrisseaux représentaient d'importantes surfaces, comme celles à *Artissima herba-alba*, appréciée pour sa valeur pastorale (Aïdoud *et al.*, 2006).

Les steppes du Maghreb sont soumises à une exploitation humaine très ancienne via l'élevage extensif d'ovins et de caprins complété par la culture itinérante des céréales (Aïdoud *et al.*, 2006). Au cours du xx<sup>e</sup> siècle, cet élevage a connu des mutations sous l'effet de l'évolution de la démographie, de l'expansion des cultures dans des terres de parcours, de la croissance du cheptel, de l'évolution de l'accès aux ressources, des sécheresses prolongées, de nouvelles pratiques d'élevage (apport de concentré et mobilité aléatoire par exemple), des modes de vie des sociétés pastorales (scolarisation par exemple), du contexte économique et des politiques rurales (Bencherif, 2018 ; El Bilali *et al.*, 2020). Les mises en culture (principalement en céréales et arboriculture) et l'ensablement puis la désertification des zones les plus sollicitées des steppes ont induit une diminution de plus de 25 % de leurs surfaces (Hirche *et al.*, 2018).

### **Impact des changements de pratiques sur la végétation des steppes**

De nombreux facteurs ont affaibli les végétations pastorales steppiennes, à commencer par les sécheresses plus prononcées, mais surtout les facteurs anthropiques : mise en culture des terres de parcours, augmentation du cheptel, etc. (Bencherif, 2018 ; El Bilali *et al.*, 2020 ; voir aussi *Trajectoires d'adaptation des élevages dans les territoires* dans ce chapitre).

Lors d'études dans des terroirs qui présentaient une homogénéité pédoclimatique, nous avons relevé une hétérogénéité spatiale des formations végétales à *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Stipagrostis pungens*. Dans un même territoire, la dégradation se traduit par la disparition de la formation à *S. tenacissima*, et l'apparition de la formation à *L. spartum*, avec aggravation de la dégradation de cette formation qui disparaît aussi pour laisser place à la formation à *S. pungens*. Il s'agit d'une succession écologique régressive caractéristique des végétations pastorales steppiennes sous fortes contraintes. Dans les terroirs d'étude, chacune de ces formations végétales se répartissait de façon différente dans l'espace, comme un patchwork. Après avoir décrit les droits d'accès à la pâture pour chaque éleveur du « terroir », nous avons pu établir des relations entre le zonage des différentes formations végétales et leur mode d'exploitation. Ainsi, les agropasteurs qui ne disposaient que d'un parcours de 0,25 ha à 0,5 ha.tête<sup>-1</sup> ovine et qui n'avaient pas de moyen pour transhumérer avaient le plus souvent des pâturages très dégradés à *S. pungens*. En revanche, les agropasteurs qui disposaient de plusieurs parcours et qui effectuaient des transhumances gardaient généralement des pâturages en bon état avec des formations à *S. tenacissima* (Hammouda, 2019). La végétation de leurs parcours connaissait des temps de repos. Les situations et dynamiques foncières des parcours peuvent donc induire des pratiques d'éleveurs à fort impact, encore faut-il les percevoir (Daoudi, 2021).

### **La régénération des steppes, une pratique pour éviter la dégradation ?**

Des actions de régénération des steppes ont été entreprises depuis les années 1960, en ayant recours à des mises en défens de pâture et l'implantation de pâturage aérien (ligneux dont les feuilles fourragères ne tombent pas au sol) (Corriols, 1965 ; Gintzbuger *et al.*, 2000). Les régénérations végétales en l'absence de pâture s'avèrent satisfaisantes,

tout en restant liées aux conditions météorologiques. Cependant, les résultats obtenus après la remise à la pâture pendant plusieurs années se révèlent décevants, car les éleveurs, voyant le potentiel fourrager important, pratiquent de fortes charges sur de longues durées qui vulnérabilisent la végétation (Louhaichi *et al.*, 2019).

Dans le cadre d'un projet de recherche-action dans une commune steppique (pluviométrie de 250 mm·an<sup>-1</sup>), une appréciation de l'état des pâturages a été réalisée afin d'identifier avec les agropasteurs les parcours les plus dégradés et assez dégradés. Pour les premiers, il a été procédé à des plantations de buissons fourragers (*Atriplex* spp.) avec une mise en défens de pâture pendant 3 ans. Quant aux seconds, ils ont fait l'objet d'une simple mise en défens de 3 ans. Le suivi de ces parcours a commencé en 2009 et a pris fin en 2017 (les pâtures ont repris en 2012). Il a porté sur 7 parcours plantés en *Atriplex* spp., 4 mises en défens de pâture et 3 témoins.

Les résultats (tableau 2.1) s'apprécient en tenant compte des pluviométries annuelles (en millimètre).

**Tableau 2.1. Variation du recouvrement global moyen de la végétation (RGV) en % sur les différents parcours au cours du temps (Bouchareb *et al.*, 2020).**

Années	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2017
P (en mm)	390	425	337	245	277	221	202
T	35	42,2	38,6	38,41	33,4	34,11	33
MD	56	78,3	69,7	64	62,5	54,3	48
PL	27,1	58,4	57	54,8	62,8	65,3	61

P : pluviométrie annuelle.

T : parcours témoin.

MD : parcours mis en défens.

PL : parcours ayant fait l'objet de plantations d'arbustes fourragers.

Les parcours en plantations et mis en défens ont profité des premières années pluvieuses. Dès 2012, la diminution du recouvrement global moyen de la végétation (RGV) des zones mises en défens s'explique par la baisse pluviométrique et la reprise de la pâture. Ces facteurs n'affectent pas les parcours ayant fait l'objet de plantations (PL) dont le RGV est multiplié par 2,25 alors qu'initialement ces parcours étaient les plus dégradés. Les plants d'*Atriplex* amortissent les pluies (qui ruissellent moins) et leur structure en buissons qui se densifient atténue l'effet de la pâture en limitant le stationnement des animaux.

La richesse spécifique a été exprimée par l'indice de Shannon calculé pour les types de parcours et de faciès indépendamment des traitements des parcours (tableau 2.2).

L'indice se maintient à un niveau satisfaisant pour les parcours mis en défens. Le déclin est net pour les parcours ayant fait l'objet de plantations avec la croissance des plantations.

Dans le cas des plantations en *Atriplex*, la biodiversité diminue dans un premier temps, puis un retour progressif d'espèces locales s'opère, en réponse à l'amélioration des conditions écologiques stationnaires. Cela se vérifie dans les terres qui ont fait l'objet de plantations fourragères la dernière année du suivi, malgré une faible pluviométrie. Les milieux protégés, comme les parcours mis en défens et les parcours où des plantations fourragères ont été réalisées, arrivent à maintenir une diversité floristique liée en partie à l'aspect « parapluie » que génèrent les touffes, protégeant l'ensemble d'espèces accompagnatrices (Slimani et Aïdoud, 2018).

**Tableau 2.2. Évolution de l'indice de Shannon sur les différents parcours au cours du temps.**

Années	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2017
P (en mm)	390	425	337	245	277	221	202
T	2,7	2,84	2,57	2,43	2,37	2,11	1,78
MD	3,21	3,13	3,03	2,72	3,24	2,81	2,92
PL	2,75	2,85	2,8	2,63	2,44	2,25	2,32

P : pluviométrie annuelle.

T : parcours témoin.

MD : parcours mis en défens.

PL : parcours ayant fait l'objet de plantations d'arbustes fourragers.

La corrélation s'avère nette entre le recouvrement et la productivité, ainsi que la pluviométrie (tableau 2.3). La productivité des témoins s'élève les premières années pluvieuses sans avoir d'aptitude à se maintenir en années plus sèches. Les parcours mis en défens présentent une forte élévation de leur productivité à la troisième année après un cycle triennal pluvieux ayant permis aux espèces annuelles et pérennes de s'exprimer à leur maximum. Ce phénomène de succession d'années favorables a souvent été analysé (Slimani et Aïdoud, 2018). Les *Atriplex* présentent des traits fonctionnels différents, qui atténuent l'effet pluviométrique, autant à la hausse qu'à la baisse. Elles montrent des aptitudes à la mitigation, car même les dernières années sèches, elles restent les plus productives, alors qu'elles étaient très pâturées.

Une étude auprès des éleveurs nous a permis de noter que lors de remise à la pâture des parcours mis en défens ou de ceux en plantations fourragères, compte tenu de l'offre fourragère, les éleveurs ont augmenté leur cheptel (de 140 %). Nous avons noté aussi que les éleveurs ayant des plantations fourragères ont diminué leur surface de culture en orge. Cela n'a pas été compensé par l'achat extérieur d'orge, car ils ont réduit l'apport de concentré.

En steppe algérienne, en raison des fortes variations pluviométriques interannuelles, les éleveurs semblent avoir développé des stratégies d'exploitation intense de la ressource,

quand l'année s'y prête, en considérant que quelle que soit leur pratique concernant la végétation, les années suivantes peuvent être soumises à la sécheresse et donc à de très basses ressources pastorales. Ce constat met en exergue l'importance d'échanger avec les éleveurs, afin qu'ils puissent percevoir la végétation des parcours régénérés, notamment par des plantations fourragères, comme une ressource pouvant en partie supporter les sécheresses si ces parcours n'ont pas fait l'objet d'une pâture excessive l'année précédente. Le travail de recherche participative entrepris lors des mises en défens et de la plantation aurait dû continuer lors de l'ouverture à la pâture mais n'a pas pu être réalisé car le projet arrivait à sa fin. Il semble que pour les jeunes générations, il serait pertinent d'envisager un accompagnement. Une telle démarche nécessiterait de travailler sur les jeux d'alliances et d'accès aux parcours en mobilisant les sciences humaines et sociales.

**Tableau 2.3. Productivité des parcours au cours du temps en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ .**

Années	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2017
P (en mm)	390	425	337	245	277	221	202
T	250	270	300	280	265	255	205
MD	313	790	1000	485	600	400	320
PL	221	390	460	615	605	575	450

P : pluviométrie annuelle.

T : parcours témoin.

MD : parcours mis en défens.

PL : parcours ayant fait l'objet de plantations d'arbustes fourragers.

\*

\*\*

L'élevage au pâturage est un système qui repose sur l'usage de la végétation spontanée comme source principale d'alimentation du bétail. Cette végétation spontanée est influencée par les conditions pédoclimatiques et aussi par les pratiques d'élevage. L'adaptation de la végétation peut reposer à la fois sur des modifications d'une espèce (intraspécifique) et sur des modifications des communautés végétales (variation interspécifique). Ces adaptations s'observent uniquement sur le long terme et nécessitent donc des études reposant sur des données historiques multiples. La tendance lourde montre une expansion des zones de désertification de 10 % par décennie. Les réhabilitations et les cultures fourragères peuvent stabiliser cette progression moyennant un travail de co-construction tenant compte des dynamiques sociales et renouant avec les logiques de parcours collectifs régulés.

## **Robustesse des animaux d'élevage : des leviers physiologiques et comportementaux au service de l'adaptation**

**EIEL GONZÁLEZ-GARCÍA, ALEXANDRE ICKOWICZ, NATHALIE DEBUS, MOUTAZ ALHAMADA, HABIBOU ASSOUMA**

Dans les systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux, les animaux font face à des variations parfois drastiques de la disponibilité des ressources alimentaires, par exemple au cours de sécheresses plus ou moins prévisibles et prolongées, induisant des épisodes de stress thermique, hydrique et nutritionnel. Dans de telles conditions, la production d'herbe et plus globalement de biomasse est limitée, temporairement ou sur une plus longue période. Pour survivre, les ruminants, tributaires de cette ressource, vont devoir s'adapter soit directement (adaptation physiologique individuelle), soit indirectement (avec des ajustements des pratiques de conduite). Par adaptation physiologique individuelle, nous entendons l'ensemble des régulations bénéfiques des processus physiologiques mis en œuvre par un individu soumis à des conditions nouvelles et qui lui permettent de répondre de façon plus ou moins efficace (processus dynamique). Parmi la palette d'adaptations physiologiques, un des leviers principaux est la capacité à ajuster le comportement alimentaire, à partir de la mise en place de mécanismes liés aux choix et prises alimentaires ainsi qu'à la mobilité spatiale. Dans des conditions de pénuries extrêmes, pour compenser les bilans énergétiques négatifs conséquents, un autre mécanisme physiologique de compensation sur lequel s'appuient les ruminants est la dynamique de mobilisation et reconstitution des réserves corporelles. Au-delà de la condition corporelle, d'autres traits tels que les performances de reproduction des animaux sont affectés négativement par de tels événements d'insuffisance alimentaire et nutritionnelle. Les femelles sous-alimentées adaptent leurs comportements en modifiant la nature et la fréquence des chaleurs et des accouplements. Le comportement reproducteur des mâles est affecté de manière indirecte via l'attractivité des femelles. La compréhension de la cascade complexe de tels mécanismes physiologiques (isolés ou combinés), à l'échelle des individus et des troupeaux, fait partie intégrante des efforts pour bien les mettre en valeur dans une stratégie d'adaptation de ces systèmes d'élevage à différents niveaux d'organisation.

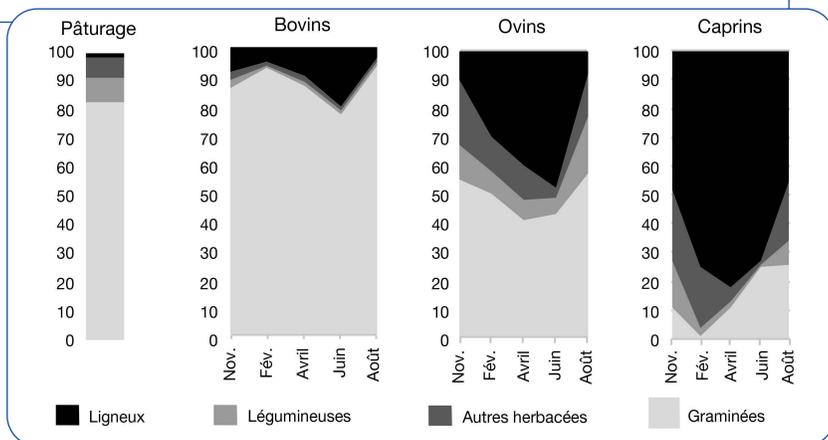
### **Le comportement alimentaire des ruminants au pâturage comme stratégie d'adaptation**

Dans les systèmes d'élevage au pâturage, la variabilité spatiale et temporelle des conditions climatiques (température et pluviosité pour l'essentiel) se traduit par une répartition variable des ressources alimentaires pour les ruminants (quantité et qualité des biomasses végétales herbacées et ligneuses). Un des premiers leviers d'adaptation de ces systèmes d'élevage est donc la capacité d'ajustement de leur comportement alimentaire. Celui-ci s'appuie sur trois leviers essentiels : le choix alimentaire, la prise alimentaire et la mobilité.

### Comportement sélectif des ruminants au pâturage

Le comportement sélectif des ruminants est difficile à décrire avec précision alors que ces animaux sont en libre pâture, mobiles et parfois difficiles à approcher (Guérin *et al.*, 1988 ; Bonnet *et al.*, 2015). Les études montrent qu'il varie en fonction de l'espèce de ruminant (Guérin *et al.*, 1988 ; Ickowicz, 1995) avec des proportions spécifiques de contribution des différentes classes de végétation à la ration journalière (figure 2.3).

**Figure 2.3. Comportement sélectif d'ingestion des trois espèces de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) sur un même pâturage au Sahel selon la saison (en % de la composition botanique) (d'après Guérin *et al.*, 1988 ; Ickowicz, 1995).**



On notera que pendant les saisons sèches ou dans des conditions de faible disponibilité des fourrages herbacés, les ligneux, sous forme de feuilles ou de fruits, peuvent parfois contribuer encore davantage au régime, jusqu'à 50 % de la biomasse ingérée par les bovins par exemple, notamment en saison sèche (Ickowicz et Mbaye, 2001 ; Assouma *et al.*, 2018). Ces différences de comportement sélectif d'ingestion des ruminants montrent une complémentarité entre les espèces qui exercent des pressions de pâture distinctes sur les compartiments de la végétation et induisent à pression de pâture modérée des interactions positives pour la production. Ces différences plaident en faveur d'une composition mixte des troupeaux, pratique régulière dans les zones arides méditerranéennes et tropicales (Guérin *et al.*, 1988). Ainsi le comportement spécifique et plastique des ruminants sur parcours est un levier important d'adaptation à la variabilité spatiale et temporelle des ressources à l'échelle intra- et interannuelle mais aussi sur le plus long terme, pour une gestion durable des ressources. Ces mécanismes offrent l'opportunité à l'éleveur de jouer sur la composition spécifique de son troupeau pour réagir à des changements plus

tendanciels du climat et de l'environnement tout en maintenant le niveau de productivité de son élevage en exploitant l'ensemble des compartiments végétaux.

### Adaptation de la capacité d'ingestion des ruminants

La capacité d'ingestion sur parcours (exprimée en grammes de matière sèche végétale ingérée par seconde, g MS/s) détermine en partie les performances animales et est fonction principalement de l'espèce animale et de son format (gabarit, taille de la bouchée ou du coup de dent), mais aussi du couvert végétal (Hodgson et Illius, 1996 ; figure 2.4), et sera inversement proportionnelle à la vitesse de déplacement de l'animal sur le parcours.

Ainsi, une étude récente en milieu tropical (Chirat *et al.*, 2014) précise le modèle liant la capacité d'ingestion à la biomasse fourragère disponible sur parcours (figure 2.5). Nous notons ici qu'en deçà d'une disponibilité de 1 tMS/ha, l'animal n'arrive plus à compenser la raréfaction des ressources par une accélération des prises alimentaires qui épuise l'animal. À l'inverse, avec des offres au-delà de 3 tMS/ha, on note une réduction de la vitesse d'ingestion liée à une structure de végétation trop dense et touffue et souvent peu appétée. Ces interactions réduisent drastiquement la capacité d'ingestion journalière notamment en saison sèche (figure 2.6 ; Assouma *et al.*, 2018). S'adapter à cette dynamique peut impliquer l'intervention de l'éleveur (ou du berger) pour par exemple changer l'animal de pâturage en lui proposant une meilleure densité ou qualité de fourrage afin d'éviter une baisse des performances (Chirat *et al.*, 2014 ; Meuret, 2010).

**Figure 2.4. Effet de la biomasse disponible (hauteur de l'herbe en cm) sur (A) le poids des bouchées (en mg) et sur (B) le rythme d'ingestion (en bouchées/min) et (C) la résultante sur l'ingestion quotidienne de matière organique (kg MO ingérée/jour) (adapté de Hodgson et Illius, 1996).**

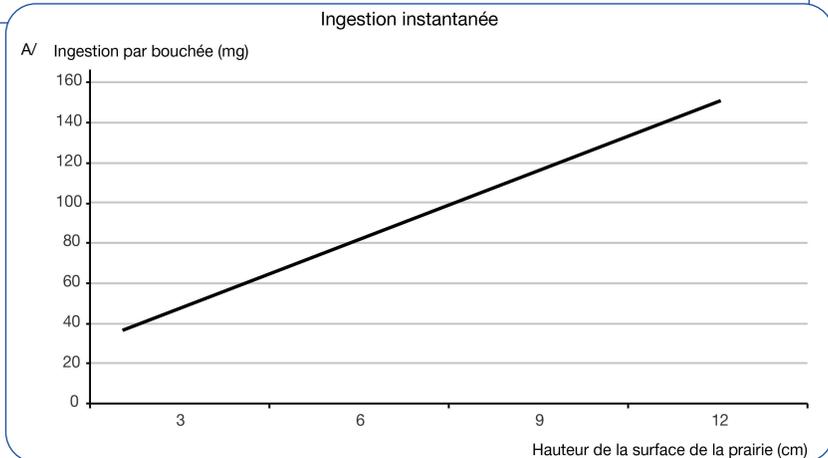
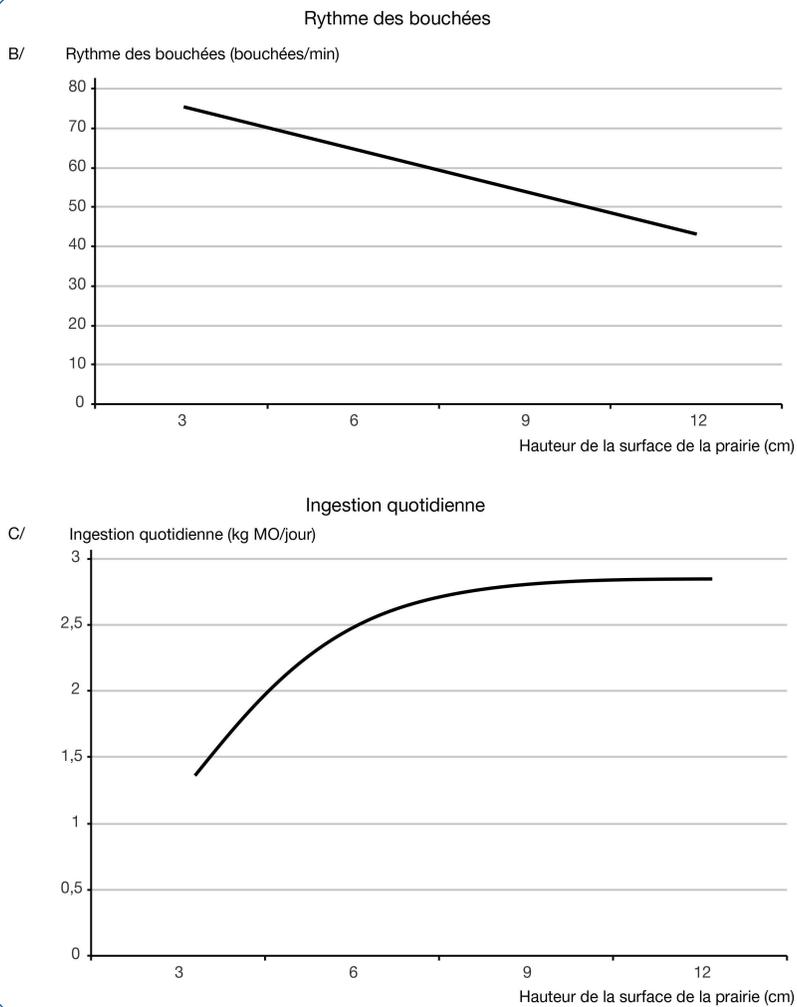
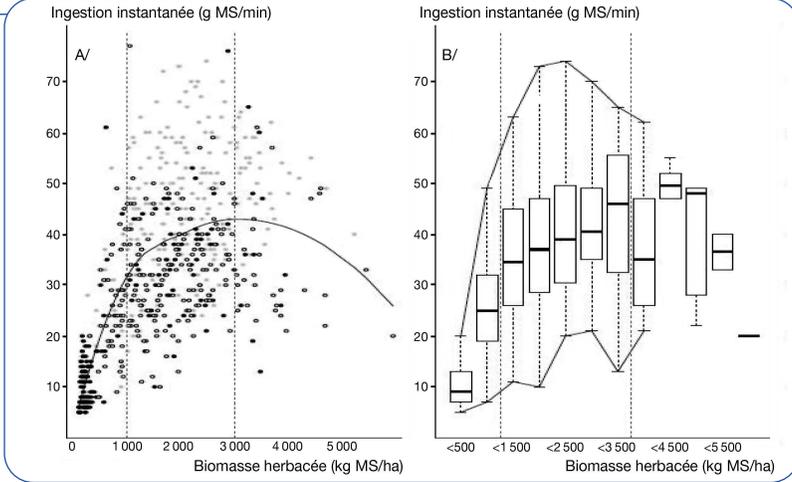


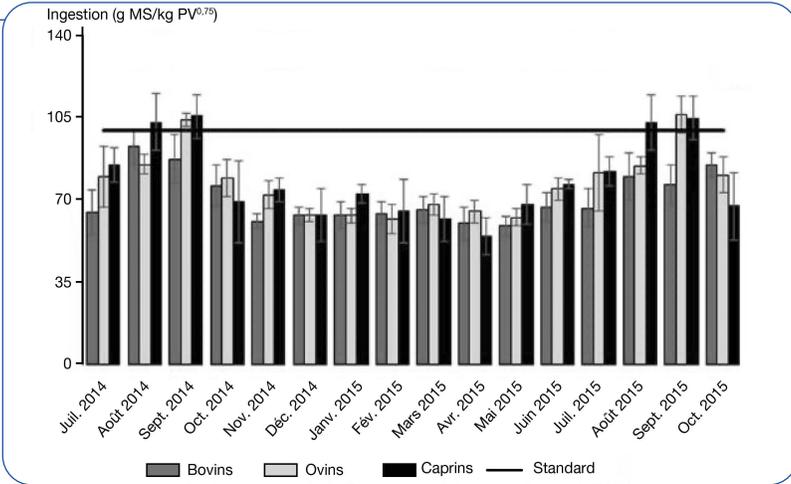
Figure 2.4. Suite



**Figure 2.5. Adaptation de la capacité d'ingestion des ruminants sur parcours tropicaux (en g MS/min) en fonction de la biomasse végétale disponible (en kg MS/ha). (A) : données observées de base et courbe d'ingestion résultante. (B) : représentation des moyennes, écarts-types et valeurs extrêmes observés pour chaque classe de biomasse. Tiré de Chirat *et al.*, 2014.**



**Figure 2.6. Variations de l'ingestion quotidienne des trois espèces de ruminants (bovins, ovins et caprins) (en g MS/kg de poids métabolique) sur parcours en zone pastorale sahélienne (Assouma *et al.*, 2018).**



PV<sup>0.75</sup> : poids métabolique.

Forte réduction en saison sèche lorsque la disponibilité de la biomasse végétale est trop réduite.

### **Rôle de la mobilité et du berger**

Le comportement d'ingestion décrit ci-dessus au niveau de la station de végétation peut être significativement modifié par la mobilité des animaux, avec ou sans intervention d'un berger. L'accélération des prises alimentaires à laquelle l'animal a recours pour compenser la raréfaction des fourrages peut s'accompagner d'une augmentation de l'aire de prospection des pâturages. Les distances parcourues induisent une augmentation de l'énergie dépensée pour s'alimenter, ce qui peut contribuer à une baisse de performance. Toutefois, pour les races adaptées, l'augmentation des marches quotidiennes (dans la limite des distances reportées) n'accroît pas significativement la perte de poids due au manque de ressources fourragères, mais accroît les besoins en eau dans des contextes où la rareté des points d'eau peut amener les animaux à s'abreuver tous les deux jours. L'intervention avisée de l'éleveur dans ces situations est d'autant plus essentielle qu'il connaît l'espace et les potentielles compétitions avec les autres troupeaux. Pour ces deux paramètres, choix et capacité d'ingestion, l'action de l'éleveur ou du berger qui accompagne le troupeau sur les parcours peut être décisive pour faciliter l'organisation dans le temps et l'espace des prises alimentaires et l'apprentissage des ruminants sur de nouveaux pâturages (Meuret, 2010).

### **■ Les réserves corporelles comme caractère d'intérêt dans des conditions contraignantes**

La dynamique de mobilisation-reconstitution des réserves corporelles (RC) est un mécanisme essentiel pour compenser tout ou partie du déficit alimentaire et énergétique subi dans des conditions d'élevage contraignantes. Il s'agit notamment des RC énergétiques stockées sous la forme de lipides (tissu adipeux) dans des régions sous-cutanées ou associées aux organes internes. Les RC constituent un atout essentiel surtout pour les femelles qui ont l'habitude de les mobiliser en fin de gestation et en début de lactation pour soutenir des niveaux de production laitière induisant des bilans énergétiques négatifs alors que leur capacité d'ingestion n'est pas à son maximum. Ces RC sont également mobilisées lorsque les animaux doivent compenser les déficits énergétiques résultant de la ressource pâturée variable en quantité et en qualité dans le temps, comme cela a été décrit précédemment.

C'est ce compartiment et ses processus de mobilisation-reconstitution qui sont étudiés dans des situations précises observées ou provoquées en utilisant la brebis reproductrice comme modèle. L'objectif est d'identifier et de comprendre les déterminants favorisant les fonctions relatives à la survie de l'individu dans des périodes courtes ou plus longues après les perturbations subies dans des conditions de sous-alimentation dans des milieux méditerranéens et tropicaux. Il s'agit de travailler à des échelles individuelle et collective (le troupeau), en passant par l'étude de groupes fonctionnels (par exemple en fonction des stades physiologiques) et tout au long de la carrière. Le phénotypage des individus, dans une perspective dynamique, est mis en cohérence avec une prise en compte fine des interactions génotype × milieu, dans le temps et dans l'espace, et

d'une approche hiérarchisée des processus d'adaptation. Enfin, cette démarche permet de concevoir des stratégies de conduites d'alimentation alternatives tout en procédant à une amélioration génétique des capacités individuelles identifiées comme avantageuses.

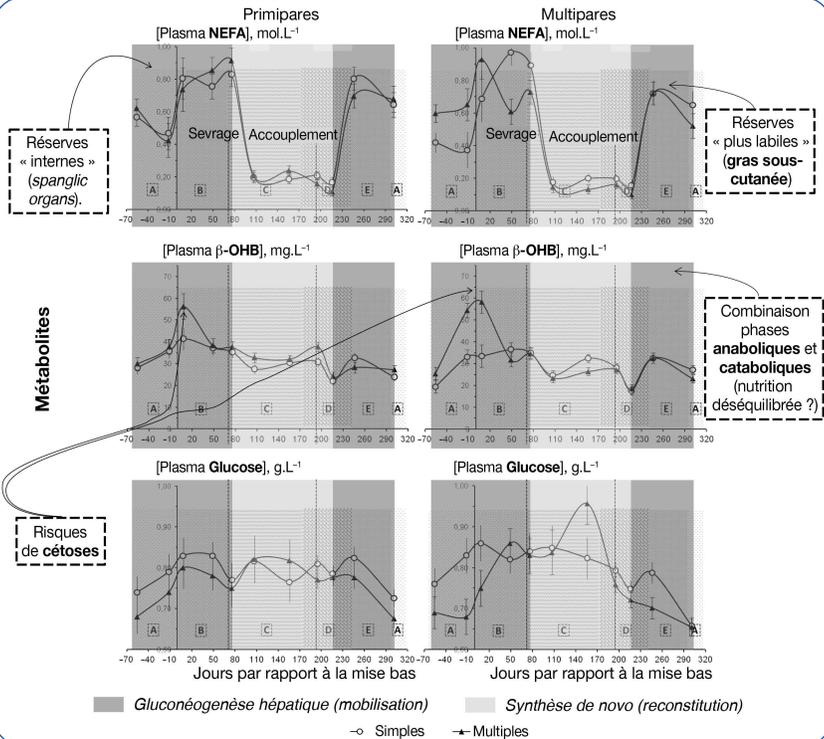
En combinaison avec le suivi du poids vif (PV) et la note d'état corporel (NEC), nous utilisons un set de métabolites et d'hormones plasmatiques pour caractériser les états métaboliques intervenant dans les mécanismes adaptatifs à des bilans énergétiques négatifs. Des études de la robustesse des brebis ont été conduites dans des conditions contrastées au domaine expérimental INRAE de La Fage (Causse du Larzac, 800 m d'altitude).

Par exemple, nous avons suivi sur plusieurs semaines un lot de brebis laitières en lactation de race Lacaune avec des bilans énergétiques différents en fonction du rythme de traite (classique ou monotraite) alors que l'ingestion volontaire (offre à volonté avec ingrédients et rationnement identique) restait inchangée (González-García *et al.*, 2015 ; Hassoun *et al.*, 2016). Nous avons également suivi des brebis allaitantes de la race Romane sur parcours pendant plusieurs mois (González-García *et al.*, 2014). Pour chaque protocole, nous suivions la trajectoire de paramètres biologiques quantifiables au cours d'une année physiologique complète tels que le PV, la NEC et la concentration en métabolites et hormones plasmatiques liés aux processus de mobilisation-reconstitution des RC. La multiplicité des indicateurs choisis permet d'appréhender la diversité et la complexité des mécanismes et des composantes biologiques inhérente à l'adaptation au bilan énergétique négatif.

Notre démarche consiste à soumettre les différents génotypes à des situations, au-delà des normes habituellement associées à la progression classique des stades physiologiques successifs. Dans le cas des brebis laitières, l'expérience a consisté à modifier la fréquence des traites (monotraite vs bitraite) de manière à affecter la demande d'énergie (« effet *pull* ») liée à la production de lait. Pour les brebis Romane, la contrainte énergétique reposait sur la combinaison de la taille de la portée (plus de demande énergétique chez les brebis avec des portées multiples en comparaison avec celles ayant des portées simples) avec l'âge de la femelle (priorité ou pas à la croissance chez les primipares ou multipares). Ces contraintes ont été associées à une alimentation spécifique, représentative des variations saisonnières des fourrages sur parcours et des régimes d'alimentation successifs. Les concentrations de métabolites et hormones reflètent alors dans ces conditions les dynamiques en matière de flux d'énergie métabolique (figure 2.7).

Des effets clairs de la parité, de la taille de la portée, du passage par une séquence d'états physiologiques sur les profils métaboliques et en fonction de la fréquence de traite en race Lacaune et des changements dans la disponibilité de biomasse sur le parcours chez la brebis Romane ont été démontrés. La combinaison des facteurs expérimentaux pris en compte révèle des différences dues à l'âge de la brebis (liées à la parité) et dans la répartition de nutriments en fonction de la priorité biologique à un instant donné (*trade-offs* ou compromis). Ainsi, les changements observés pendant la période après sevrage sont tout à fait marginaux quand on les compare aux réajustements autour de la mise-bas et jusqu'au sevrage pour compenser le bilan énergétique négatif durant cette période.

**Figure 2.7. Dynamique des réserves corporelles des brebis (jeunes ou adultes, avec un ou plusieurs agneaux) de la race Romane, élevées en plein air intégral sur le parcours de La Fage au cours d'une année de production.**



Le graphique montre deux phases distinctes de mobilisation (autour de la mise-bas et pendant la gestation, à partir du premier mois) et de reconstitution des réserves corporelles (à partir du sevrage et jusqu'au début de la gestation). Le phénotypage du profil métabolique des acides gras non estérifiés (NEFA), corps cétoniques (β-OHB) et glucose plasmatiques permet de rendre compte du bilan énergétique des femelles.

Les lettres majuscules dans les carrés représentent le régime de l'alimentation de l'exploitation : A, alimentation conserve (ensilage et foin) pendant la fin de gestation jusqu'à la mise bas ; B, pâturage parcs fertilisés et parcours natif pendant la phase d'allaitement au printemps ; C, pâturage parcs natif pendant le tarissement en été ; D, pâturage parcs natif sur le parcours pendant le tarissement en automne ; E, pâturage prairies cultivées (en repousse) pendant le début et milieu de gestation.

Au-delà de la compréhension des mécanismes et des processus dynamiques implicites mobilisés lors de bilan énergétique négatif, l'ensemble des paramètres évalués nous permet de détecter des périodes sensibles et critiques au cours d'un cycle productif annuel pour les deux races en question dans leurs conditions d'élevage. Nous avons ainsi identifié des états physiologiques critiques généralement sous-estimés pendant

le début et le milieu de la gestation, périodes durant lesquelles la gestion nutritionnelle pourrait être améliorée. Nous avons montré l'applicabilité d'études à long terme autour de l'efficience dans les processus de mobilisation et de reconstitution des RC chez les ruminants. Il s'agit là d'une composante ayant un impact direct sur la résilience globale des élevages dans des conditions où la fluctuation en quantité et qualité d'aliments est une des contraintes principales. Une caractérisation similaire de la dynamique des RC a été effectuée avec des brebis Mérinos d'Arles soumises à différents bilans énergétiques (González-García *et al.*, 2020a).

Pour comprendre la relation entre le taux de croissance de la femelle et l'âge à la première lutte (précoce, 7 mois vs tardive, 19 mois), une étude avec des données historiques de 1359 femelles du troupeau Romane de La Fage nées entre 2002 et 2012 a mis en évidence les effets d'une telle décision (mise à la reproduction précoce ou tardive) sur la vie productive ultérieure de la femelle et sur le comportement de sa descendance (González-García et Hazard, 2016).

## **■ L'adaptation du comportement reproducteur des ovins en réponse aux contraintes alimentaires**

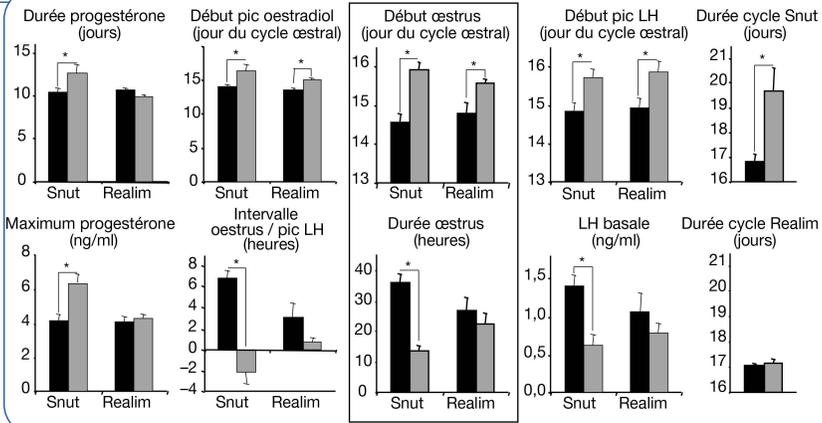
En utilisant les ovins en contexte méditerranéen comme animal modèle, nous nous sommes intéressés à l'adaptation comportementale, aussi bien de la femelle que du mâle, pour assurer la réussite de la reproduction, en situation de contrainte alimentaire.

Nous avons évalué l'effet statique et dynamique de la nutrition sur le comportement sexuel et sur les hormones du cycle œstral de brebis Mérinos d'Arles. Nous avons montré (Debus *et al.*, 2005 ; Blanc *et al.*, 2004) qu'une restriction alimentaire de 50 jours (40 % vs 100 % des besoins d'entretien en énergie) : 1) retarde le moment d'apparition de l'œstrus de 1,5 jour et réduit de presque 3 fois la durée de l'œstrus, 2) augmente les taux plasmatiques de progestérone et retarde leur retour à un niveau basal, 3) retarde l'apparition du pic d'œstradiol, 4) diminue les niveaux de base de l'hormone lutéinisante (LH pour *luteinizing hormone*) et retarde l'apparition de son pic préovulatoire, 5) réduit fortement l'intervalle entre le début de l'œstrus et le début du pic préovulatoire de LH, 6) allonge la durée du cycle œstral de 3 jours (figure 2.8). En revanche, toutes les brebis ont ovulé et présenté des variations cycliques des taux de progestérone. Les sécrétions de l'hormone folliculostimulante (FSH pour *follicle stimulating hormone*) et le taux d'ovulation n'ont pas non plus été affectés par la restriction alimentaire. Suite à cette période de restriction, une réalimentation de 17 jours est suffisante pour restaurer des paramètres similaires à ceux des animaux témoins.

Concernant les mâles, nous avons observé les comportements de 6 béliers vis-à-vis de 36 brebis Mérinos d'Arles (12 brebis par lot) ayant reçu des régimes alimentaires contrastés pendant 3 mois couvrant entre 68 et 180 % des besoins d'entretien. Nous avons mesuré l'attractivité des brebis pour chaque mâle. Après 3 mois, nous avons observé que l'attractivité des brebis était positivement reliée aux variations de leur poids vif (figure 2.9).

Les béliers perçoivent bien l'état nutritionnel des brebis et préfèrent les brebis en bon état corporel aux brebis maigres. Ils sont de plus capables de discriminer les brebis au sein d'un troupeau en fonction de leur poids (Alhamada *et al.*, 2017b).

**Figure 2.8. Valeurs moyennes  $\pm$  erreur standard de la moyenne (n = 9) de 9 paramètres endocriniens ou comportementaux de la reproduction chez des brebis restreintes (barres grises) ou bien alimentées (barres noires).**

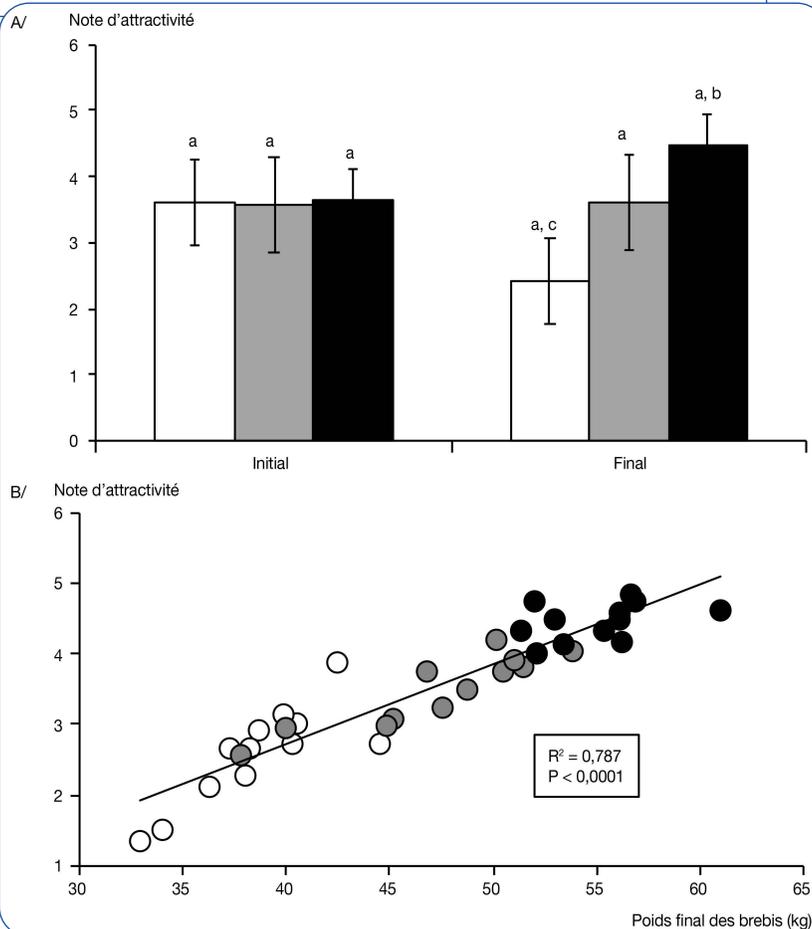


Snut : phase de restriction alimentaire 100 % ou 40 % des besoins d'entretien en énergie.  
Realim : phase de réalimentation.

Les différences statistiquement significatives (Test U de Mann-Whitney) entre les lots sont indiquées par un astérisque ( $p < 0,05$ ).

Nous montrons, pour la première fois, l'origine comportementale de la subfertilité observée chez les brebis sous-nourries : les béliers ne cherchent pas en priorité les brebis maigres qui sont réceptives pendant un temps plus court que les brebis en bon état. Les brebis sous-alimentées qui ont des réserves corporelles insuffisantes ont donc moins de chance d'être saillies. Cela leur permet de reconstituer leurs réserves corporelles et de privilégier leur survie plutôt que de mener à bien une gestation difficile. Cette subfertilité peut être rapidement levée par une réalimentation des animaux. Notre travail montre que les brebis s'adaptent d'un point de vue individuel lors d'aléa nutritionnel afin de préserver leur intégrité et qu'au niveau du troupeau les interactions mâle  $\times$  femelle permettent de favoriser les femelles les plus à même de produire. Sur le plan pratique, ces résultats indiquent qu'il est nécessaire d'adopter une conduite de la mise à la reproduction différente (ratio mâles/femelles, conduite en lots, *flushing*...) selon l'état nutritionnel des animaux.

**Figure 2.9. (A) : scores moyens d'attractivité des brebis (barres blanches : lot avec 68 % des besoins d'entretien ; barres grises : lot avec 113 % des besoins ; barres noires : lot avec 180 % des besoins) avant et après 3 mois de mise en régime différencié. (B) : prédiction du score d'attractivité des brebis Mérinos d'Arles en fonction de leur poids vif. Note d'attractivité mesurée avec le dispositif Ovimate (figure 4.4).**



Les barres avec des lettres différentes diffèrent d'un point de vue statistique ( $p < 0,05$ ).

## Diversité génétique et adaptation des races locales à leur milieu d'élevage

LAURENCE FLORI, ANNE LAUVIE, ELIEL GONZÁLEZ-GARCÍA, JESSICA MAGNIER, LOLA PERUCHO

L'utilisation de la diversité génétique animale constitue un des principaux leviers à considérer pour améliorer l'adaptation des systèmes d'élevage aux grands changements actuels. Chez les ruminants domestiques, on observe une grande diversité intraspécifique, comme en témoignent par exemple le nombre élevé de races bovines recensées (plus de 800) et classées en zébus (*Bos taurus indicus*), taurins (*Bos taurus taurus*) et métisses zébus × taurins ou encore les plus de 1500 races ovines inventoriées dans le monde<sup>4</sup>. Les principaux facteurs ayant contribué à générer cette diversité sont la domestication, les migrations parfois lointaines des ruminants depuis leurs foyers de domestication et les différentes pressions de sélection naturelle (telles que l'exposition à de nouvelles conditions climatiques et à de nouveaux agents pathogènes et l'abondance ou la pénurie des ressources alimentaires et hydriques) et artificielle (sélection des animaux par les éleveurs sur des critères morphologiques, de coloration de robe, de docilité ou sur leurs performances, en particulier) récentes. Les races locales rustiques et patrimoniales, principalement considérées dans les élevages de ruminants au pâturage, résultent ainsi d'un processus évolutif qui a déterminé leur aptitude à vivre dans un environnement précis.

Afin de conserver et d'utiliser au mieux cette diversité génétique au sein de systèmes d'élevage durables, il apparaît essentiel de bien la caractériser (à l'échelle de la population ou au sein du troupeau par exemple en lien avec des caractères d'intérêt comme l'efficacité alimentaire ou la dynamique de mobilisation-reconstitution des réserves corporelles), d'appréhender l'histoire démographique de ces races et d'identifier les mécanismes génétiques qui sous-tendent leurs capacités adaptatives. Il est également nécessaire de mieux caractériser les perceptions qu'ont les éleveurs de l'adaptation de leurs races, de leurs troupeaux et de leurs animaux et de mieux comprendre comment ils prennent en compte cette adaptation et la gèrent grâce à leurs pratiques.

### ■ Caractérisation génétique des races locales adaptées aux conditions tropicales et méditerranéennes

Ces vingt dernières années, la révolution génomique et le développement des nouveaux outils de génotypage à haut débit<sup>5</sup> et de séquençage qui l'ont accompagnée ont grandement facilité la caractérisation génétique fine des races de ruminants. Ces outils ont par exemple permis d'obtenir des données de génotypage pour de nombreuses races bovines et ovines pouvant servir de références, stockées dans la base de données Widde<sup>6</sup> (Sempéré *et al.*, 2015).

4. [www.fao.org/dad-is/fr/](http://www.fao.org/dad-is/fr/).

5. Qui permettent d'étudier simultanément plusieurs milliers à plusieurs centaines de milliers de marqueurs bialléliques répartis sur l'ensemble du génome.

6. <http://widde.toulouse.inra.fr/widde/>.

L'exploration de la structuration de la diversité génétique des races locales (par le biais d'approches multidimensionnelles ou de classifications hiérarchiques supervisées et non supervisées) appliquée à des données de génotypage individuel constitue une étape essentielle dans la description de ces races et un prérequis à l'étude plus poussée de leurs histoires démographique et adaptative. Chez les bovins, par exemple, cette approche exploratoire a permis de mieux caractériser la structure de la diversité génétique de certaines races locales en les comparant à un panel de races représentatives de la diversité génétique de l'espèce et de suggérer des hypothèses historiques sur leur origine, comme en attestent les exemples du Zébu mahorais (de Mayotte) et des races bovines méditerranéennes (Ouvrard *et al.*, 2019 ; Flori *et al.*, 2019).

L'étude génétique du Zébu mahorais<sup>7</sup> a en effet confirmé son originalité et initié la mise en place de mesures de conservation. Cette population locale (environ 70 % des 20 000 têtes recensées à Mayotte), dont la présence sur l'île pourrait remonter à plusieurs siècles d'après les données archéozoologiques (Boivin, 2013) est utilisée dans des systèmes de production traditionnels locaux (élevages familiaux de quelques têtes) et présente une forte valeur cérémonielle et culturelle. Certains éleveurs ont cependant commencé depuis une vingtaine d'années à effectuer des croisements avec des races taurines européennes améliorées (races Montbéliarde, Jersiaise, Gasconne et Brune), menaçant à terme le Zébu mahorais. Une démarche de reconnaissance de cette race locale a donc été entreprise par la constitution d'un dossier intégrant une caractérisation phénotypique et génétique conjointe et a ainsi conduit à sa reconnaissance officielle en 2018 (Ouvrard *et al.*, 2019). L'étude phénotypique de cette race, qui est un préalable au choix des animaux à caractériser génétiquement, a permis d'observer une grande hétérogénéité des patrons de robe et de certains paramètres morphologiques chez les 400 animaux étudiés et d'établir une description type utile pour définir le standard de la race (figure 2.10).

La caractérisation génétique de 150 de ces animaux, non apparentés, basée sur le génotypage de 50 000 marqueurs bialléliques répartis sur leur génome, a en revanche révélé une grande homogénéité génétique et une proximité avec les zébus de Madagascar (Ouvrard *et al.*, 2019), ces deux races présentant une plus forte ascendance indicine<sup>8</sup> que les races bovines du continent africain et une faible ascendance taurine africaine. Chez 16 % des individus, une faible ascendance taurine européenne (< 5 %), résultant probablement des croisements récents avec des races taurines européennes, est également observée. Il s'agit maintenant d'étendre l'inventaire de la population, d'en organiser la gestion en mettant en place un schéma de conservation et de valorisation. Ces premières études génétiques seront également poursuivies par l'estimation de certains paramètres démographiques et l'étude des capacités de production

7. Conduite grâce à une collaboration entre la coopérative des éleveurs Coopadem et le Cirad, aidés par des généticiens d'INRAE dans le cadre du projet Rita (réseau d'innovation et de transfert agricole) Defi-Animal, coordonné par Emmanuel Tillard (Selmet, La Réunion).

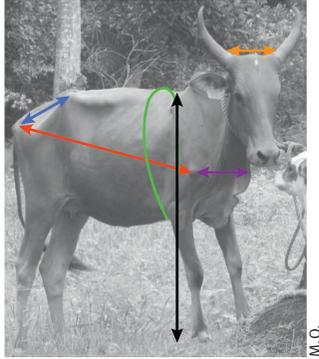
8. De *Bos indicus*.

**Figure 2.10. Exemple de paramètres mesurés chez 400 Zébus mahorais de 178 élevages différents sélectionnés sur l'ensemble du territoire de Mayotte.**



Figure 2.10. Suite.

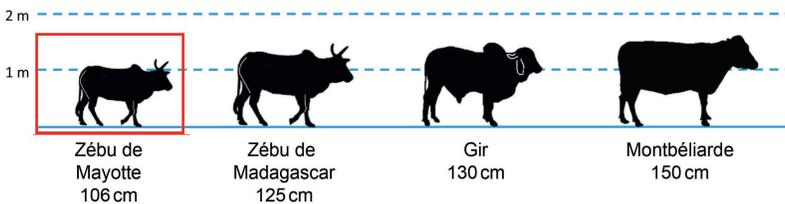
Paramètres quantitatifs



M.O.

Paramètres mesurés	Moyenne en cm (écart-type)
Hauteur au garrot	106 (7)
Taille oblique du corps	118 (9)
Tour de poitrine	139 (10)
Largeur de poitrine	34 (5)
Longueur de la hanche	39 (3)
Longueur entre les cornes	15 (2)

Comparaison de taille avec d'autres races



Sources : M.O., Mélissa Ouvrard ; J.M., Jessica Magnier.

et d'adaptation de cette race, qui restent encore mal connues. La population de Zébus mahorais a en effet développé des capacités d'adaptation propres à l'environnement contraint de l'île (climat chaud et humide, pression sanitaire, faible disponibilité des ressources hydriques et alimentaires).

Cette approche exploratoire a également été appliquée à plus large échelle pour étudier la structuration de la diversité génétique de 21 races bovines méditerranéennes locales (640 individus génotypés pour plus de 50 000 marqueurs bialléliques) originaires d'Algérie (Cheurfa, Chélifienne, Guelmoise), de Chypre (Cyprus), d'Égypte (Baladi), de Grèce (Brachykeratiki), d'Italie (Maremmana, Romagnola, Sarda, Sardo-modicana, Cinesara, Modicana), du Maroc (Oulmes Zaër, Tidili, Brune de l'Atlas), d'Espagne (Mallorquina, Menorquina, Marismena, Negra andaluza) et de France (Raço di Biou et Corse) (Flori *et al.*, 2019<sup>9</sup>). Le bassin méditerranéen ayant été traversé par plusieurs routes de migrations empruntées par les populations d'éleveurs, l'histoire démographique de ces races apparaît relativement complexe. L'étude génétique montre que les races étudiées ont pour leur majorité des ascendances taurines européennes et africaines dont les proportions dépendent de la latitude. Cependant une certaine proportion d'ascendance indicine est également détectée chez les races égyptienne, grecque et chypriote et dans une moindre mesure chez les races italiennes Maremmana, Modicana et Sarda-modicana et chez la race Corse, témoignant d'un métissage avec des populations d'ascendance indicine en Europe du Sud dont le niveau décroît d'est en ouest. Ce patron d'ascendance est concordant avec l'histoire migratoire connue des éleveurs du néolithique depuis le centre de domestication des taurins dans le croissant fertile vers l'ouest via la Méditerranée et ses îles principales en suivant la route dite « méditerranéenne », il y a 6 000 à 6 500 ans. Il est également en accord avec la migration des taurins de l'Afrique du Nord vers l'Espagne après leur introduction en Afrique par l'Égypte, il y a 6 500 ans. L'entrecroisement en Égypte, à peu près à la même époque, de plusieurs routes de migrations empruntées par les communautés sédentaires à travers l'Europe et l'Afrique a pu parallèlement favoriser le métissage de différentes populations bovines. Des populations d'ascendance indicine ou métissées avec des zébus ont probablement été importées en Europe du Sud (entre 200 ans avant J.-C. et 1720) par la route de la soie qui connectait l'Asie à la mer Méditerranée, en s'arrêtant en Italie, en accord avec le gradient décroissant d'ascendance indicine observé de la Sicile à l'Italie continentale et à la Corse. La faible ascendance indicine détectée également chez certaines races algériennes (Cheurfa et Guelmoise) résulte probablement d'un métissage résiduel entre taurins et zébus africains alors que l'ascendance taurine européenne détectée dans les autres races nord-africaines fait état d'un métissage plus récent, durant le siècle dernier, avec des taurins européens. L'ensemble de ces scénarios plus ou moins complexes suggérés par ces approches exploratoires de la structuration génétique de ces populations devront cependant être confirmés par une modélisation plus fine des processus démographiques.

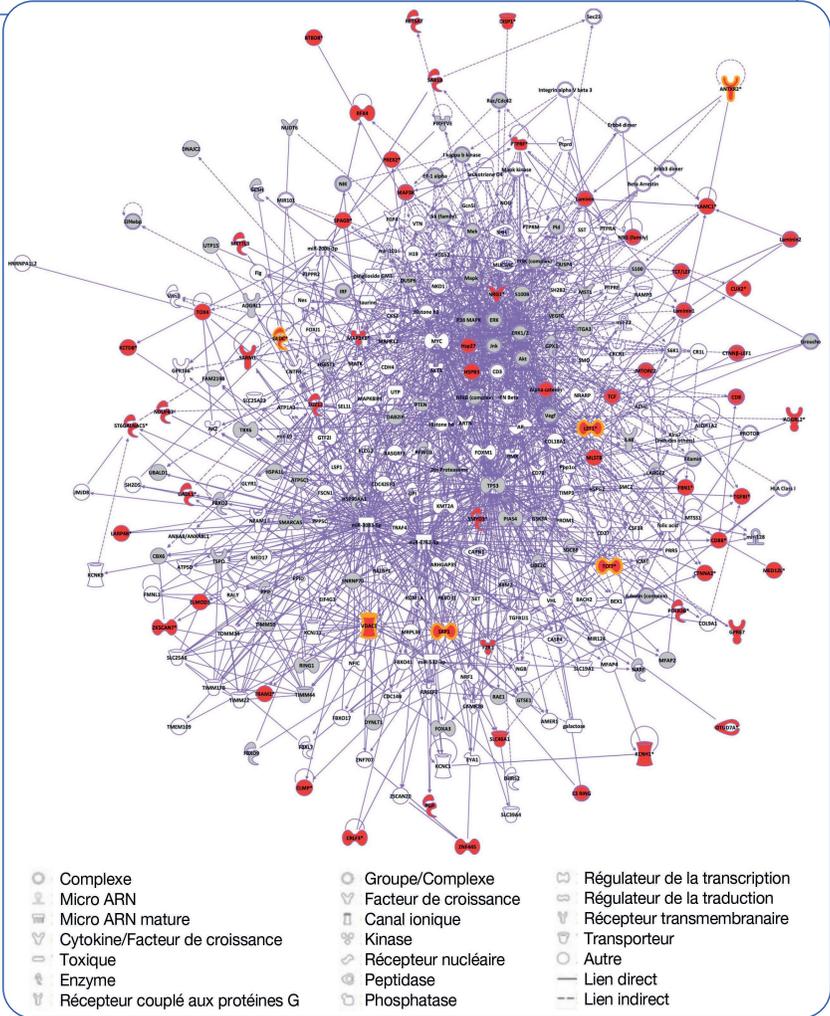
9. Projet Galimed (Inra, Métaprogramme Accaf), coordonné par Denis Laloë (Gabi, Jouy-en-Josas).

## I Étude génétique de l'histoire adaptative des races locales méditerranéennes

L'identification des gènes impliqués dans l'adaptation des races locales à leur environnement spécifique, couplée à la dissection des mécanismes moléculaires sous-jacents, permet de mieux comprendre les mécanismes adaptatifs. Elle peut également être considérée comme un moyen supplémentaire pour caractériser les races locales et montrer leur originalité d'un point de vue génétique. Elle passe par la localisation de traces (ou signatures) de sélections naturelle et artificielle dans le génome en analysant l'information génétique dense de plusieurs dizaines d'individus. L'annotation fonctionnelle des gènes candidats identifiés dans les régions sous sélection à l'aide d'outils de la biologie des systèmes (Flori *et al.*, 2012 ; 2014 ; 2019) permet d'émettre des hypothèses sur les principales fonctions, voies biologiques et réseaux de gènes dans lesquels les gènes sous sélection sont impliqués et sur les pressions de sélection qui ont pu s'exercer. L'utilisation complémentaire de méthodes d'association avec des phénotypes ou des variables environnementales définis à l'échelle des populations (Gautier, 2015) peut permettre d'établir un lien entre les signatures génomiques de sélection et ces variables et ainsi de confirmer certaines de ces hypothèses.

Les 21 races méditerranéennes précédemment étudiées ont été soumises pendant des siècles aux différentes variantes du climat méditerranéen. La réalisation conjointe d'un criblage des signatures de sélection dans leur génome et des régions chromosomiques associées avec des variables populationnelles discriminant les différents sous-types du climat méditerranéen a permis d'établir un lien direct entre certaines signatures de sélection et des variables climatiques et de proposer une carte génétique de l'association avec le climat (Flori *et al.*, 2019). Neuf régions sous sélection et 17 gènes candidats situés sur cinq chromosomes différents ont ainsi été identifiés, parmi lesquels plusieurs gènes candidats (LEF1, ANTXR2, VDAC1, TCF7 et SKP1) sont également associés à des variables climatiques. Les 55 gènes associés avec au moins une variable climatique (figure 2.11) sont impliqués dans plusieurs fonctions biologiques jouant un rôle dans l'adaptation au climat méditerranéen telles que la thermotolérance, la protection contre les ultraviolets (UV), la résistance aux agents pathogènes ou le métabolisme. Les principales pressions de sélection affectant les bovins de la zone méditerranéenne sont vraisemblablement les variations de l'exposition à la chaleur et aux UV, la disponibilité des ressources alimentaires et hydriques et l'exposition à des agents pathogènes. Parmi les gènes candidats forts associés au climat (par exemple NDUFB3, FBN1, METTL3, LEF1, ANTXR2 et TCF7), le gène ANTXR2, déjà trouvé sous sélection chez les races bovines ouest-africaines et associé à des variables climatiques chez l'homme et chez les moutons, code en effet pour le récepteur de la toxine de *Bacillus anthracis*, l'agent du charbon bactérien. Ces résultats suggèrent que le charbon bactérien, la plus ancienne zoonose connue avec une distribution mondiale, a dû exercer une forte pression de sélection sur les races bovines du bassin méditerranéen et de l'Afrique de l'Ouest et illustre un lien clair entre cette maladie et le climat. Les spores de *Bacillus anthracis* peuvent en effet persister dans le sol pendant des années et les facteurs climatiques tels que la température et les précipitations sont déterminants dans l'apparition des épizooties qu'elles provoquent.

**Figure 2.11. Réseau de gènes comprenant les gènes sous sélection et ceux associés aux variables climatiques chez 21 races méditerranéennes (Flori *et al.*, 2019).**



Le réseau a été obtenu en utilisant le logiciel *Ingenuity Pathway Analysis*. Les gènes sous sélection sont surlignés en jaune, ceux associés avec au moins une variable climatique sont colorés en rouge. Les gènes grisés ne sont associés à aucune variable climatique. La forme des molécules est représentative de leurs différentes familles.

Considérés globalement, ces résultats contribuent à montrer que les races locales sont des ressources génétiques précieuses à préserver et à intégrer dans des schémas de gestion et d'amélioration génétique appropriés. Cette préservation apparaît cruciale dans le contexte actuel d'incidence croissante de croisements avec des races supposées plus productives (dans des conditions environnementales différentes) qui menace ces races locales. Elle l'est également dans le contexte du changement climatique qui impose de nouvelles contraintes environnementales. La prédiction génomique de la vulnérabilité des races face à ces contraintes constitue un nouveau champ de recherche, dont les résultats pourront permettre de promouvoir certaines races moins vulnérables dans un environnement donné et d'en déconseiller d'autres.

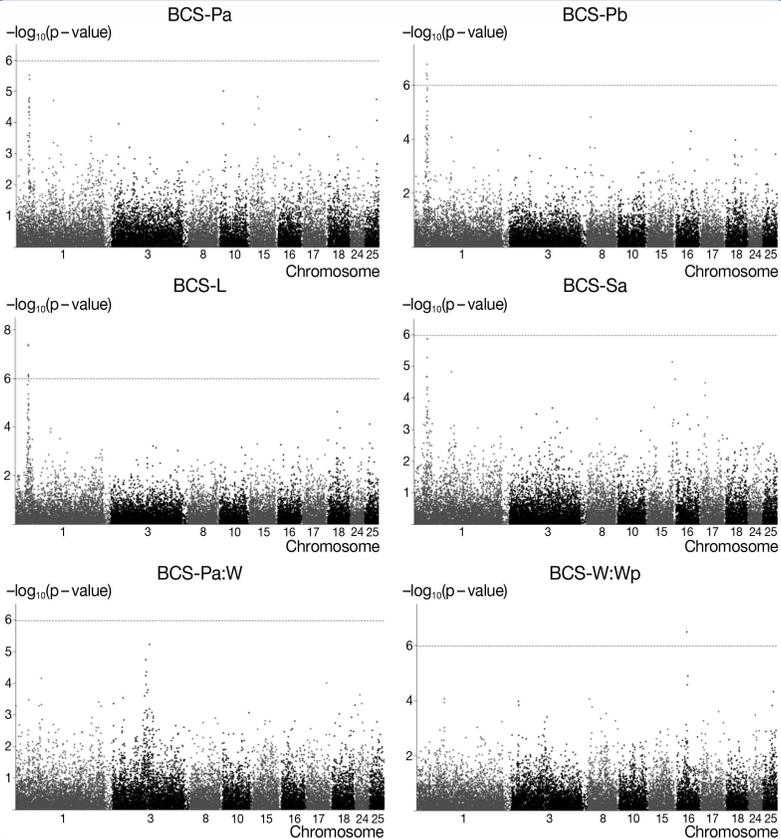
### **I Étude de la variabilité génétique intratroupeau dans l'adaptation aux conditions contraignantes d'alimentation**

En complément des travaux antérieurement cités chez les bovins, dans les conditions du Massif central en France, à la frontière avec la Méditerranée, nous avons démontré une composante génétique importante expliquant la variabilité intratroupeau dans les processus de mobilisation-reconstitution des RC chez la race ovine de viande Romane (Macé *et al.*, 2018a ; 2018b ; 2019). Nous avons caractérisé et identifié le spectre des profils de PV et de NEC présents chez les femelles du troupeau et démontré une variabilité intratroupeau de ces paramètres et leurs dynamiques pendant les phases de mobilisation et de reconstitution à l'échelle du cycle de production, et pendant toute la carrière de la brebis. Des valeurs d'héritabilité  $h^2$  supérieures à 0,2 ont été obtenues, confirmant l'influence de facteurs génétiques dans la variation de ces paramètres chez la race Romane. De fortes corrélations phénotypiques et génétiques entre les phases de mobilisation et de reconstitution ont également été estimées (Macé *et al.*, 2018 ; 2019). De plus, nous avons identifié les *quantitative trait locus* (QTL) responsables de la variabilité détectée dans la dynamique des RC (figure 2.12). Quelques gènes candidats ont été identifiés, dont trois intéressants : le gène LEPR, qui code pour le récepteur à la leptine, une hormone plasmatique très importante dans la régulation des taux d'adiposité et l'ingestion chez les mammifères, le gène du récepteur métabotropique glutamate 1 (GRM1) et enfin le gène TRPS1 (*Tricho-rhino-phalangeal syndrom type I*) associé au gain de poids pendant la période postsevrage, et régulateur de l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien agissant sur le stockage et les dépenses énergétiques. Ces résultats ouvrent des pistes intéressantes pour la mise en valeur de ce caractère d'adaptation (RC) dans la conception de schémas d'amélioration génétique adaptés aux nouveaux défis (changement climatique et transition agroécologique des systèmes d'élevage), où la contribution de la composante animale dans la résilience globale des systèmes devrait être importante.

### **I Gestion de l'adaptation des races locales à l'échelle des élevages au travers des pratiques des éleveurs**

Les caractéristiques d'adaptation des races locales à leur milieu en font des ressources théoriquement intéressantes à mobiliser par les éleveurs des zones concernées. Nous verrons cependant que ce n'est pas si simple et que la notion d'adaptation peut renvoyer à la fois à une diversité de définitions et de perceptions, mais aussi à de multiples pratiques mises en œuvre pour la gérer ou la valoriser.

**Figure 2.12. Identification des QTL responsables du niveau d'état corporel (BCS pour *body condition score*) chez la brebis Romane pendant plusieurs stades physiologiques (Macé et al., 2022).**



Le  $-\log_{10}(p\text{-value})$  pour tous les SNP (*single nucleotide polymorphism*) a été tracé pour les chromosomes 1, 3, 8, 10, 15, 16, 17, 18, 24 et 25. La ligne pointillée indique le seuil de signification à l'échelle du génome ( $BONF_{gen} = 5,94$ ). Les seuils de signification à l'échelle du chromosome étaient OAR1 : 5,02, OAR3 : 4,96, OAR8 : 4,57, OAR10 : 4,52, OAR15 : 4,49, OAR16 : 4,45, OAR17 : 4,42, OAR18 : 4,43, OAR24 : 4,14, OAR25 : 4,26.

Gènes candidats en lien avec des caractères de gras et des voies métaboliques lipidiques.

**BCS-Pa** : note d'état corporel en début de gestation.

**BCS-Pb** : note d'état corporel en fin de gestation.

**BCS-L** : note d'état corporel pendant la lactation.

**BCS-Sa** : note d'état corporel en début de phase d'allaitement, après mise bas.

**BCS-Pa:W** : note d'état corporel pour la période commençant au début de la gestation et finissant juste après le sevrage.

**BCS-W:Wp** : note d'état corporel pour la période commençant juste après le sevrage et allant jusqu'à 1 mois après le sevrage. Cinq principales régions identifiées sur les chromosomes OAR1, 3, 8, 9, 11.

Gènes candidats en lien avec des caractères de gras et des voies métaboliques lipidiques.

**Pa** : début de gestation.

**Pb** : fin de gestation.

**L** : pendant la lactation.

**Sa** : début de phase d'allaitement, après mise-bas.

**W** : juste après sevrage.

**Wp** : allant jusqu'à 1 mois après le sevrage.

### **La perception par les éleveurs de l'adaptation des races locales renvoie à une diversité de caractéristiques animales**

Dans le cadre de l'étude génétique des races bovines locales méditerranéennes évoquée précédemment, vingt enquêtes ont été effectuées auprès d'éleveurs de la race bovine Corse afin de mieux caractériser leur perception de l'adaptation de la race<sup>10</sup>. Ces entretiens semi-directifs, auprès d'éleveurs de montagne et de plaine, sélectionneurs ou non, croisant ou pas avec d'autres races, appartenant ou non à l'association de gestion de la race, concernaient les thèmes suivants : histoire de l'exploitation, caractéristiques du système d'élevage, points de vue et pratiques liées à l'adaptation, lien à l'action collective autour de la race. Non seulement ces enquêtes rendent compte de la diversité des caractéristiques d'adaptation citées par les éleveurs (tableau 2.4), mais l'analyse thématique des entretiens a permis de préciser la diversité des façons de voir chacune des caractéristiques d'adaptation. En analysant les parties des entretiens associées à l'« autonomie de l'animal pour s'alimenter » par exemple, on observe que ce thème est associé selon les éleveurs à diverses caractéristiques animales : faibles besoins des animaux de la race, comportement alimentaire, état corporel qui est vu selon les éleveurs comme une caractéristique de la race positive ou négative, ressources alimentaires diverses valorisées par la race. Cette analyse donne aussi des éléments sur les conséquences perçues de cette autonomie, qui concernent le faible coût associé, la facilité de gestion, le fait que l'activité soit peu demandeuse en temps ou encore le fait que cette autonomie pouvait être en inadéquation avec les attentes sociales. Enfin, cette analyse permet d'explicitier les points de vue des éleveurs sur les causes de cette autonomie : certains éleveurs considèrent que c'est la morphologie de la race qui permet cette adaptation, certains la considèrent comme innée alors que d'autres considèrent qu'elle peut s'acquérir, et enfin certains éleveurs considèrent que les pratiques peuvent influencer favorablement ou défavorablement sur cette adaptation (Lauvie *et al.*, 2013).

**Tableau 2.4. Fréquences de citation des caractéristiques d'adaptation mentionnées par les éleveurs de vache Corse enquêtés.**

	Pourcentage des éleveurs enquêtés qui citent au moins une fois le critère dans l'ensemble de l'entretien
Autonomie de l'animal pour s'alimenter	100 %
Morphologie et aspects extérieurs	100 %
Reproduction	95 %
Adaptation au territoire	90 %
Comportement	85 %
Résistance	80 %
Qualité de viande	20 %
Entretien du territoire	50 %

10. Entretiens menés lors du stage de césure de C. Rolland, INRAE, UR LRDE (2012-2013).

### **La prise en compte de l'adaptation dans les pratiques des éleveurs et la gestion collective**

Les perceptions de l'adaptation des races locales par les éleveurs sont importantes à prendre en compte car elles interagissent avec les pratiques et choix de gestion de ceux-ci. Le travail de thèse de Lola Perucho (2018) a permis, à partir des cas de l'élevage ovin laitier en Corse et en Thessalie, d'expliciter les pratiques de gestion génétique mises en œuvre par les éleveurs, en lien avec leur système d'élevage. Ce travail met en évidence différentes modalités selon lesquelles les caractéristiques d'adaptation des races locales ou des individus animaux sont en jeu dans ces processus.

Les caractéristiques d'adaptation peuvent entrer en jeu dans le choix des types génétiques élevés. Ainsi, l'étude des trajectoires de plusieurs éleveurs de Thessalie pour analyser les changements de races et les changements de systèmes d'alimentation (composantes pastorales de ces systèmes en particulier), révèle que, chez les éleveurs qui identifient une inadéquation entre composition génétique du troupeau et système d'alimentation, trois types de réponses sont possibles : croisement avec une race locale, arrêt de l'utilisation d'une race hautement productive ou essai d'une autre race, ou modification du système d'alimentation. Lorsque la première réponse est choisie, c'est bien en lien avec les caractéristiques d'adaptation attribuées à la race locale (Perucho, 2018).

La notion de rusticité, souvent mise en avant lorsque l'on parle de races locales, peut renvoyer à une diversité de traits selon les éleveurs, et également à diverses modalités de gestion. Pour certains éleveurs de brebis Corse par exemple, celle-ci peut renvoyer à différentes acceptions : sensibilité aux maladies ou aux conditions climatiques, valorisation des parcours en lien avec la production, aptitudes à la marche, longévité des femelles (Perucho, 2018). Quelques éleveurs sélectionnent individuellement leurs reproducteurs sur la rusticité à travers des indicateurs indirects, essentiellement morphologiques (robe, standard). D'autres considèrent que cette rusticité est « acquise » via la race ou les conditions d'élevage. Par exemple, la transhumance permet une sélection *de facto* par élimination des brebis les moins aptes à suivre le troupeau (pertes d'animaux) (Perucho, 2018).

Pour un même trait d'adaptation, les leviers mis en œuvre par les éleveurs pour obtenir un troupeau en adéquation avec leurs attentes sont multiples : par exemple, sur 23 éleveurs corses mentionnant la sensibilité aux maladies comme un trait d'intérêt, un seul éleveur en fait un critère de choix du renouvellement interne, quand la majorité en font seulement un critère de réforme (Perucho, 2018). Au-delà des pratiques de renouvellement interne et de réforme, d'autres leviers peuvent également entrer en jeu comme les critères de choix des éleveurs fournisseurs de reproducteurs mâles (Perucho, 2018).

Les travaux de Perucho (2018) soulèvent également les questions d'interactions entre choix individuels des éleveurs et outils de gestion collective de la race. Parmi les huit éleveurs sélectionneurs de brebis Corse enquêtés dans ce travail, tous prennent en compte les critères de production laitière et d'index (valeur génétique estimée) pour choisir les mères à agnelles. Cependant, six d'entre eux prennent aussi en compte d'autres critères (de deux à quatre critères supplémentaires selon les éleveurs, parmi lesquels l'ascendance,

la couleur de toison, le standard de race, le comportement à la traite, la persistance laitière, les caractéristiques des mamelles). Ils combinent ainsi l'usage d'un outil collectif et de critères individuels pour constituer un troupeau adapté à leurs attentes et à leurs systèmes (Perucho, 2018).

Enfin, les travaux qui s'intéressent aux pratiques des éleveurs de races locales révèlent aussi que dans les processus qui rendent les races adaptées à certaines situations ou contraintes, d'autres dimensions que les seules dimensions biologiques peuvent être considérées, comme des dimensions plus sociales ou organisationnelles liées aux races. Ainsi Perucho *et al.* (à paraître) illustrent par exemple comment l'organisation collective des éleveurs autour d'une race peut contribuer à faire face à un aléa sanitaire auquel les animaux de la race sont confrontés.



Les questions d'adaptation des races locales mettent donc en jeu des caractéristiques biologiques et génétiques, valorisées et gérées par les éleveurs dans leurs pratiques individuelles et collectives. La caractérisation des mécanismes biologiques et génétiques à l'œuvre apporte des informations précieuses pour améliorer la gestion de ces races. Réciproquement, mieux connaître les pratiques des acteurs de la gestion, et en premier lieu des éleveurs, ainsi que les points de vue qui les sous-tendent, participe à la compréhension de l'évolution des ressources génétiques. L'intégration d'approches relevant de disciplines complémentaires est nécessaire à une meilleure compréhension des interactions entre populations humaines, populations animales et milieux d'élevage, dont l'adaptation des populations animales est une des conséquences.

## **Les mécanismes d'adaptation analysés à l'échelle des familles et des collectifs locaux**

**JACQUES LASSEUR, VÉRONIQUE ALARY, LINA AMSIDDER, MARTINE NAPOLÉONE, ABDRAHMANE WANE**

Cette partie s'intéresse à l'analyse des processus d'adaptation des ménages pastoraux et agropastoraux en zones arides et méditerranéennes, considérant conjointement les dimensions sociales et biotechniques impliquées. Nous analysons particulièrement la contribution de trois leviers : (i) la diversité des situations considérée au niveau des ménages sous l'angle de « portefeuille capacitaire » et au niveau local sous l'angle d'une diversité de systèmes de production, (ii) l'importance des institutions et organisations collectives considérées au travers des réseaux sociaux et des actions collectives, (iii) les formes d'apprentissage en considérant les références aux normes et valeurs qui guident l'action. Les recherches menées en Égypte, au Tchad, au Maroc et en France et présentées ici illustrent la manière dont les éleveurs les mobilisent et les combinent parfois, permettant ainsi le passage d'une situation qui fragilise les ménages à une situation qui renforce les solidarités et conforte leur durabilité.

## ■ Le portefeuille capacitaire des ménages comme capital permettant la mise en œuvre des adaptations

Dans le cadre de projets successifs en Égypte entre 2011 et 2021, une approche systématique des conditions d'existence des ménages ruraux a été développée s'appuyant sur le cadre conceptuel des conditions de vie développé par Scoones et opérationnalisé par Ellis (*Sustainable livelihood Framework*). Sur le plan conceptuel, on peut distinguer les capacités humaines (la composition du ménage et son degré d'implication dans des activités hors exploitation et ce en lien avec le niveau d'éducation), physiques (les surfaces cultivées, leur statut et la composition numéraire du troupeau par espèce) et fonctionnelles (incluant la diversification des pratiques d'approvisionnement et usage des intrants comme la valorisation des produits et coproduits à l'interaction entre les activités agricoles et d'élevage, que ce soit à l'échelle du ménage, de la communauté étudiée ou du marché). Cette dernière capacité est très connectée aux réseaux sociaux existants, comme à la capacité d'organisation intraménage et intracommunauté, mais aussi en lien avec les réseaux familiaux étendus ou formels. Ces capacités ont été mises en rapport avec les conditions de vie (du moment étudié). Ces dernières ont été appréhendées au travers d'indicateurs de profitabilité (marge brute), de sécurité alimentaire (degré d'autonomie alimentaire approchée par la couverture familiale des besoins en calories et protéines) et de trésorerie pour satisfaire les besoins de base (notamment la santé, l'éducation et l'alimentation du ménage). Plusieurs approches ont été mobilisées à savoir les approches de discours sur la base des récits de vie (permettant de comprendre l'accumulation ou pas de capital physique), des approches multifactorielles (mettant en exergue des liens entre les différentes capacités) et des approches multicritères pour approcher les processus causaux entre les différentes formes de capacités et les conditions de vie. L'ensemble des travaux montre que la diversification des activités et des pratiques, agricoles et non agricoles, constitue un moyen (capacité d'action) de soutien des conditions de vie des ménages face aux aléas présents, que ce soit une sécheresse ou une dépense de santé ou cérémonielle importante. Et l'intensité de cette diversification est fortement dépendante de la diversité des réseaux sociaux, particulièrement au niveau local. En revanche, cette diversification des activités et des pratiques n'est pas systématiquement garante d'une amélioration des conditions de vie. D'ailleurs, elle est le plus souvent développée à l'extrême dans des ménages ayant peu de capital physique et dont la viabilité intergénérationnelle à travers l'assise foncière est fortement compromise (Alary *et al.*, 2014 ; 2016). Concernant la capacité d'adaptation à moyen terme, les travaux montrent comment la diversification des systèmes d'élevage en matière d'espèces animales, de conduites de l'alimentation et de valorisation des produits et coproduits permet de faire face à différents aléas. À titre d'exemple, dans les nouvelles terres aménagées à l'Ouest Delta, l'élevage multiespèce a permis d'une part de financer les coûts d'installation (que ce soit un étage de maison ou la mise en culture des sols) avec la vente annuelle des veaux, et d'autre part les coûts opérationnels du ménage et de la ferme grâce à la vente des produits ovins (Alary *et al.*, 2018). Concernant la capacité à long terme (relative à la transmission intergénérationnelle), l'étude dans la région de la

vallée du Nil montre comment l'élevage notamment grâce à la diversification vers des espèces plus prolifiques (ovin et caprin) peut devenir le principal garant de la viabilité des systèmes de production, en lien avec la fragmentation des terres (Alary *et al.*, 2015). En résumé, l'activité d'élevage est garante de la viabilité des ménages ruraux et de la durabilité des systèmes, comme souligné dans d'autres situations (Duteurtre et Faye, 2003 ; Pica-Ciamarra *et al.*, 2015). Cette capacité de l'activité d'élevage à contribuer à l'adaptation des ménages ruraux au changement de leur environnement social, économique ou climatique est à rechercher dans la combinaison variable et adaptable des différents services, produits et coproduits qu'elle génère, en plus de sa valeur immatérielle en matière de reconnaissance.

### **I Rôle de la famille dans les mécanismes d'adaptation des sociétés pastorales sahéliennes face aux chocs**

Les agropasteurs en zone sahélienne vivent et opèrent dans un environnement sujet à de multiples chocs et aléas. La variabilité du climat a un impact direct sur la dynamique des ressources naturelles, amenant ainsi les pasteurs à gérer une distribution spatio-temporelle inégale de ces ressources. Cette variabilité climatique est également un facteur d'aggravation d'autres perturbations de natures économique, sociale, culturelle et politique. Par ailleurs, les pasteurs sont confrontés à un manque de biens et services économiques de base qui affecte significativement leurs conditions de vie et d'activité. La distribution inégale des ressources productives s'accompagne d'une information limitée sur les marchés de biens et services de sorte que les pasteurs sont incités à adopter une position prudente et contingente à leur environnement socio-économique (Wane *et al.*, 2020b). C'est ainsi que les pasteurs doivent arbitrer en permanence entre leurs besoins de consommation à court terme et leur stratégie de constitution d'un troupeau à long terme pour satisfaire leur consommation future (Fadiga, 2013).

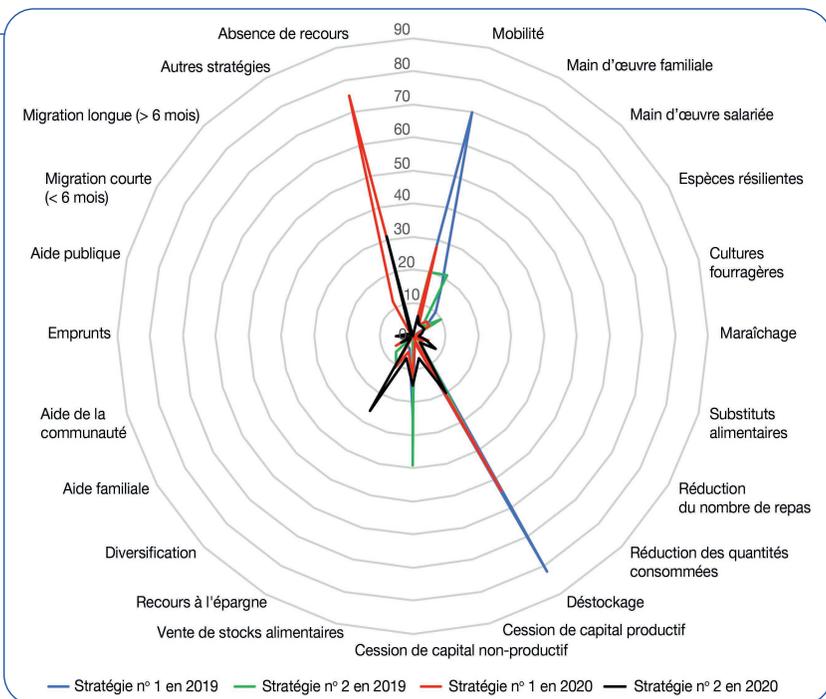
Les chocs multiformes auxquels sont confrontés les pasteurs peuvent être de nature « idiosyncratique » lorsqu'ils touchent exclusivement un ménage ou « covariante » lorsqu'ils affectent un groupe de ménages, une communauté, un village, une région, une zone agro-écologique ou un pays (Wane *et al.*, 2020a). Face aux chocs idiosyncrasiques, les ménages pastoraux réagissent en partant de leurs perceptions et essayent de les surmonter en mobilisant à court ou moyen terme leurs compétences et ressources propres disponibles telles que leurs réseaux sociaux familiaux et leur cheptel (***coping capacity***). Face aux chocs covariants, ils mettent en œuvre leurs facultés à s'ajuster, à atténuer les effets préjudiciables des chocs ou à exploiter leurs effets bénéfiques notamment à travers différents régimes de mobilité (***adaptive capacity***). Les réponses différenciées des pasteurs aux chocs multiformes peuvent laisser transparaître l'importance de leurs perceptions des variations de leur environnement. Une illustration peut être apportée par le cas des ménages (agro)pastoraux des régions du Wadi Fira, du Batha et de l'Ennedi au Tchad. Dans un premier temps, 504 ménages ont été interrogés en 2015 à travers des questionnaires détaillés sur leurs conditions d'activité et de vie. Après construction d'une typologie de ces ménages, un échantillon d'une centaine de ménages a été sélectionné pour répondre successivement

en 2019 et en 2020 aux mêmes questionnaires augmentés de données de chocs. L'objectif était d'identifier à dire d'acteurs différents scénarios de chocs subis au cours d'une période prédéterminée, de prioriser les trois chocs ayant eu le plus d'effet sur leurs revenus, patrimoine, production et achats alimentaires, stocks de produits alimentaires et cheptel et de classer différentes stratégies d'adaptation en fonction de leur importance.

Les pasteurs de ces trois importantes régions d'élevage du Tchad indiquent que la sécheresse est ressentie de la même façon en 2019 et 2020 (environ 15 % des déclarations reportées par les ménages). *A contrario*, la perception des effets des feux de brousse et des inondations est atténuée et aucune déclaration de pluies hors saison n'a été enregistrée. L'occurrence de maladies animales s'est accrue alors que les problèmes d'accès aux soins vétérinaires semblent relativement moins ressentis. Même si elles sont proportionnellement faibles, les dépenses de santé animale se sont accrues, passant de 4 à 8 % des fréquences de déclarations. Les chocs de prix se sont accentués entre 2019 et 2020 avec un fort ressenti de hausse des prix des denrées et des aliments de bétail alors que les prix des animaux fléchissaient.

Dans ce contexte de chocs multiformes, les ménages (agro)pastoraux ont développé toute une panoplie de stratégies déployées par séquence et mises en œuvre de façon priorisée (figure 2.13).

**Figure 2.13. Évolution des stratégies déployées par les ménages (agro)pastoraux avant et pendant la pandémie de Covid-19 (Wane et al., 2020a).**



En 2019, les ménages ont prioritairement cherché (stratégie n° 1) à déstocker du bétail (35 % des fréquences de réponses), à adopter la mobilité (30 %) ou à céder du capital non directement productif (10 %) tels que les bijoux. Comme stratégie secondaire (stratégie n° 2), ils ont privilégié la cession de capital non productif (22 %) puis le déstockage (21 %) et enfin, le recours à la main-d'œuvre familiale (12 %).

En 2020, il y a eu une évolution en forme de sidération de la part des agropasteurs qui, avec les effets de la pandémie de Covid-19 (restriction drastique des mouvements et interdiction des rassemblements), ont perdu en moyenne 34 % de leurs revenus globaux. En effet, les ménages ont déclaré n'avoir aucune stratégie (32 %) et dans une moindre mesure, chercher à déstocker (23 %) voire adopter la mobilité (12 %). Comme stratégies secondaires (stratégie n° 2), ils continuent à affirmer soit leur incapacité à développer une quelconque stratégie (19 %), soit l'utilisation de l'épargne familiale (16 %) et le déstockage (13 %). Ils ne cherchent pas à privilégier le recours aux aides, démontrant ainsi leur choix assumé de mobiliser des stratégies endogènes et de compter, d'abord, sur leur propre système d'actions plutôt que de s'appuyer sur des tiers sous forme de subventions, d'aides et de crédits.

Finalement, les pasteurs sahéliens arrivent à faire face à des chocs de natures diverses en mobilisant leurs ressources propres. Leurs capacités découlent d'un long processus d'apprentissage par la pratique (Wane *et al.*, 2020a). Néanmoins elles semblent être très limitées face aux chocs nouveaux comme celui de la pandémie de Covid-19. En effet, les stratégies gouvernementales pour contrôler la pandémie (restrictions des mouvements, interdiction des rassemblements) ont fortement altéré les moyens d'action individuelle et collective des éleveurs sahéliens.

## **■ Les recompositions des réseaux sociaux des éleveurs pastoraux pour accéder aux ressources pastorales**

Les recherches menées sur les sociétés qui vivent de l'élevage camelin en zones arides et semi-arides au Maroc entre 2017 et 2021 ont mis en évidence l'importance des organisations collectives coutumières dans les pratiques de mobilité des éleveurs. L'analyse qualitative des entretiens semi-directifs menés entre juillet 2018 et février 2020 auprès d'un échantillon de 43 éleveurs camelins dans la région de Guelmim Oued Noun, au sud du Maroc, à propos de leurs pratiques de mobilité a souligné l'importance de la tribu. Dans un environnement aride et hostile tel que le Sahara, elle constitue un groupe d'appartenance, fondé sur la parenté et l'existence d'un ancêtre commun, au sein duquel les éleveurs bénéficient d'une « solidarité protectrice et nourricière » (Caratini, 2003). Qu'il s'agisse des personnes auprès de qui les éleveurs échangent des informations à propos de l'emplacement des pâturages ou de celles avec qui ils se déplacent ou campent, les éleveurs se tournent en grande majorité vers les membres de leur tribu, sur qui ils peuvent compter au nom de la fraternité et de l'importance des liens du sang. Les entretiens réalisés ont mis en évidence le système de dons/contredons sur lequel se fonde la solidarité tribale, qui repose entre autres sur les alliances maritales intratribales ainsi que sur

des dons d'animaux ou d'argent, lors de cérémonies telles que les fêtes tribales ou les mariages ou en cas de difficultés (divorce, conflits). Si la tribu constitue un réseau sur lequel les éleveurs peuvent se replier en cas de difficultés, elle est source d'une importante pression sociale dans la mesure où l'ensemble de ses membres se doit d'honorer le système fondé sur la réciprocité de l'échange, sous peine de « devenir un paria, à la merci de toute calamité » (Gaudio, 1993).

La bibliographie historique allant de la période précoloniale aux années d'indépendance (1958) ainsi que les entretiens ouverts menés en décembre 2019 auprès de cinq chioukhs<sup>11</sup> et quatre femmes ayant entre 50 et 60 ans accompagnées de leurs enfants d'une vingtaine d'années ont mis en évidence les nombreux changements sociopolitiques qu'ont connus les zones sahariennes et présahariennes marocaines. Le cadre d'analyse de la géographie politique nous a conduits à lire ces changements en termes de recompositions des rapports de pouvoir entre acteurs coutumiers tribaux et acteurs étatiques pour le contrôle de l'espace pastoral. Les éleveurs se sont adaptés à ces recompositions en diversifiant leurs réseaux pour accéder aux ressources pastorales. Durant la période précoloniale, l'espace pastoral était constitué d'une « mosaïque » de territoires tribaux (Caratini, 2003), qui évoluait au gré des guerres tribales durant lesquelles chaque tribu faisait en sorte d'étendre le territoire sous son contrôle. Le réseau tribal était ainsi le seul dans lequel s'inscrivaient les individus et dont ils dépendaient pour accéder aux terres de la tribu et avoir la garantie d'être en sécurité et protégé. La colonisation espagnole et française à partir de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle a engendré la mise sous tutelle des tribus, la fixation de frontières étatiques et l'arrêt des guerres tribales au nom de la « paix coloniale ». Le réseau tribal était encore le réseau fondamental mais, du fait du climat de sécurité instauré sur les parcours à la suite de la « pacification », les éleveurs avaient une plus grande liberté de mouvement. Les relations avec les voisins d'autres tribus prenaient une place de plus en plus importante dans la mesure où les éleveurs s'appuyaient dessus pour accéder à de nouveaux parcours. Depuis l'indépendance du Maroc en 1958, la question du contrôle territorial est au cœur des préoccupations étatiques. Cela se traduit par un quadrillage de l'espace pastoral à travers une superposition de territoires étatiques (caïdats, communes rurales), au sein desquels l'État accorde un pouvoir de contrôle sur l'espace et les populations à plusieurs acteurs (caïds, présidents de Communes, chioukh). Ce contrôle étatique ne se traduit pas par une diminution du pouvoir de l'acteur coutumier tribal. La tribu continue en effet à agir de façon implicite en intégrant les institutions étatiques. Les fils ou petits-fils des chefs coutumiers de la période coloniale ou descendants de grandes familles se sont ainsi vu attribuer des fonctions officielles (chioukh, présidents de Communes) et s'appuient dessus pour défendre le territoire coutumier. Face à un maillage territorial de plus en plus complexe, où territoires coutumiers et étatiques s'enchevêtrent, les éleveurs doivent ainsi entretenir des réseaux auprès d'une diversité d'acteurs, de manière à faire accepter leur présence dans différents territoires au sein desquels s'insèrent les ressources pastorales.

11. Chefs coutumiers qui sont également des agents d'État.

## **I Des adaptations individuelles à la durabilité des actions collectives dans le cas d'un produit de terroir**

Dans cet exemple, nous examinons la tension dans le processus d'adaptation aux transformations des systèmes alimentaires entre le développement de dynamiques de territorialisation et la gestion dans le temps d'un produit de terroir, vu comme un bien commun. Nous nous appuyons sur des travaux conduits dans le sud-est de la France portant sur les transformations des activités laitières et fromagères, notamment au sein des collectifs gérant des produits de terroir (Napoléone, 2016). Ces travaux concernent les trajectoires des activités laitières fromagères dans les territoires, ainsi que les articulations entre des dynamiques individuelles et collectives. Pour cela, des entretiens compréhensifs ont été conduits auprès d'éleveurs, d'acteurs des collectifs de produits de terroir ou d'acteurs territoriaux entre 1990 et 2020.

Les syndicats d'appellation d'origine protégée (AOP) constituent un lieu de construction de normes et de valeurs autour d'un projet commun, pour une diversité d'acteurs concernés par un produit de terroir : producteurs fermiers ou laitiers, affineurs, entreprises de transformations artisanales, PME (petites et moyennes entreprises) ou groupes nationaux. Chaque acteur a ses objectifs, des stratégies propres par exemple en matière de commercialisation, mais tous partagent la même préoccupation de différenciation et de protection d'un produit.

Ainsi, depuis les années 1990, pour se protéger des copies hors zone, les producteurs et transformateurs des quatre filières fromagères caprines du sud-est de la France (Picodon, Pélardon, Banon, Brousse du Rove) ont demandé la reconnaissance officielle de leur produit par un signe de qualité lié à l'origine. L'AOP a donc constitué, pour les divers acteurs concernés, un moyen de s'identifier, de tirer parti de leur spécificité et de se protéger de copies hors zone, à une époque où les circuits longs constituaient l'essentiel des formes de distribution. Le cheminement vers la certification a permis aux acteurs de ces filières de se reconnaître autour de valeurs communes portant sur les pratiques de transformation fermières et artisanales, et les pratiques d'élevage, puis de gérer ces valeurs dans le temps, au fil des révisions de cahier des charges, afin de s'adapter à un certain nombre de changements, par exemple l'évolution des valeurs sociétales, en mettant en avant le lien aux ressources locales.

Actuellement, le développement de dynamiques de territorialisation, l'engouement pour le local et la proximité favorisent l'émergence de formes de vente mettant en relation directe des producteurs et des consommateurs. Ces dynamiques multiplient et diversifient, pour les producteurs fermiers notamment, les possibilités de vente de produits. Ceci encourage des dynamiques individuelles, les producteurs redéfinissant les attentes envers les façons de produire et les produits, directement avec leurs partenaires et avec les consommateurs. Les lieux de réflexions et d'échanges autour du produit local s'atomisent et se diversifient. Dans certaines AOP, le renouvellement des opérateurs est une difficulté. Si ce type de dynamique se poursuit, il peut y avoir un risque de perte d'un lieu où se discute collectivement la qualité.

On voit bien ici comment l'adaptation individuelle à une situation qui évolue (la multiplication des débouchés en circuits courts) peut mettre à mal un enjeu collectif autour de la gestion d'un bien commun. Toutefois, ce produit est un bien attaché à un territoire, qui tire parti des valeurs du territoire. Inversement, le territoire construit son image et son attractivité à partir de ses ressources. Par ailleurs, le produit constitue un messenger du territoire à travers les divers circuits de ventes, du local au global.

Dans une perspective de durabilité, il y a un enjeu, travaillé par les AOP, à renforcer les synergies entre les dynamiques territoriales et celles attachées aux produits de terroir et aux stratégies individuelles. L'adaptation à l'échelle des collectifs porte alors sur (i) la connectivité entre les réseaux, ceux liés à la gestion du produit et ceux liés aux dynamiques territoriales, (ii) l'ouverture à des points de vue divers, (iii) le multiéchelle.

### **■ La diversité des modalités d'échanges entre éleveurs et autres acteurs pour réinscrire les activités pastorales dans le territoire**

L'élevage pastoral en arrière-pays provençal, essentiellement ovin, s'est modifié au cours des dernières décennies sous l'effet de l'évolution des conditions de l'exercice de l'activité dans un processus d'adaptation ou de transformation. Sur la base d'une étude conduite à l'échelle d'un pays des Alpes-de-Haute-Provence (Lasseur et Dupré, 2017), nous analysons *ex post* la contribution de ces adaptations à l'expression d'une diversité actuelle de modalités d'exercice de l'activité. En retour, nous illustrons le rôle de cette diversité renouvelée et des modalités d'échanges entre parties prenantes dans la redéfinition en cours du système d'élevage local. Pour se faire, nous prenons appui sur les propositions théoriques et méthodologiques de J.-P. Darré visant à appréhender la production de connaissances pour l'action ainsi que leurs transformations en les considérant régies par des normes et valeurs qui s'élaborent dans des collectifs (Compagnone *et al.*, 2015).

Nous identifions 3 types d'élevage contrastés : les petits paysans de montagne (PPM), les doubles transhumants pastoraux (DTP), les éleveurs diversifiés (DIV) qui se distinguent (i) par les structures d'exploitation, (ii) par des pratiques spécifiques et emblématiques, (iii) par un sens donné au métier et (iv) par des relations particulières hors du secteur agricole. Ces caractéristiques leur donnent un poids particulier dans les innovations qui ont marqué la période récente ainsi que dans celles qui sont en germe actuellement (tableau 2.5).

La proximité entre une exploitation et l'un ou l'autre de ces idéotypes est à relier à des conditions spécifiques de localisation ou d'allocation en ressources. Ainsi, les éleveurs diversifiés sont plutôt à la tête d'exploitations de petite taille. Ces affiliations relèvent aussi de choix de vie et de visions du métier qui conduisent à mettre en exergue telle ou telle pratique structurante des orientations de production. Ainsi les PPM mettent en avant la culture de fourrage (et la mécanisation) ainsi que la pratique du pâturage en parc. Ceci en opposition aux DTP pour qui un pilier de leur système est de favoriser au maximum

le pâturage, de pratiquer la garde de troupeau de grande taille, signe de passion pour le métier en référence à la figure emblématique du « berger ». Ceci a conduit ces derniers à développer la mobilité hivernale afin de permettre le pâturage tout au long de l'année. En retour, cela leur a permis de s'affranchir d'une limite d'effectifs élevés conditionnée par la quantité de fourrage récoltable sur les terres cultivées permettant l'hivernage du troupeau en bergerie, qui fonde le raisonnement des PPM pour le dimensionnement de la troupe. Les options d'adaptation à l'échelle des exploitations ne reposent ainsi pas uniquement sur les structures héritées, mais aussi sur les capacités à se saisir, créer des opportunités d'alternatives qui doivent toutefois rester compatibles aux normes et valeurs locales (sous peine de marginalisation).

**Tableau 2.5. Principales caractéristiques des trois idéotypes d'élevage identifiés.**

	Structure d'exploitation	Pratiques emblématiques	Vision du monde	Filiation et condition d'émergence	Relations aux autres parties prenantes (hors agriculture)	Implication dans des adaptations et transformations en cours
Petit paysan de montagne (PPM)	300 à 500 brebis 50 à 100 ha cultivables	Dessaisonnement de la production Vente d'agneaux sous label	Se soutenir entre acteurs du secteur pour maintenir la société rurale	Lié à la politique de modernisation de l'élevage (1960)	Faibles : centré sur le secteur agricole	Recherches d'amélioration de la productivité du travail et des marges de l'exploitation
Double transhumant pastoral (DTP)	500 à 2 500 brebis Pas ou peu de terres cultivées	Mobilité de grande amplitude Privilège le pâturage des animaux et le gardiennage du troupeau	Affirmer une passion des relations au troupeau Se donner des marges de liberté individuelle	Pratique historiquement présente Conforté par la mise en œuvre de politique agroenvironnementale (1990)	Moyennes : relations hors zone aux détenteurs du foncier et aux opérateurs de l'environnement	Renforcer la contribution du pâturage à la maîtrise des dynamiques écologiques des milieux « semi-naturels »
Diversifié (DIV)	Jusqu'à 300 brebis dans des exploitations diversifiées	Vente en circuits courts Accueil Mises en valeur de ressources locales	S'impliquer dans des interactions locales et valoriser l'activité auprès des non-agriculteurs	Historiquement option par défaut d'alternatives Conforté actuellement par les initiatives de développement local	Élevées : vers les consommateurs Implication dans les associations locales Fonctions électives	Développement des circuits courts Associer le développement de l'élevage au développement touristique et au multiusage de l'espace pastoral

Tous les éleveurs rencontrés s'affilient assez clairement à l'un ou l'autre des idéotypes et marquent des distances aux choix opérés par des éleveurs qui sont plus proches d'un autre type. Néanmoins, tous s'accordent aussi à reconnaître qu'il est possible et légitime de pratiquer autrement qu'eux-mêmes ne le font. Ceci permet à certains de

transcender les catégories et d'investir les pratiques archétypiques d'autres formes d'élevage : ainsi, par exemple, un PPM affiche sa passion du gardiennage qu'il met en œuvre comme berger d'alpage en sous-traitant des activités de culture. Un autre PPM mobilise des aménagements sylvopastoraux et développe ainsi des interactions fortes à des acteurs territoriaux hors secteur. Cette fluidité est à mettre à l'actif d'espaces permettant l'échange de point de vue, en particulier au sein des groupements pastoraux, instances d'organisations collectives de l'estive. Ainsi, tous ces éleveurs se retrouvent dans les espaces de pâturage estivaux, voire y mêlangent leurs troupeaux au sein des entités collectives que constituent les groupements pastoraux. Tout autant que la structuration d'un secteur fort et de filières organisées, les adaptations/trans-formations confortant le futur des activités d'élevage dans ces espaces reposent sur les capacités à nouer des alliances avec d'autres acteurs et sur la relégitimation de l'activité d'élevage, de la fluidité dans la circulation des idées et points de vue, allant au-delà des seuls acteurs agricoles, permettant de faire évoluer les normes et valeurs qui encadrent l'activité. Le rôle des DIV et DPT est de ce point de vue fondamental, car ils assurent la porosité du système d'élevage local aux enjeux portés par des acteurs du territoire, hors secteur agricole.

\*  
\*\*

Ces cinq études de cas illustrent le lien entre les trois dimensions – (i) diversité, (ii) rôle des organisations et institutions et (iii) formes d'apprentissage pour conforter les capacités d'adaptation. Ces dernières s'opèrent tant à l'échelle des familles d'éleveurs qu'à celle de l'ensemble de l'activité. La diversité est impliquée en ce qu'elle permet aux familles de s'appuyer sur un portefeuille de ressources pour faire face à l'incertitude. Cette dimension est aussi fortement impliquée dans ses capacités à promouvoir l'innovation dans les collectifs. Cette capacité collective de réponse à des modifications des conditions d'exercice de l'activité est alors très liée aux institutions et réseaux qui permettent l'expression de solidarités et constituent des lieux d'apprentissage.

Ces études de cas mettent en évidence les mécanismes d'adaptation de l'activité d'élevage et des familles d'éleveurs aux évolutions des conditions d'exercice de l'activité. La diversité en est une des composantes, que ce soit le portefeuille capacitaire des ménages soutenant les conditions de vie des ménages ou la coexistence d'une diversité de systèmes d'activité contribuant à adapter la gamme des normes et valeurs qui encadrent l'activité. Les organisations collectives et les institutions qui régissent les relations entre individuel et collectif, que ce soient les réseaux d'interactions sociales, les organisations traditionnelles ou les collectifs de projet, jouent aussi un rôle central dans l'émergence de ces adaptations et l'accompagnement des apprentissages. L'adaptation des sociétés d'éleveurs repose sur leur capacité à composer entre diversité et apprentissages en s'appuyant sur des organisations collectives formelles et informelles permettant de se réinventer au gré des changements environnementaux, sociaux, économiques, politiques et des chocs multiformes que connaissent les zones arides et méditerranéennes.

## Trajectoires d'adaptation des élevages dans les territoires : quelle place pour le pâturage ? Quels déterminants ?

CLAIRE AUBRON, JOHANN HUGUENIN, MARIE-ODILE NOZIÈRES-PETIT, RENÉ POCCARD-CHAPUIS

Cette partie s'intéresse aux trajectoires d'adaptation des élevages dans des territoires contrastés situés sur trois continents, sur un pas de temps long de plusieurs décennies. Les recherches résumées ici s'attachent à : (i) reconstituer ces trajectoires d'adaptation, en accordant une importance particulière à l'évolution de la place du pâturage ; (ii) comprendre quels sont les déterminants de ces trajectoires, qu'ils soient locaux ou globaux ; (iii) évaluer dans quelle mesure ces trajectoires vont dans le sens d'un développement qui peut être qualifié de durable.

### I Causes et Cévennes : motomécanisation fourragère, éleveurs en voie de disparition

Depuis les années 1950, les exploitations agricoles des Causses et Cévennes ont connu comme ailleurs en France un processus de spécialisation et un agrandissement continu de leur taille. Les conditions de milieu, moins favorables qu'en plaine à l'accroissement de la productivité physique du travail dans les productions végétales, ont favorisé une spécialisation dans l'élevage : ovin laitier ou allaitant sur les Causses, caprin laitier ou ovin allaitant dans les Cévennes. L'agrandissement des fermes s'est appuyé ici aussi sur une augmentation continue de leur niveau d'équipement qui atteint aujourd'hui plusieurs centaines de milliers d'euros par actif. Là où il était possible de les utiliser, des équipements de fauche motomécanisés de plus en plus puissants parfois assortis de dispositifs de distribution motomécanisée de fourrages ont permis une très forte augmentation des volumes produits par actif (jusqu'à vingt fois plus de lait qu'en 1950 en élevage ovin laitier caussenard), avec une contribution devenue faible du pâturage à la ration (Aubron *et al.*, 2016 ; 2019).

Nos recherches s'appuyant sur le cadre d'analyse de l'agriculture comparée montrent que ces évolutions, problématiques tant en matière d'emploi que de maintien de l'ouverture du milieu, correspondent à des adaptations des exploitations agricoles aux évolutions socio-économiques globales. Les politiques européennes et françaises de soutien à l'investissement, la baisse tendancielle des prix agricoles en termes réels, l'attribution faisant suite à l'abandon des politiques de prix à partir des années 1980 de subventions par hectare ou par tête sans mécanisme strict de plafonnement incitent en effet à l'agrandissement, voire ne laissent que peu de choix alternatifs. Ainsi, les exploitations les plus petites ou sans terres aisément motomécanisables n'ont pas été en mesure de réaliser ces adaptations et ont massivement disparu, laissant le paysage s'enfricher. Celles plus grandes et mieux situées (sols plus profonds sur les Causses, vallées plus larges dans les Cévennes) se sont équipées pour la conduite des cultures fourragères motomécanisées et se sont orientées vers l'élevage laitier sous signe de qualité (AOP Roquefort et Pélardon).

Celles moins dotées en main-d'œuvre et disposant de moins de terres motomécanisables ont souvent opté pour l'élevage allaitant, qui est plus pâturant mais crée peu d'emplois.

Un autre type de trajectoire axé sur la transformation des produits et leur commercialisation en circuits courts complète ce tableau : empruntée initialement par les néoruraux qui s'installent en élevage caprin fermier dans les zones laissées à l'abandon dans les années 1970, cette voie est désormais également explorée par des éleveurs ovin (Causses) ou caprin (Cévennes) qui jusqu'ici livraient leur lait et peinaient à s'agrandir ou à maintenir leur accès aux circuits de collecte. Pour des raisons similaires, des éleveurs allaitant développent la vente directe de viande pour tout ou partie de leur production (Nozières-Petit, 2019). En dehors de quelques exploitations dites économes, cette évolution vers les circuits courts et la transformation ne s'accompagne pas systématiquement d'un recours accru au pâturage dans l'alimentation des animaux (Garambois *et al.*, 2020). Elle n'en reste pas moins intéressante car elle témoigne d'adaptations aux conditions locales susceptibles de faire contrepoids à des déterminants nationaux et européens.

### **I Amazonie brésilienne : recompositions des relations entre l'élevage et la forêt**

L'élevage bovin a longtemps été emblématique de ces « veines ouvertes de l'Amérique latine » où E. Galeano (1971) dénonce le pillage des ressources naturelles, au détriment notamment des petits producteurs ruraux. La courte histoire du bœuf en Amazonie a bien commencé de cette façon. Le gouvernement fédéral, lançant en 1960 la « colonisation par la patte du bœuf », consacra l'élevage comme un outil d'occupation du territoire, donc de déforestation et de conflits fonciers.

C'est bien une terre d'élevage qui est née sur les cendres de la forêt : cinquante ans plus tard vivent en Amazonie brésilienne quatre fois plus de bovins que d'humains. 86 millions de zébus y broutent des pâturages grands comme deux fois l'Allemagne, formant sur « l'Arc de déforestation » le plus grand bassin d'élevage au monde. L'élevage, conduit dans des systèmes très extensifs, s'est en effet révélé particulièrement adapté à la conquête de territoires en situation de front pionnier. Bien qu'exotiques, les graminées du genre *Brachiaria* et la race zébu Nelore se sont très bien adaptées à l'écologie amazonienne, et les migrants ont ainsi pu, avec très peu de main-d'œuvre, ouvrir des fermes d'élevage et les étendre avec le feu comme principal outil. S'approprier la terre étant l'objectif premier des migrants, l'élevage s'est vite démocratisé, sortant du cadre classique des grandes exploitations et diffusant jusque dans les exploitations familiales qui se sont pour certaines mises à produire du lait (Poccard-Chapuis, 2004). Mais les pratiques d'élevage simplifiées à l'extrême, privilégiant l'expansion plutôt que la gestion des pâturages, ont causé d'importants gaspillages de ressources naturelles, notamment de matières organiques accumulées dans les sols par les écosystèmes forestiers. À partir de 2005, les pouvoirs publics ont instauré un arsenal de mesures répressives pour empêcher de nouvelles déforestations. La logique foncière qui gouvernait jusque-là

les systèmes d'élevage a ainsi été stoppée, à l'exception de l'avant des fronts pionniers où la déforestation se poursuit dans l'illégalité.

Une nouvelle phase d'adaptations a alors débuté, partant d'un foncier désormais limité, de sols dégradés, de bagages techniques devenus inadaptés chez la plupart des éleveurs. Le pâturage est au cœur de la transition : il ne s'agit plus simplement d'étouffer les graines d'espèces ligneuses pour empêcher le retour de la forêt, mais d'assurer une offre fourragère optimisée, valorisant la pluviométrie et l'insolation du climat équatorial. C'est bien la production animale qui doit assurer des revenus, et non plus la fonction patrimoniale. Cela suppose de gérer la fertilité des sols : le pâturage tournant est la technique la plus accessible, l'intégration d'une culture annuelle de maïs ou sorgho en rotation avec la prairie n'étant pas possible dans toutes les régions, ni pour tous les agriculteurs du fait du coût élevé de la mécanisation et des intrants (Burlamaqui, 2015).

Mais derrière ce changement technique, c'est tout le paysage qui change, et tout le territoire qui doit se mobiliser pour conduire cette transition. Car les éleveurs, en investissant plus de ressources, de travail et de connaissances dans leurs pâturages, tendent à se concentrer sur leurs meilleures terres, laissant les moins aptes retourner à la forêt. Une nouvelle trame forestière se constitue, plus performante pour produire des services car occupant les zones de pentes et zones humides, formant des couloirs qui connectent les blocs forestiers (Pinillos, 2021a). Dans des conditions devenues plus sèches du fait de la réduction du couvert forestier, le feu d'origine accidentelle ou encore utilisé par certains dans une logique foncière ou à des fins de mise en culture menace les investissements consentis, et les acteurs territoriaux doivent s'organiser pour le maîtriser. Pour accélérer et contrôler ces processus à large échelle, des plans de restauration des paysages basés sur l'aptitude des sols sont élaborés par les mairies comme au long de la route Belém-Brasília, où a commencé le premier front pionnier d'Amazonie. Des systèmes de suivi des performances environnementales voient le jour, pour que les groupes de producteurs et les filières puissent attester de leurs progrès, et ainsi organiser des chaînes de valeur ou drainer des investissements responsables.

Après avoir assuré une fonction foncière, désastreuse sur le plan environnemental du fait de son impact sur la forêt et les sols, une intensification de l'élevage amazonien est donc en cours. Que cette intensification soit agroécologique (pâturage tournant, légumineuses, arbres fourragers) ou relève de la révolution verte (engrais, herbicides, mécanisation), elle est mise en œuvre par les jeunes éleveurs et marque un basculement de générations. La valorisation foncière qui en résulte peut, comme ce fut le cas ailleurs en Amérique Latine, profiter aux plus offrants, et voir les pâturages être remplacés par des plantations de soja, d'eucalyptus ou de palmier à huile, là où les sols et les infrastructures de transport favorisent ces cultures (Osis, 2019).

### **■ Maghreb : un élevage de moins en moins pastoral, une mobilité réinventée**

Le pastoralisme au Maghreb était adapté aux contraintes biophysiques. Il a connu des fluctuations depuis l'époque romaine. Cet élevage extensif se pratiquait par des familles

ayant des petits ruminants broutant une modeste végétation, mais suffisante pour fournir lait, viande, peaux, laine. L'écosystème pâturé se maintenait grâce à la mobilité des familles vivant sous la tente (la *khaiïma*, la *guitoune*).

Dès les années 1950/60, plusieurs facteurs ont impacté ce pastoralisme : la démographie (32 millions d'habitants en 1960 et 93 millions en 2020), le développement des cultures sur les anciennes terres de parcours, l'évolution des accès aux ressources (lois foncières, usages coutumiers des *Arch* (Bessaoud, 2013)) et des sécheresses pluriannuelles (OSS, 2008). Lors de sécheresses très marquées (1970/1980), les États ont commencé à fournir de l'orge en grain pour partie importé et subventionné pour nourrir les animaux. Une fois cette pratique maîtrisée, les cheptels ont augmenté. Le cheptel ovine est ainsi passé de 10 millions en 1960 à 57 millions en 2018 (FAOSTAT) pour 62 millions d'hectares de parcours (¼ entre les isohyètes 100 à 400 mm-an<sup>-1</sup>). La productivité pastorale, sous les effets conjoints des sécheresses et de l'intense exploitation, a chuté de 60 % (Mahyou *et al.*, 2018), comme l'avait prévu Le Houérou en 1995.

La culture d'orge se trouve au centre des stratégies des éleveurs. Ils en sèment chaque année. Si la pluviométrie est satisfaisante, le grain est utilisé pour les animaux. Elle permet aussi le pâturage précoce des céréales (déprimage). Après la moisson, les chaumes sont des pâtures appréciées (qui peuvent se louer cher) et à l'automne, les repousses sont pâturées. Les années à fort déficit pluviométrique, la culture d'orge est utilisée comme pâture (l'orge sinistrée). Dans ces systèmes d'élevage, la couverture alimentaire des animaux par les pâturages naturels est inférieure à 35 %, voire à 10 % en Tunisie centrale (Jemaa *et al.*, 2016). Les différentes pâtures offertes par l'orge et l'apport de foin représentent 25 % des besoins, les 40 % restant sont couverts par l'apport de concentré (Hadbaoui *et al.*, 2020). Même si sa contribution à l'alimentation est faible, la pratique de la transhumance se maintient chez les éleveurs pouvant avoir recours à des camions, des espaces d'accueil (le plus souvent payants) et des bergers (membres de la famille ou salariés). En conséquence, les éleveurs transhumants possèdent au moins deux cents brebis. Les éleveurs à plus faible effectif accèdent à des terres à pâturer aux alentours du terroir d'attache (chaumes, orge sinistrée, jachère) et doivent maintenir des apports en concentré constants. Ces terres pâturées sont soit louées, soit gratuites pour les éleveurs-bergers qui gardent des animaux appartenant à un ou des propriétaires travaillant hors de l'agriculture. Les circuits de transhumance dépendent des pluies et s'organisent grâce aux téléphones et aux camions. Les pasteurs prennent des orientations plus variées qu'auparavant et changent d'une année sur l'autre selon la pluviométrie des régions et le prix des locations des terres à pâturer (Gaci *et al.*, 2021). Les pâtures de transhumance en été (chaume, parcours naturel) sont pour les éleveurs des kilogrammes de grain économisés (l'apport en concentré passe en moyenne de 600 à 300 g par jour et par tête). Soutenu par une demande importante, en particulier lors des fêtes religieuses, et peu concurrencé par les importations qui sont fortement taxées (200 à 300 % selon les pays), le prix de la viande ovine est élevé. Sous réserve de disposer d'un certain nombre d'animaux et d'accéder à suffisamment de pâturages et d'orge pour faire face aux variations

des conditions climatiques, l'élevage assure ainsi un revenu. Les pasteurs sont devenus des agropasteurs, voire des agriculteurs-éleveurs. Cette adaptation vulnérabilise à terme l'élevage, car la culture sur des terres fragiles et la surcharge des parcours favorisent la désertification. Depuis 1980, 11 millions d'hectares de parcours ont ainsi été mis en culture, menaçant de désertification les terres voisines par l'ensablement, et 14 millions d'hectares de la zone steppique sont concernés par la désertification (Bencherif, 2018 ; Snaibi et Mezrhah, 2021 ; Abaab *et al.*, 2020).

## I Analyse transversale

Les cas exposés dans cette partie témoignent d'adaptations continues et importantes des élevages dans les territoires. Au cours des dernières décennies, les élevages des régions étudiées ont ainsi changé de *taille* (agrandissement en France), de *forme* (fermes familiales vs grands domaines d'élevage au Brésil, recrutement de bergers salariés au Maghreb), de *production* (passage de l'élevage allaitant à l'élevage laitier au Brésil, mouvement inverse en France), mais aussi de *pratiques*. En France et au Maghreb, la contribution du pâturage à l'alimentation des troupeaux a fortement régressé, remplacée par des fourrages désormais cultivés sur l'exploitation et par des concentrés achetés. Au Brésil, dans les fermes familiales qui ont développé l'élevage, le pâturage est géré de manière plus intensive : il est devenu tournant et entre parfois en rotation avec une culture annuelle de maïs ou de sorgho. Face à la prédation par les loups, les éleveurs et bergers de France ont tenté d'adapter leurs pratiques, en particulier sur les estives de montagne (encadré 2.1). Enfin, les territoires et les opérateurs des filières – ici, les minilaiteries – s'adaptent eux aussi, développant leur collecte locale auprès de noyaux d'éleveurs qu'ils contribuent à sédentariser et chez qui ils favorisent une intensification des pratiques (encadré 2.2).

Les déterminants de ces adaptations sont divers et opèrent à différentes échelles. Les *politiques publiques*, et leur impact sur le prix des produits et des intrants, ont joué un rôle majeur en France (crédit, politique de prix, subventions qui les ont remplacées) mais aussi au Maghreb via le prix des concentrés qui a dans certains cas été subventionné et celui de la viande ovine dont les importations sont taxées. Le caractère obligatoire d'un minimum de collecte locale pour pouvoir opérer dans le pays imposé en Afrique de l'Ouest est un autre exemple de l'influence des choix politiques nationaux ou supranationaux. Dans deux des régions étudiées, les *régulations foncières* ont également joué un rôle, que ce soit en contrôlant la déforestation à partir de 2005 au Brésil ou en permettant l'appropriation privée d'espaces de culture et en transformant ainsi l'espace pastoral en un espace agropastoral au Maghreb. À une échelle plus locale, les *transformations des écosystèmes* ont également été à l'origine de certaines adaptations, qu'il s'agisse de la fermeture des milieux (France), du développement rapide des adventices sur les prairies gagnées sur la forêt (Brésil), du changement climatique réduisant la productivité des pâturages (Maghreb) ou encore du retour d'un prédateur comme le loup en France. La *démographie* humaine, l'équilibre entre les générations au sein de la population locale et son investissement plus ou moins poussé dans des activités non-agricoles

**Encadré 2.1. Quand l'adaptation ne suffit plus : les éleveurs face aux loups en France.**

Michel Meuret, Marie-Odile Nozières-Petit, Charles-Henri Moulin

Pour des raisons de sécurité envers les humains et de dégâts aux élevages, les loups avaient été éradiqués en France à la fin du XIX<sup>e</sup> et au début du XX<sup>e</sup> siècle. Il n'y en avait donc plus lorsque le pays s'est engagé en 1992, dans le cadre de la directive Habitats de l'UE, à contribuer à la restauration de l'espèce placée sous statut de protection.

La présence de loups arrivés en France depuis l'Italie n'a été rendue publique qu'en 1993. L'arrivée n'ayant pas été anticipée, les éleveurs n'étaient aucunement préparés à s'y confronter. Ceci au contraire d'autres régions du monde, tel le nord-ouest des États-Unis, où toutes les parties susceptibles d'être concernées par le programme de restauration des loups, à commencer par les éleveurs et les chasseurs, avaient été conviées à négocier durant 10 ans avant les premiers lâchers (Meuret et Osty, 2015).

En près de 30 ans, les éleveurs des régions françaises investies par des loups ont tenté de s'adapter face à cette nouvelle contrainte, aussitôt que des contrats et des aides financières leur ont permis d'adopter les mesures de protection préconisées : présence humaine renforcée, chiens de protection, clôtures sécurisées, retour systématique en enclos de nuit ou en bergerie. Aujourd'hui, dans les Alpes et en Provence, l'adoption de ces mesures est généralisée, matérialisant l'effort d'adaptation des éleveurs, le nombre de contrats de protection des éleveurs correspondant étroitement au nombre d'unités pastorales, surtout sur les alpages (Meuret *et al.* 2017). Les conséquences en retour sont pourtant parfois néfastes : cohabitation difficile avec un aide-berger dans des cabanes d'alpage exiguës ; conflits avec des randonneurs en raison des chiens de protection ; conflits avec des chasseurs liés au rehaussement et à l'électrification des clôtures ; déplacements biquotidiens vers et depuis l'enclos de nuit qui déstructurent les circuits de bergers et génèrent aussi de l'érosion des sols et des dégâts aux pelouses.

Si éleveurs et bergers se sont peu à peu adaptés, la plupart vivent un grand mal-être au travail, lié aux conséquences directes et indirectes des attaques. Outre les animaux morts, on recense également des pertes d'état corporel, des avortements parfois en masse, ainsi que des chutes de productions liées au stress généré (Meuret *et al.* 2017). La progression constante et d'allure linéaire du nombre annuel de victimes des loups : + 1 000 animaux tués ou mortellement blessés par an entre 2009 et 2019 en France (Meuret *et al.*, 2020), avec un total en 2019 de près de 15 000 victimes (toutes espèces d'animaux, ceux retrouvés mais aussi ceux disparus à la suite des attaques) montre le peu de fruits des efforts de mise en œuvre de la protection des troupeaux.

Les capacités d'adaptation des loups, carnivores très intelligents et opportunistes, n'ont pas ou alors trop insuffisamment été anticipées. Les loups apprennent à contourner les obstacles mis en place par les éleveurs, surtout en l'absence de conséquences graves pour eux et leur progéniture. C'est une dynamique de *coadaptation* entre humains et prédateurs, processus en constante évolution, qu'il aurait été bien plus judicieux de considérer (Meuret *et al.* 2020).

locales ou plus lointaines ont eux-aussi suscité des adaptations (exemple des néoruraux dans les Cévennes, de la gestion depuis la ville de certains grands troupeaux pastoraux par des notables au Maghreb, du flux migratoire pionnier et des aspirations différentes de leurs descendants en Amazonie). Enfin, l'évolution de la *demande de produits animaux*, qu'elle s'exprime localement ou à l'échelle nationale, a elle aussi joué un rôle, incitant les élevages familiaux à produire du lait en Amazonie, favorisant le développement de la transformation et de la vente en circuits courts en France et stimulant la collecte de lait local en Afrique de l'Ouest.

### **Encadré 2.2. Adaptation des laiteries industrielles aux petits producteurs ouest-africains.**

Christian Corniaux, Guillaume Duteurtre

Collecter du lait en Afrique de l'Ouest coûte cher. La dispersion et la faible productivité des élevages pastoraux entraînent un renchérissement de l'ordre de 100 francs CFA par litre de lait collecté, soit le tiers du prix arrivé « bord quai » à la laiterie. La concurrence avec le lait en poudre importé, notamment d'Europe, est ainsi exacerbée sur un marché dominé par des consommateurs urbains à faible pouvoir d'achat. Les industriels laitiers, situés dans les capitales, privilégient cette poudre bon marché. Sur une centaine d'entreprises, seule une vingtaine collectent du lait. Parfois contraintes par des mesures nationales coercitives (quota obligatoire), elles voient aussi dans cette collecte de lait local un axe pour leurs actions de responsabilité sociale des entreprises (RSE) et un moyen de valoriser leurs produits sur quelques marchés de niche rémunérateurs.

Dès lors, ces entreprises s'adaptent aux conditions des éleveurs pour les encourager à produire et à leur vendre leur lait (Corniaux, 2019). Le principal levier est celui du prix, maintenu relativement haut toute l'année. Le second est celui de la fourniture d'aliments contre du lait. Un gros effort est également consenti par les laiteries pour dimensionner les moyens logistiques. Enfin elles soutiennent, souvent avec l'appui de programmes de développement, l'installation complémentaire et progressive aux noyaux laitiers pastoraux sédentarisés de minifermes laitières intensifiées. Le coût de la collecte diminue alors de façon sensible, rendant plus rentable la transformation du lait local.

Force est de constater que ces trajectoires d'adaptation, désormais expliquées, ne vont pas systématiquement dans le sens d'un développement durable des territoires étudiés. Ainsi, la réduction de la contribution du pâturage à l'alimentation des animaux observée en France et au Maghreb est contraire aux principes de l'agroécologie : elle limite l'autonomie énergétique et alimentaire des exploitations et contribue à l'enfrichement et la fermeture du paysage en France. Par ailleurs, toutes les exploitations ne sont pas toujours en mesure de s'adapter et ces trajectoires laissent ainsi de côté une partie des élevages : dans les Causses et Cévennes, les exploitations faiblement dotées en terres faciles à motomécaniser se sont trouvées désavantagées pour mobiliser ces nouveaux

moyens et ont eu tendance à disparaître ; au Maghreb, les fermes équipées de camion et à même d'embaucher de la main-d'œuvre salariée peuvent explorer des espaces de pâturage plus lointains et ainsi nourrir des troupeaux plus grands avec plus de sécurité face aux aléas ; en Afrique de l'Ouest, les élevages à plus forte composante pastorale, très mobiles, accèdent difficilement aux circuits de collecte du lait des minilaiteries et doivent donc trouver des valorisations alternatives pour leur lait. Enfin, l'adaptation à la prédation en France génère un stress intense chez les éleveurs.

Étudier les trajectoires d'adaptation et leurs déterminants apparaît ainsi essentiel pour identifier les leviers à même de faire évoluer les activités d'élevage dans le sens d'un développement durable. Rendue possible par la mobilisation (ou même la construction) de cadres d'analyse et dispositifs de recherche adaptés, la comparaison entre territoires proches (Causses et Cévennes par exemple) ou plus lointains (France et Amérique du Nord sur la prédation) s'avère souvent fructueuse. De telles recherches permettent de mettre en évidence et de raisonner des leviers divers, portant par exemple sur les modalités de subventions de la politique agricole commune (PAC) et les choix collectifs faits dans les démarches qualité Roquefort ou Pélardon dans les Causses et Cévennes, sur la responsabilité sociale des entreprises et les politiques laitières en Afrique de l'Ouest, ou encore sur les régulations foncières au Brésil et au Maghreb.

## Conclusion

**CLAIRE AUBRON, CHRISTIAN CORNIAUX, LAURENCE FLORI**

Plusieurs enseignements sur l'adaptation en élevage peuvent être tirés des travaux présentés dans ce chapitre.

Tout d'abord, même si c'est là un résultat trivial pour tout observateur attentif des pratiques et du monde de l'élevage, les systèmes d'élevage au pâturage s'adaptent et se transforment continuellement. Ils sont en cela bien éloignés du caractère archaïque et immuable qu'on leur prête parfois. Face à l'évolution du climat, à la variation des disponibilités fourragères, à la présence de maladies, au changement des conditions de prix, à l'arrivée d'un prédateur, à l'émergence d'une demande pour des produits animaux nouveaux, à une rupture politique majeure, des processus d'adaptation sont en effet observés dans ces élevages, qui apparaissent de ce fait plus proches du mouvement permanent que de l'immobilisme. Ceci suggère que s'intéresser aux capacités d'adaptation des animaux, des élevages ou des filières par exemple est tout aussi important que d'évaluer leur productivité.

En second lieu, il apparaît que ces adaptations s'appuient sur une multiplicité de leviers. Ces leviers sont de différentes natures (physiologique, génétique, technique, organisationnelle, sociale, etc.) et opèrent à différentes échelles (animal, ferme, paysage, collectif d'éleveurs, etc.) et sur différents pas de temps (court, moyen ou long terme). Bon nombre de ces leviers sont par ailleurs interdépendants, ce qui rend les processus d'adaptation

particulièrement complexes. La prise en compte de cette diversité de leviers dans la recherche comme dans l'accompagnement du développement de l'élevage apparaît cruciale, ce qui milite à la fois pour la production de connaissances sur chacun de ces leviers et pour leur intégration au moyen d'approches pluridisciplinaires et systémiques. De tels travaux mettent en lumière des éléments clés qui permettent de préserver, voire d'augmenter, les capacités d'adaptation des élevages, tels que la diversité génétique ou les collectifs d'éleveurs abordés dans les sous-chapitres consacrés à la *diversité génétique et adaptation des races locales à leur milieu d'élevage* (p. 52), aux *mécanismes d'adaptation analysés à l'échelle des familles et des collectifs locaux* (p. 63) ainsi qu'aux *trajectoires d'adaptation des élevages dans les territoires* (p. 73).

Le fait qu'adaptation ne soit pas toujours synonyme de développement durable constitue un troisième enseignement de ce chapitre. En effet, l'adaptation s'accompagne parfois de l'exclusion, de la fragilisation ou de la disparition de certaines entités auparavant constitutives de l'élevage d'une région. Les animaux, les paysages, les pratiques et les formes d'élevage sélectionnés du fait de ces processus d'adaptation multiples et enchevêtrés ne sont pas forcément ceux répondant le mieux aux objectifs de développement durable. Ce constat souligne qu'au-delà de la prise en compte de l'adaptation dans la recherche et l'accompagnement du développement de l'élevage, il y a un enjeu majeur à piloter et à gérer ces processus d'adaptation dans le sens d'un développement plus durable. La production de connaissances intégrées (pluridisciplinaires et pluriacteurs) et situées, l'action publique et l'action collective semblent des éléments clés pour relever ce défi.

Enfin, en poussant un peu plus loin encore la réflexion sur les limites du concept d'adaptation, on peut s'interroger sur la capacité de ces adaptations de l'élevage, aussi nombreuses et articulées sont-elles, à répondre aux enjeux sociaux et environnementaux contemporains. Comme le soulignent les auteurs travaillant sur l'histoire de l'utilisation de l'énergie et de la biomasse par les sociétés (régimes sociométaboliques), la transition vers une agriculture agroécologique que tant d'institutions appellent aujourd'hui de leurs vœux n'exige-t-elle pas des changements plus profonds, de même ampleur que pour la révolution agricole néolithique ou pour la révolution industrielle (Haberl *et al.*, 2011) ? Aux côtés de l'étude des adaptations de l'élevage et de leur pilotage, travailler à l'analyse, la conception et l'accompagnement d'innovations et de ruptures dans les pratiques, sociétés et politiques agricoles apparaît ainsi nécessaire.