



Génétique des animaux d'élevage

Diversité et adaptation
dans un monde changeant



Génétique des animaux d'élevage

Diversité et adaptation
dans un monde changeant

Étienne Verrier, Denis Milan,
Claire Rogel-Gaillard, coord.

Collection *Savoir-faire*

Biocontrôle

Éléments pour une protection agroécologique des cultures

X. Fauvergue, A. Rusch, M. Barret, M. Bardin, E. Jacquin-Joly, T. Malausa, C. Lannou, coord.
2020, 376 p.

Réussir l'implantation des cultures

Enjeux agroécologiques, itinéraires techniques

J. Boiffin, F. Laurent, G. Richard, coord.
2020, 440 P.

Pratiques d'élevage et environnement

Mesurer, évaluer, agir

S. Espagnol, C. Brame, J.-Y. Dourmad, coord.
2019, 376 p.

Connectivité et protection de la biodiversité marine

Dynamique spatiale des organismes marins

B. Porro, N. Alloncle, N. Bierne, S. Arnaud-Haond, coord.
2019, 136 p.

En couverture, de gauche à droite :

© giorgiosoldi.it, © BillionPhotos.com/Adobe Stock, © WProduction/Adobe Stock

Éditions Quæ

RD 10, 78026 Versailles Cedex
www.quae.com

© Éditions Quæ, 2020

ISSN : 1952-1251

ISBN papier : 978-2-7592-3099-0

ISBN PDF : 978-2-7592-3100-3

ISBN ePub : 978-2-7592-3101-0

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Sommaire

Préface	9
Introduction	13
<i>Étienne Verrier, Denis Milan, Claire Rogel-Gaillard</i>	
1. La domestication et la constitution des ressources génétiques	17
<i>Xavier Rognon, Denis Laloë, Emmanuelle Vila, Étienne Verrier</i>	
Quelles espèces? Où et quand?.....	18
Le processus de domestication au Proche-Orient : le cas du mouton.....	20
Conséquences de la domestication sur les espèces animales.....	23
Les apports des données moléculaires.....	24
Conclusion.....	26
Pour en savoir plus.....	27
2. De la domestication à la sélection génomique : une brève histoire de la sélection animale	29
<i>Étienne Verrier</i>	
Les prémices de la sélection : de l'observation, de l'empirisme et du temps... 29	
Pratiques de sélection et notion de race au temps de la révolution industrielle.....	31
Essor de la génétique et développement de la sélection organisée dans la première moitié du xx ^e siècle.....	33
Spécialisation des élevages et mise en place de programmes intégrés de sélection durant les Trente Glorieuses.....	35
Accélération, foisonnement d'outils et retour à certaines formes de diversification à la charnière du III ^e millénaire.....	37
Bilans, perspectives et questionnements.....	43
Pour en savoir plus.....	46
3. Les différentes étapes d'un programme d'amélioration génétique	47
<i>Étienne Verrier</i>	
Populations et programmes d'amélioration génétique.....	47
Analyse des résultats et conséquences à en tirer.....	52
Principaux traits de l'organisation de l'amélioration génétique.....	53

4. La définition des objectifs de sélection	55
<i>Florence Phocas</i>	
Notion d'objectif de sélection.....	55
Principes de définition de l'objectif de sélection.....	58
L'évolution des objectifs et des critères de sélection animale.....	64
Conclusion.....	68
Pour en savoir plus.....	69
5. Conception et réalisation des évaluations génétiques ou génomiques des reproducteurs	71
<i>Vincent Ducrocq</i>	
Élaboration d'un modèle d'évaluation génétique.....	72
Le couteau suisse des évaluations génétiques : le BLUP.....	75
Extension du champ d'application du BLUP : des modèles de plus en plus sophistiqués.....	79
Prise en compte d'information génomique.....	82
Évaluation combinée génétique et génomique.....	85
Conclusion.....	86
Pour en savoir plus.....	87
6. Le choix des reproducteurs et l'efficacité de la sélection	89
<i>Jean-Michel Elsen</i>	
Choix des modalités de sélection.....	89
Évaluation <i>a priori</i> des programmes de sélection.....	95
Quelques exemples d'évolutions génétiques espérées.....	101
Conclusion.....	104
Pour en savoir plus.....	105
7. L'apport du croisement et les plans de croisement	107
<i>Jean-Pierre Bidanel</i>	
Les apports du croisement.....	108
Les différents systèmes de croisement.....	113
Comparaison des systèmes de croisement.....	115
Croisement et sélection.....	120
Conclusion.....	122
Pour en savoir plus.....	122

8. Sécurité alimentaire mondiale et génétique animale	125
<i>Hervé Guyomard</i>	
L'équation alimentaire mondiale en 2050 : l'enjeu quantitatif des pertes et gaspillages et des consommations de produits animaux.....	127
Le puzzle des consommations et productions de produits animaux.....	128
Sécurité alimentaire mondiale et génétique animale.....	132
Pour en savoir plus.....	134
9. Quelle(s) génétique(s) pour quels systèmes d'élevage face au changement global?	137
<i>Nathalie Mandonnet, Gisèle Alexandre, Michèle Tixier-Boichard</i>	
Diversité et évolution des systèmes d'élevage face au changement global.....	139
Approches génétiques de l'adaptation à des milieux hétérogènes.....	143
Choix des géotypes pour élaborer l'adaptation des troupeaux.....	147
La génétique, un levier agroécologique d'adaptation des systèmes d'élevage au changement global.....	149
Conclusion.....	151
Pour en savoir plus.....	151
10. La préservation de la biodiversité et des ressources génétiques	153
<i>Grégoire Leroy, Coralie Danchin-Burge</i>	
Enjeux de la gestion de la biodiversité et des ressources génétiques.....	153
Méthodes de préservation de la diversité génétique, intra-population et entre populations.....	158
Les conditions de la préservation et de la gestion durable des ressources génétiques.....	165
Conclusion.....	166
Pour en savoir plus.....	167
11. Évolution des connaissances sur les génomes, épigénomes et microbiomes	169
<i>Alain Vignal, Philippe Monget, Claire Rogel-Gaillard</i>	
Le génome.....	170
L'épigénome.....	181
Les microbiotes et leurs microbiomes.....	185
Exploitation des données de génomes, épigénomes et microbiomes : quelles perspectives en élevage?.....	188
Conclusion.....	190
Pour en savoir plus.....	191

12. Nouvelles modalités de diffusion de la génétique	193
<i>Didier Boichard</i>	
L'insémination artificielle.....	193
Le sexage de la semence.....	196
La production et le transfert d'embryons.....	197
Le sexage et le génotypage de l'embryon.....	199
Le clonage des embryons.....	200
La transgénèse et l'édition du génome.....	202
Conclusion.....	203
Pour en savoir plus.....	203
13. Les nouvelles techniques d'amélioration génétique :	
l'« édition » des génomes	205
<i>Alain Ducos</i>	
Que sont les NBT, quels sont leurs principes, comment les utilise-t-on et dans quels buts?.....	207
Quelles sont les applications passées, actuelles et futures des NBT chez les animaux d'élevage?.....	214
Conclusion.....	219
Pour en savoir plus.....	223
14. Modèles économiques et formes d'organisation de l'amélioration génétique animale	225
<i>Aline Fugerey-Scarbel, Julie Labatut, Stéphane Lemarié, Michel Trommetter</i>	
L'organisation contrastée de l'amélioration génétique animale selon l'espèce considérée.....	226
L'impact des évolutions réglementaires et technologiques récentes.....	232
Conclusion.....	239
Pour en savoir plus.....	240
15. Éthique et amélioration génétique animale	241
<i>Thomas Heams</i>	
L'homme, un animal technologique?.....	241
Éthique de l'amélioration génétique comme activité humaine.....	243
Des parties prenantes aux intérêts divergents.....	244
Le point de vue humain.....	245
Durabilité.....	247
Propriété.....	249

Effet retour sur l'espèce humaine	250
Le point de vue animal.....	252
Conclusion : pour une éthique reposant sur une épistémologie renouvelée ..	254
Pour en savoir plus.....	255
Fiches espèces	257
Les équidés.....	258
Les bovins.....	260
Les ovins.....	264
Les caprins.....	268
Le porc.....	270
Le lapin.....	272
La poule.....	274
Les gallinacés autres que la poule.....	277
Les palmipèdes.....	279
Les espèces aquacoles.....	281
Les abeilles.....	283
Liste des auteurs	285

Préface

Un nouvel ouvrage sur l'amélioration génétique des animaux domestiques ? Cela n'a-t-il pas déjà été publié ? Bien sûr, mais l'accélération constante des connaissances et des techniques et leurs applications possibles sont en progression exponentielle et demandent une mise à jour « perpétuelle ». Une mise au point solide sur ces sujets est alors essentielle.

Dans leur préambule, les auteurs précisent « quelle génétique, dans quel système de production, pour quel produit, dans quel territoire ». D'emblée, ils pointent le questionnement relatif aux approches en génétique aujourd'hui dans ce cadre très général de « l'amélioration » des animaux d'élevage. Et la question est alors immédiate, « amélioration de quoi » ? Il apparaît évident que les réponses peuvent être très variées, selon les situations, les espèces, les modes de production et la maîtrise des cycles de reproduction. Nos auteurs signalent aussi plus loin « avec un progrès génétique annuel jusqu'à deux fois supérieur en comparaison aux méthodes antérieures, ce bond technologique a renforcé la nécessité d'une gestion de la diversité génétique, afin de préserver une variabilité entre individus, indispensable à la capacité d'adaptation des populations aux attentes et contraintes de demain ». Oui, la question est bien ici, c'est d'ailleurs la même problématique chez les plantes d'intérêt agronomique. Comment, par nos programmes de sélection de plus en plus performants et sophistiqués, être capable aussi de maintenir une variabilité et un polymorphisme génétiques suffisants dans le contexte actuel de variations très rapides de nos conditions zootechniques et environnementales ?

Nous pouvons, pour illustrer nos propos, revenir sur la crise sanitaire que nous vivons en ce moment : elle résulte bien d'une maltraitance des espèces sauvages et domestiques, dans des conditions indignes de marchés ou d'élevages indigents et de l'appauvrissement aigu que vivent aujourd'hui nos écosystèmes naturels. Un travail de Felicia Keesing et de ses collaborateurs, publié dans la revue *Nature* il y a dix ans, avait insisté sur l'effet « dilution » dans le monde vivant. La propagation d'un parasite opportuniste, comme un virus, est freinée non seulement par la diversité des espèces, mais surtout par la diversité génétique interne à chacune. Cette diversité génétique intraspécifique est un vrai labyrinthe pour les parasites, qui doivent faire face à des individus toujours différents, dont certains leur résistent, ce qui freine leur expansion. La variabilité et la diversité qui en résulte sont des protections pour les hôtes. C'est le déclin de la biodiversité qui augmente les risques de transmission des pathogènes et l'émergence des maladies associées, en réduisant les populations d'hôtes et, ce faisant, la probabilité d'apparition des résistances. En fait, en génétique animale ou végétale, le but est bien l'amélioration des individus ou souches pour des propos de facilité d'élevage

ou de culture, de croissance plus rapide ou de reproduction ou de productions de « produits » spécifiques comme les œufs, mais sans parvenir à une trop grande « uniformisation » du produit fini, qui serait alors trop appauvri génétiquement et incapable de se défendre lors de l'attaque d'un parasite ou d'un pathogène. C'est d'ailleurs tout le problème du clonage : à mêmes causes, mêmes conséquences.

Il est clair que la recherche en génétique a été l'un des facteurs clés dans la réussite des élevages depuis deux cents ans, associée aux travaux en physiologie (développement, croissance, reproduction et adaptation) et en nutrition. Les progrès ont été considérables, mais parvenons-nous aujourd'hui à certaines limites dans nos capacités d'amélioration ? Les possibilités de « progrès » (qu'est-ce ?) sont-elles infinies ? Si l'on prend le cas du saumon de l'Atlantique, *Salmo salar*, les approches en génétique ont donné des résultats spectaculaires et l'on est parvenu à domestiquer (voire ?) une espèce encore « totalement sauvage » il y a quarante ans ! C'est aussi le cas de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), mais ici les essais ont démarré il y a cent soixante-dix ans. Pour les animaux terrestres, mammifères et oiseaux, les tentatives ont débuté il y a beaucoup plus longtemps, mais nous ne consommons aujourd'hui que quelques rares espèces, moins de quinze...

Les questions éthiques et de bien-être animal sont aussi aujourd'hui bien sûr prises en compte et intéressent de plus en plus le consommateur. La question des conditions de mise à mort est de plus en plus au centre des débats, relançant d'ailleurs l'interrogation sur la consommation de protéines animales et la montée du véganisme.

Il est sûr que le développement de nouvelles méthodes d'amélioration génétique (NBT) va changer la donne et permettre des performances nouvelles. Dans le chapitre 4, les auteurs se posent à un moment la question « jusqu'où nous autorisons-nous à modifier le vivant ? », et c'est effectivement une interrogation essentielle. Depuis les débuts de l'élevage, l'humain a profondément modifié les milieux naturels pour les transformer en « champs », prairies, vergers, jardins, etc. La forêt est ainsi inéluctablement partie partout, parfois remplacée mais par autre chose, 85 % des zones humides ont été détruites, et cela continue aujourd'hui. Et les espèces « cibles » ont été profondément changées, comme ceci est très bien exposé dans l'ouvrage, traitant surtout des bovins, porcs et poulets... Le loup devenu chien constitue un exemple spectaculaire, un papier récent s'interrogeait même sur les différences entre « un saumon sauvage » et celui en élevage (sur quarante ans!).

En fait, il y a eu des humains sans agriculture, les « chasseurs-cueilleurs » évoqués ici, mais il ne peut y avoir d'humanité populeuse sans agriculture. Il en va de la survie de l'humain ! La question est alors, à quel prix environnemental ? Quels types d'agriculture ? Il y en a des centaines de par le monde, mais force est de reconnaître que face aux immenses problèmes que nous rencontrons aujourd'hui, dont celui de l'abondance et de la qualité de l'eau, la seule voie possible est un bien plus grand respect pour le vivant et la prise en compte majeure des principes de l'écologie. Comment alimenter huit milliards, demain dix milliards d'humains avec des sols morts, comment utiliser l'élevage à la fois pour produire

des protéines animales mais aussi pour résoudre une partie de nos dégradations environnementales? Sans biodiversité maintenue, un puissant allié du monde agricole et aussi, nous l'avons vu, de la bonne santé publique, cela ne sera pas possible. Et bien entendu, dans ces considérations la recherche en génétique est essentielle, mais dans quel but? Comme le dit si bien Edgar Morin, le problème n'est pas l'incroyable foisonnement des découvertes scientifiques et techniques, mais l'usage que l'on va en faire!

*Gilles Boeuf,
professeur à Sorbonne Université,
professeur consultant à AgroParisTech,
professeur invité au Collège de France,
ancien président du Muséum national d'histoire naturelle.*

Introduction

Étienne Verrier, Denis Milan, Claire Rogel-Gaillard

Depuis l'aube des temps, les humains ont eu un impact sensible sur leur environnement et ont contribué à faire évoluer les espèces qui les entouraient. En particulier, au cours du processus de domestication, ils ont induit une pression sur certaines espèces, en choisissant et en organisant la reproduction des individus les plus adaptés à une cohabitation ou, plus globalement, ceux dont les aptitudes correspondaient le mieux à ce qu'ils en attendaient (nourriture, travail, vêtements, etc.). La domestication des espèces animales, il y a 10 000 ans ou plus, est ainsi à l'origine de leur sélection et des prémices de ce que l'on désigne aujourd'hui comme leur « amélioration génétique ». Cette sélection, totalement empirique initialement, a fait évoluer le comportement, le format et les « performances » des espèces domestiquées, contribuant progressivement à l'établissement des pratiques d'élevage.

Au cours du ^{xx}e siècle, avec les progrès des connaissances accumulées en génétique et en statistique, les méthodes de la « génétique quantitative » ont été mises en œuvre, permettant d'estimer la valeur génétique d'un reproducteur (c'est-à-dire les performances moyennes attendues de ses descendants) et de prédire le progrès génétique attendu d'une génération à la suivante. Ces méthodes, fondées exclusivement sur la connaissance des performances et des apparentements entre animaux, ont permis une sélection très efficace. L'organisation de l'élevage en a été profondément modifiée. C'est notamment le cas des espèces et filières où l'insémination artificielle s'est imposée en tant que mode de reproduction, comme les ruminants laitiers, avec une utilisation à grande échelle d'un petit nombre de mâles très performants. C'est aussi le cas de toute l'aviculture et de l'élevage porcin, où la sélection a pu se focaliser sur des noyaux de sélection, les animaux « commerciaux » étant issus de plans de croisement entre reproducteurs de différentes lignées spécialisées.

Ces méthodes, bien que très efficaces, considèrent le génome comme une « boîte noire » et ignorent totalement les gènes influençant les caractères d'intérêt, leur fonctionnement et l'effet de leur polymorphisme sur les performances des animaux. Depuis les années 1990, l'essor des techniques de génétique moléculaire entrouvre progressivement cette boîte noire. L'émergence de la PCR (*polymerase chain reaction*), technique permettant d'amplifier puis d'analyser spécifiquement un

endroit précis du génome, a ouvert la voie à l'identification et à l'étude de très nombreux marqueurs génétiques polymorphes répartis sur l'ensemble du génome. Après une période d'identification de quelques gènes ayant un effet majeur sur les performances, et pour lesquels il a été possible de fixer les allèles favorables, les généticiens ont toutefois constaté qu'un très grand nombre de régions du génome, et donc de gènes, influençaient chacun des caractères d'intérêt. Ceci est d'ailleurs en cohérence totale avec l'efficacité des méthodes de génétique quantitative, basées sur l'hypothèse que les caractères sont régulés par un très grand nombre de gènes ayant tous un effet très petit.

Dès les premières années du nouveau millénaire, l'efficacité croissante des techniques de séquençage a rendu financièrement de plus en plus abordable l'obtention de séquences d'un grand nombre d'individus de chaque espèce d'intérêt. À partir des années 2010, l'émergence des techniques de génotypage à bas coût de 10 000 à 1 million de mutations ponctuelles réparties sur l'ensemble du génome, couplées à des méthodes sophistiquées d'analyse statistique, a permis le développement des méthodes de sélection dite « génomique » fondées sur l'estimation de la valeur génétique d'un individu à partir de la seule connaissance de son génome — sous réserve de la disponibilité de populations de référence pour lesquelles on dispose aussi de phénotypes et de génotypes. Ces méthodes ont fait progresser de manière remarquable les filières comme celles des ruminants laitiers, où plusieurs caractères d'intérêt ne s'expriment que chez des femelles adultes, alors que l'on sélectionne des mâles reproducteurs n'exprimant pas le caractère. Elles ont drastiquement réduit l'intervalle de génération, avec un progrès génétique annuel jusqu'à deux fois supérieur comparé aux méthodes antérieures. Ce bond technologique a renforcé la nécessité d'une gestion de la diversité génétique afin de préserver une variabilité entre individus, indispensable à la capacité d'adaptation des populations aux attentes et aux contraintes de demain. Les connaissances en épigénétique et en métagénomique pourront également, dans les prochaines années, fournir de nouveaux leviers pour une meilleure adaptation des animaux.

Longtemps, le mode de pensée dominant en génétique et en sélection était de produire le « meilleur animal », en considérant qu'il serait ensuite possible de définir le système d'élevage à même de lui permettre d'exprimer tout son potentiel. Aujourd'hui, la vision est plus systémique, et considère comme nécessaire de proposer des produits finaux, diversifiés, tels qu'attendus par les citoyens-consommateurs, le plus souvent associés à des signes de qualité (conditions d'élevage, lien territorial). Ainsi, il est devenu essentiel de définir conjointement la génétique et le système de production associé. D'une génétique optimale on est donc passé à la recherche de génétiques adaptées à des environnements et à des produits diversifiés, ce qui peut être ainsi résumé : quelle génétique dans quel système de production, pour quel produit dans quel territoire ?

Comme rappelé précédemment, les connaissances et les techniques en génétique et en génomique ont fait des progrès gigantesques au cours des trente dernières années, rendant possible ce qui ne l'était pas hier. Parmi les avancées récentes,

il faut aussi mentionner l'essor des techniques d'édition ou de réécriture du génome, qui permettent le remplacement ciblé d'une base à un endroit précis du génome. Il devient alors possible de générer un individu porteur d'une mutation d'intérêt, sans avoir besoin d'analyser quelques dizaines de millions d'individus pour identifier l'individu mutant naturel, porteur de cette mutation apparue spontanément par erreur lors de la réplication de l'ADN. En dépassant la posture de « chasseur-cueilleur » d'une variabilité très rare qui apparaît spontanément à chaque génération, les sociétés humaines accepteront-elles et se donneront-elles le droit de générer des animaux porteurs d'un génotype souhaité, en s'appuyant sur cette méthodologie d'édition-réécriture du génome? C'est ici que la question de l'éthique des moyens que nous nous autorisons à employer pour transformer le vivant prend une nouvelle ampleur.

En parallèle, la société évolue, avec une demande et des exigences renouvelées. Les contraintes liées au réchauffement climatique, à notre responsabilité collective pour garantir la sécurité alimentaire mondiale et fortement réduire l'impact environnemental conduisent à remettre en question certains modes de production et à revoir les caractères sur lesquels il importe de faire porter l'effort de sélection. L'agroécologie invite à réinventer le nécessaire couplage entre productions végétales et animales. L'attention portée au maintien de la biodiversité, véritable « carburant » de l'adaptabilité à un monde changeant, est une préoccupation de plus en plus prégnante, tant en ce qui concerne les espèces que la variabilité intraspécifique. La place des produits animaux dans l'alimentation humaine est à revisiter dans nos pays occidentaux, en développant des produits tracés et certifiés en provenance de systèmes de production respectueux des animaux et de l'environnement. Enfin, dans le débat public, est soulevée avec de plus en plus d'insistance la question du statut des animaux, d'éventuels droits qui pourraient leur être conférés et des devoirs des humains à leur égard. Toutes ces évolutions renouvellent singulièrement la question de l'éthique des buts que nous poursuivons en exerçant une pression de sélection sur les populations d'animaux d'élevage.

Tout cela nous a conduits à considérer qu'il était important de faire le point sur l'amélioration génétique des animaux d'élevage, une activité multimillénaire profondément renouvelée à l'heure de la « révolution génomique » et susceptible d'évoluer à nouveau de manière considérable avec l'édition ou la réécriture du génome et les biotechnologies de la reproduction. C'est en précisant ce qui est possible ou pourrait le devenir bientôt, en réfléchissant à ce qui est acceptable ou non, aux opportunités nouvelles ainsi induites et aux éventuels risques associés, que les diverses parties prenantes, la société et le législateur pourront établir le cadre des outils et des pratiques que nous nous autorisons à mettre en œuvre pour une activité de sélection qui façonne le vivant d'aujourd'hui mais aussi de demain. Au-delà d'une mise au point dans ce domaine d'activité, le présent ouvrage invite aussi à réfléchir au nécessaire couplage entre une éthique des fins et une éthique des moyens, qui sera un élément clé de l'évolution des pratiques en génétique animale et de leur perception par la société.

1

La domestication et la constitution des ressources génétiques

Xavier Rognon, Denis Laloë, Emmanuelle Vila, Étienne Verrier

Dès l'époque paléolithique, les animaux sont partie prenante de la culture humaine, comme en attestent les peintures rupestres et les sculptures datant, pour les plus anciennes, de 25 000 à 30 000 ans environ : entités du monde naturel et intégrés à la sphère idéale des hommes, d'abord objets de la chasse tout autant que menace, mystère et ciment des mythologies et des pratiques rituelles et magiques. Après cette longue période, les animaux pénètrent davantage dans l'espace anthropique et feront partie, avec la domestication, de l'environnement proche, de la maison... Une première étape de cette relation particulière correspond à la domestication du loup, pour aboutir au chien. Ce processus a débuté il y a au moins 13 000 à 16 000 ans avant le temps présent (AP), voire encore plus tôt. La domestication d'ongulés pour la subsistance et d'autres utilisations (caprins, ovins, bovins, porcins...) a commencé, quant à elle, à partir du 11^e millénaire AP.

La domestication est une étape majeure de notre histoire, résultant d'une longue évolution culturelle et technique, et d'une profonde modification de la façon dont les humains perçoivent leur place dans la nature. Dans les sociétés paléolithiques de chasseurs-cueilleurs, où les relations entre humain et animal sont en grande partie fondées sur un modèle prédateur-proie, l'humain, tour à tour chasseur et chassé, se perçoit comme une simple composante du monde qui l'entoure. Au Néolithique, avec l'apparition de l'agriculture et de la domestication, il en devient le maître. La domestication a été expliquée parfois comme une réaction face à une crise des ressources suite à la sédentarisation, mais, faute d'indices clairs, on peut penser que la domestication est une réponse à un besoin intellectuel de connaître et de comprendre la nature, de la maîtriser, comme la conséquence d'une rencontre entre l'homme et l'animal au hasard de la chasse, ou encore comme la résultante d'associations de type commensal, à l'exemple du loup et de l'homme. L'appropriation de ces animaux à des fins « utilitaires » ne viendrait qu'après cette première phase.

La domestication peut être définie de manière multiple : c'est à la fois un état, un processus et une composante socio-économique. Un état où l'animal domestique, au sens étymologique du terme, est une propriété, caractérisé par son appartenance à une maison (*domus*) et sa domination par un maître (*dominus*). Ainsi, l'élevage (soin, alimentation, protection) et la reproduction des animaux domestiques sont plus ou moins sous le contrôle des humains. C'est aussi un processus à la fois ancien et toujours d'actualité, au cours duquel les populations domestiques voient leurs caractéristiques évoluer à travers une succession d'étapes, depuis la chasse jusqu'à la maîtrise et la gestion de la reproduction par les éleveurs (alternance d'isolement et de mélange de populations, sélection des reproducteurs selon les besoins et les désirs des éleveurs, etc.). Ceci a pour conséquence une modification de la physiologie et du comportement de l'espèce domestiquée vis-à-vis des formes sauvages ancestrales, comme l'aptitude des vaches à délivrer du lait en l'absence de leur veau. Une autre conséquence est la différenciation entre populations domestiques d'une même espèce, en fonction de leur isolement et de pratiques différenciées de leurs éleveurs. On ne peut pas non plus concevoir la domestication sans sa composante socio-économique, avec l'appropriation des animaux par les éleveurs et leur utilisation pour répondre à des besoins variés tels que l'alimentation, la force de travail, la fourniture de vêtements et d'outils, jusqu'aux besoins culturels et cultuels. Enfin, n'oublions pas les aspects réglementaires liés au statut des animaux (sauvage *vs* domestique). En France, la réglementation relative à la protection de la nature (code de l'environnement) donne une définition des animaux et des espèces animales sauvages (articles R.411-5 et R.413-8), et l'arrêté du 11 août 2006 fixe la liste des espèces, races et variétés d'animaux reconnues comme domestiques.

Quelles espèces? Où et quand?

La domestication, tant des animaux que des plantes, est apparue indépendamment en différents points du globe. Cela concerne, par exemple, les foyers de domestication du Proche-Orient, du bassin de l'Indus, de la Chine, de la Nouvelle-Guinée et des foyers du centre (sud du Mexique) et du sud (nord des Andes) de l'Amérique. Le plus précoce de ces foyers, et le plus prolifique, semble être celui du Proche-Orient. Ces foyers primaires ont rayonné et des foyers secondaires se sont développés par la suite sur l'ensemble des continents. Le tableau 1.1 présente les dates et lieux de première domestication pour les principales espèces domestiques, telles que (par ordre chronologique) le chien, la chèvre, le mouton, le bœuf (taurin), le porc, le zébu, la poule, l'âne ou le cheval, ainsi que de nombreuses autres en fonction des zones concernées. Certaines de ces espèces, comme le chien, le bœuf ou le porc, ont fait l'objet d'une domestication indépendante en différents lieux. Même s'il peut paraître faible au regard de la diversité des espèces aujourd'hui répertoriées, le nombre d'espèces gérées par l'homme témoigne d'une grande richesse. Du bœuf au bombyx, en passant par l'éléphant d'Asie, l'alpaga, la poule, la carpe ou l'huître, près de 200 espèces sont ou ont été élevées (sans parler des oiseaux