

Quels enjeux autour des ressources zoogénétiques dans le monde ?

Grégoire LEROY

FAO, Animal Production and Health Division, Via de Terme de Caracala, 00153, Rome, Italie
gregoire.leroy@fao.org

Résumé : En 2007, le Plan d'action mondial pour les ressources zoogénétiques a été adopté par les pays membre de la FAO. Cet article examine l'état d'avancement de ce plan et dresse un état des lieux des ressources zoogénétiques à l'échelle mondiale. Aujourd'hui, il est encore impossible de déterminer le statut vis-à-vis du risque d'extinction pour 52 % des races connues dans le monde. Parmi celles dont le statut est connu, 26 % sont considérées comme menacées et 14 % seulement sont classées sans risque. Depuis les années 2010, les stocks de matériel génétique cryoconservés se sont accrus de manière sensible et concernent environ 1 300 races. Le niveau de mise en œuvre du plan mondial varie très fortement d'un pays à l'autre, selon des moyens qu'il est possible d'y consacrer. Les perspectives face aux évolutions du contexte (dérèglement climatique, épizooties, etc.) sont analysées.

Mots-clés : animaux ; ressources génétiques ; risque d'extinction ; cryobanque ; FAO ; monde.

What are the issues surrounding zoogenetic resources in the world? Abstract: In 2007, the Global Plan of Action for Animal Genetic Resources was adopted by FAO member countries. This paper examines the progress of this plan and provides an overview of animal genetic resources at the global level. Today, it is still impossible to determine the status with regard to the risk of extinction for 52% of the breeds known in the world. Of those whose status is known, 26% are considered threatened and only 14% are classified as not at risk. Since the 2010s, stocks of cryopreserved genetic material have increased significantly and concern approximately 1,300 breeds. The level of implementation of the global plan varies greatly from one country to another, depending on the resources that can be devoted to it. The prospects in the face of changing contexts (climate change, epizootic diseases, etc.) are analyzed.

Keywords: animals; genetic resources; risk of extinction; cryobank; FAO; world.

Introduction

Il est largement reconnu que la diversité génétique au sein des espèces domestiques constitue une ressource essentielle, à la fois pour l'évolution par sélection naturelle face à des conditions changeantes et pour la sélection dirigée par l'homme. La préservation des ressources zoogénétiques est donc cruciale pour maintenir la biodiversité et garantir l'adaptabilité des espèces aux défis posés par le changement climatique et l'émergence de nouvelles maladies. Elle joue également un rôle fondamental dans la sécurité alimentaire, au travers de l'existence d'espèces et de races adaptées aux spécificités locales. Enfin, ces ressources possèdent une valeur culturelle, économique et scientifique majeure, contribuant à la fois au développement durable et à l'innovation dans le domaine de l'élevage.

La prise de conscience de l'importance des ressources zoogénétiques et de leur conservation semble avoir émergé en Europe dans les années 1970, notamment à travers les initiatives d'organisations telles que la Société d'Ethnozootechnie (FEZ) et la Fédération Européenne de Zootechnie (EAAP). Au fil des

décennies, cette problématique a progressivement été prise en charge par les pouvoirs publics, d'abord à l'échelle nationale, puis à l'échelle internationale. Cette dynamique a conduit, sous l'égide de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), à la conférence d'Interlaken en 2006. Cet événement a coïncidé avec la publication du premier rapport sur l'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2007a), ainsi qu'avec l'adoption du Plan d'Action Mondial pour les Ressources zoogénétiques (FAO, 2007b). Ce plan s'articule autour de quatre domaines prioritaires : (i) caractérisation, inventaire et suivi des tendances et des risques associés ; (ii) utilisation durable et valorisation des ressources ; (iii) conservation des races et de leur diversité ; (iv) politiques, institutions et renforcement des capacités. Les questions de collaboration et de financement y sont également abordées de manière transversale.

Dix ans plus tard, un second rapport (FAO, 2015) identifiait les principales causes de l'érosion génétique des ressources zoogénétiques, parmi lesquelles, les croisements indiscriminés,

l'introduction et l'utilisation accrue de races exotiques, l'absence ou la faiblesse des politiques et programmes dédiés à la gestion des ressources zoogénétiques, la faible rentabilité ou compétitivité de certaines races et leurs performances limitées, l'intensification de la production ou le déclin des systèmes de production traditionnels et des petites exploitations, et enfin les zoonoses et leur gestion, les maladies et leur gestion

En parallèle, l'adoption en 2015 de l'Agenda 2030 pour le développement durable par les Nations Unies a intégré deux indicateurs spécifiques aux ressources zoogénétiques :

- Indicateur 2.5.1b : nombre de races sécurisées dans des installations de conservation à moyen ou long terme (conservation *ex situ in vitro*).
- Indicateur 2.5.2 : proportion de races considérées comme en danger d'extinction.

Deux décennies après la conférence d'Interlaken, alors que la FAO travaille à la rédaction d'un troisième rapport, où en est l'application du Plan d'Action Mondial ? À partir des premiers documents publiés, cet article dresse un état des lieux des ressources zoogénétiques à l'échelle mondiale et examine les facteurs susceptibles de les influencer, tant aujourd'hui que dans le futur.

Evolution de la connaissance et du statut de risque des races domestiques en Europe et dans le monde

Lorsqu'il s'agit d'évaluer le statut démographique et les risques encourus par les races d'animaux domestiques, le Système d'Information sur la Diversité des Animaux Domestiques (DAD-IS, FAO 2025a) constitue une référence mondiale. Cette base de données rassemble des informations descriptives sur plus de 15 000 populations raciales, couvrant 8 811 races issues de 39 espèces, recensées dans 184 pays (FAO, 2024a). Le statut de risque, utilisé notamment pour l'indicateur 2.5.2 des Objectifs de Développement Durable (ODD), est déterminé en fonction de seuils démographiques qui varient selon les espèces (FAO, 2013). Une population raciale pour laquelle aucune estimation n'a été réalisée au cours des dix dernières années est considérée comme ayant un statut inconnu.

Comme l'illustre la Figure 1, la majorité des races dans le monde (52 %) ont un statut de risque inconnu. Parmi celles dont le statut est connu, 26 % sont considérées comme menacées d'extinction (de vulnérable à critique), 8 % sont répertoriées comme

éteintes et 14 % sont classées comme n'étant pas à risque. En Europe, qui abrite un peu moins de la moitié des races recensées dans le monde (3 991 races), le suivi des statuts est plus rigoureux, avec seulement 31 % des races sous statut inconnu. La proportion de races menacées d'extinction (45 %) ou éteintes (13 %) y est nettement plus élevée, soulignant la nécessité d'actions de conservation dans la région. À l'inverse, dans les régions en développement, bien que le statut de risque reste inconnu pour une majorité de races, celles dont le statut est documenté sont principalement considérées comme non menacées. Cela pourrait s'expliquer, d'une part, par une moindre intensification de l'élevage et une spécialisation des cheptels plus limitée dans ces pays. Il convient également de noter que la notion et l'histoire des races varient selon les contextes nationaux. Dans de nombreuses régions en développement, les populations locales sont souvent regroupées en un nombre restreint de races récemment reconnues, avec des effectifs relativement importants.

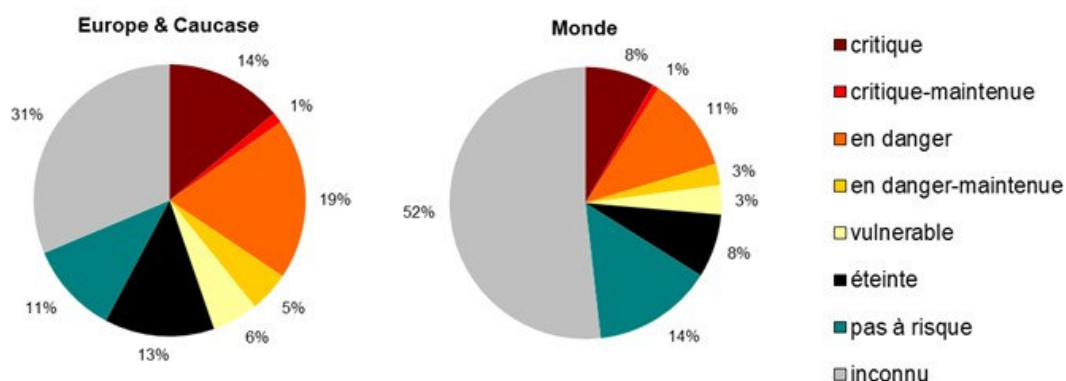


Figure 1. Répartition des races domestiques, de la région Europe et Caucase et du monde, dans les différentes catégories de risque d'extinction. Source : FAO (2024a).

Au cours des 20 dernières années, le nombre de races enregistrées dans la base DAD-IS semble avoir progressivement augmenté (Figure 2). Toutefois, cette augmentation doit être relativisée, car les races supprimées de la base au fil des ans ne sont pas prises en compte dans la version actuelle. Ainsi, en 2008, la base de données comptait déjà plus de 8 000 races enregistrées (FAO, 2010). Parallèlement, la répartition des statuts de risque de ces races a peu évolué, à l'exception d'une légère augmentation de la proportion de races au statut inconnu. Le nombre de races éteintes a également

progressé en même temps que le nombre total de races enregistrées, avec une estimation d'environ une race déclarée éteinte par mois sur cette période. Cette tendance doit également être nuancée en raison des biais inhérents à la base de données, une part importante des races déclarées disparues correspondant, par exemple, à des lignées expérimentales avicoles. Il n'en reste pas moins qu'aucun élément ne suggère un ralentissement de l'érosion des ressources zoogénétiques observée depuis plusieurs décennies.

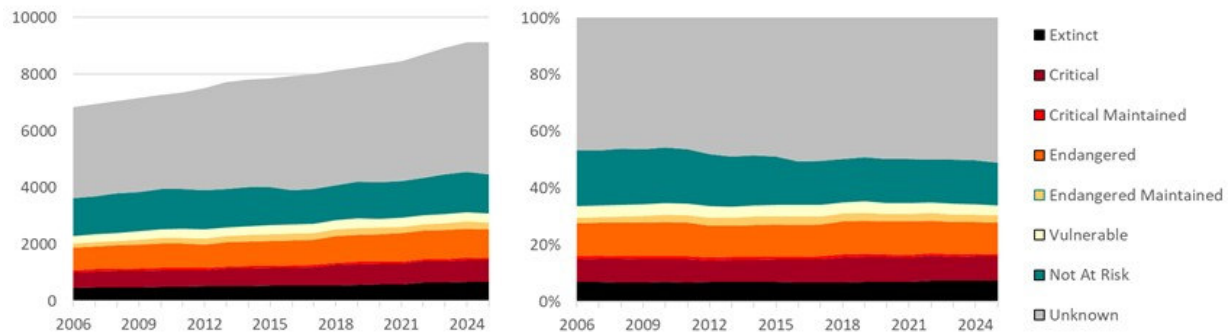


Figure 2. Evolution du statut de risque des races domestiques dans le monde entre 2006 et 2025. Source : FAO (2025a).

Evolution des collections de matériel cryoconservé

En lien avec l'indicateur 2.5.1b évoqué plus haut, la base DAD-IS intègre aussi les données de matériel cryoconservé (semence, embryons, ovocytes...) dans les banques de gènes. La quantité de matériel génétique nécessaire à la reconstitution de la race en cas d'extinction, qui définit le statut « suffisant » pour l'indicateur, est déterminé soit par les Coordonnateurs Nationaux en charge de rentrer les données, soit sur la base de seuils considérant le nombre de donneur ou d'échantillons collectés, dépendant des espèces (FAO, 2012).

Comme l'illustre la Figure 3, la quantité de races soumises à de la collecte de matériel cryoconservé a largement augmenté au cours des 20 dernières années, et en 2024 environ 1300 races étaient concernées, et pour 559 d'entre elles, la quantité de matériel était considérée comme suffisante pour permettre leur reconstitution. Cette tendance ne doit pas faire oublier que pour près de 85 % des races, aucune forme de cryoconservation de matériel génétique n'est encore rapportée.

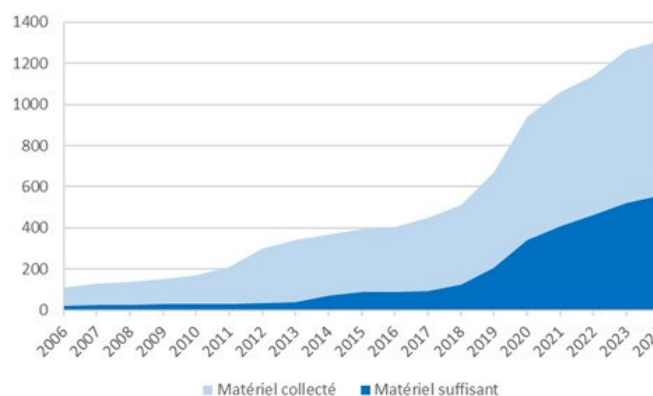


Figure 3. Nombre de races dans le monde ayant du matériel cryoconserve collecté, y compris du matériel en quantité suffisante pour permettre leur reconstitution en cas d'extinction. Source : FAO (2025a).

Evolution des capacités des pays pour la gestion des ressources zoogénétiques

Pour évaluer l'évolution des capacités et la mise en place du plan d'action mondial au sein des pays, un processus de collection de rapports nationaux a été mis en place à partir de 2012, avec des questions traitant autant de systèmes d'enregistrements des performances, que de l'existence de programmes d'éducation dans le domaine des ressources zoogénétiques (FAO, 2024b).

A titre d'exemple, en 2024, plus de 40 % des pays indiquaient avoir achevé la préparation d'une stratégie nationale et d'un plan d'action pour les ressources génétiques animales, contre à peine 30 % en 2012, lors de la première collection de rapports nationaux. Par contraste, en 2012 comme en 2024, moins de 40 % des pays déclaraient qu'ils ont des systèmes d'enregistrement et de structures organisationnelles suffisants pour leurs programmes de sélection. Et si en 2012, près de 40 % des pays déclarants indiquaient avoir mis en place des politiques et des programmes de conservation complets pour protéger les races menacées des espèces importantes, ce pourcentage descendait à 35 % pour 2024. Pour mieux décrire de manière quantitative le degré de mise en œuvre des différentes actions définies dans le plan d'action mondial au fil des années, des « indicateurs de processus » ont été développés pour quantifier le degré de mise en œuvre sur une échelle de 0 (pas d'action) à 2 (mise en place complète).

Entre 2012 et 2024, l'exercice a été répété quatre fois par les pays, 104 pays s'y étant prêtés lors de la dernière année (FAO, 2024b). Le niveau global

de mise en œuvre, comme les progrès réalisés depuis l'adoption du plan mondial, varient considérablement d'un pays ou d'une région à l'autre. Les derniers rapports nationaux semblent révéler que la mise en œuvre du plan d'action mondial n'a pas progressé de manière mesurable au cours des quatre dernières années (Tableau 1). La mise en œuvre des quatre domaines stratégiques prioritaires du plan d'action mondial a stagné, et une détérioration a été signalée en ce qui concerne la collaboration et le financement. Cela ne signifie pas pour autant qu'aucun progrès n'a été fait. Par exemple (ERFP, 2022), les pays Européens ont publié, pour leur zone, une stratégie en faveur des ressources zoogénétiques. Dans les 20 dernières années, un pays comme l'Éthiopie a pu développer pas moins de 130 programmes de sélection communautaires en petit ruminants, touchant plus de 13 000 ménages (Haile *et al.* 2023). Malgré ces contre-exemples, les rapports des pays semblent traduire des limites dans l'applicabilité du plan d'action mondial, probablement en lien avec une limitation des moyens.

Le niveau de mise en œuvre est généralement vu comme élevé en Europe et Caucase ainsi qu'en Amérique du Nord, moyen en Afrique, Asie, Amérique latine et Caraïbes, faible à moyen au Proche et Moyen-Orient, et faible dans le Pacifique Sud-Ouest (Tableau 2). Hors collaboration et financement, la conservation (SPA 3) est généralement le domaine stratégique prioritaire dont le niveau de mise en œuvre est le plus faible.

Tableau 1. Moyenne mondiale des indicateurs relatifs aux domaines prioritaires stratégiques (SPA) à la collaboration et au financement du plan d'action mondial – 2012, 2014, 2020 et 2024. Les indicateurs sont distribués sur une échelle allant de 0 (absence totale d'action) à 2 (mise en place complète des activités). Plus la couleur du fond est claire, plus la situation est favorable. Source : FAO (2024b).

Domaines prioritaires stratégiques	Valeur moyenne des indicateurs			
	2012	2014	2020	2024
SPA 1 Caractérisation, inventaire et suivi des tendances et risques associés	1,11	0,98	1,16	1,09
SPA 2 Utilisation durable et valorisation	1,04	0,89	1,08	1,05
SPA 3 Conservation	1,01	0,78	0,92	0,86
SPA 4 Politiques, institutions et renforcement des capacités	0,98	0,95	1,16	1,14
Collaboration	0,53	0,54	0,76	0,71
Financement	0,32	0,53	0,59	0,40

Tableau 2. Moyennes des indicateurs de mise en place des actions du plan mondial selon les régions du monde. Les indicateurs sont distribués sur une échelle allant de 0 (absence totale d'action) à 2 (mise en place complète des activités). La couleur du fond va du plus favorable (vert foncé) au plus défavorable (brun) en passant par le jaune et le rouge. Source : FAO (2024b).

Région	SPA 1	SPA 2	SPA 3	SPA 4	Collaboration	Financement
Afrique	0,83	0,87	0,63	1,06	0,66	0,32
Asie	1,11	1,17	0,98	1,17	0,53	0,36
Europe et Caucase	1,50	1,38	1,22	1,48	1,01	0,51
Amérique latine et Caraïbes	0,94	0,92	0,61	0,91	0,55	0,42
Proche et Moyen-Orient	0,91	0,71	0,67	0,81	0,53	0,42
Amerique du Nord	1,79	1,43	1,68	1,50	0,63	0,33
Pacifique Sud-Ouest	0,25	0,10	0,18	0,04	0,13	0,33
Monde	1,09	1,05	0,86	1,14	0,71	0,40

Évolution du contexte

Les données collectées par la FAO auprès des pays et au sein de DAD-IS ne peut donner qu'une vision partielle de l'évolution de la situation des ressources zoogénétiques, et il peut être intéressant de discuter brièvement de l'évolution des facteurs de changement dans le secteur de l'élevage et de leur impact potentiel ou observé sur ces ressources. A titre d'exemple, l'intensification et l'évolution de la demande des produits animaux sont, comme il a précédemment été dit, perçus comme des facteurs majeurs susceptibles de mener à l'érosion des ressources génétiques, à l'échelle locale ou internationales. On citera à ce titre la part croissante des races exotiques et des croisements au détriment des races localement adaptées, dont la part diminuerait de 0.75% par an dans les régions en développement (Leroy et al. 2020). Les tendances peuvent différer en fonction des régions, et si sur la période 2014-2023, les populations mondiales bovines, caprines, et ovines ont augmenté respectivement de 9 %, 17 % et 14 %, en Europe celles-ci ont dans le même temps diminué de 9 %, 18 % et 9 %, probablement en lien avec une diminution de la consommation et un contexte économique difficile (FAO, 2025b). Une telle tendance pourrait à terme impacter les risques encourus par les races localement adaptées dans la région, souvent de plus petite taille démographique et moins compétitives économiquement.

Un autre enjeu majeur concerne le changement climatique et l'impact que celui-ci pourrait avoir sur les ressources génétiques. Les mortalités du bétail en lien avec les épisodes de sécheresse sont susceptibles d'impacter la démographie des populations animales à l'échelle nationale. Par ailleurs, la sensibilité aux aléas climatiques différant par espèce, l'importance relative de celles-ci est susceptible d'être bousculée par le changement climatique. A titre d'exemple, la Figure 4 montre qu'en Afrique centrale, l'importance relative des camélidés et petits ruminants par rapport aux bovins a augmenté lors des dernières décennies, le changement climatique étant un facteur explicatif probable. Il a notamment été argumenté qu'une stratégie de remplacement des cheptels bovins par des chèvres et des camélidés pourrait aider à sécuriser la production laitière et soutenir la résilience de la production laitière de l'Afrique subsaharienne face au changement climatique (Rahimi *et al.* 2022). A l'échelle intraspécifique, il est plus difficile d'évaluer les impacts du changement climatique, même si on peut supposer que les races les plus sensibles ou celles élevées dans les régions les plus affectées seront plus susceptibles d'en subir les conséquences.

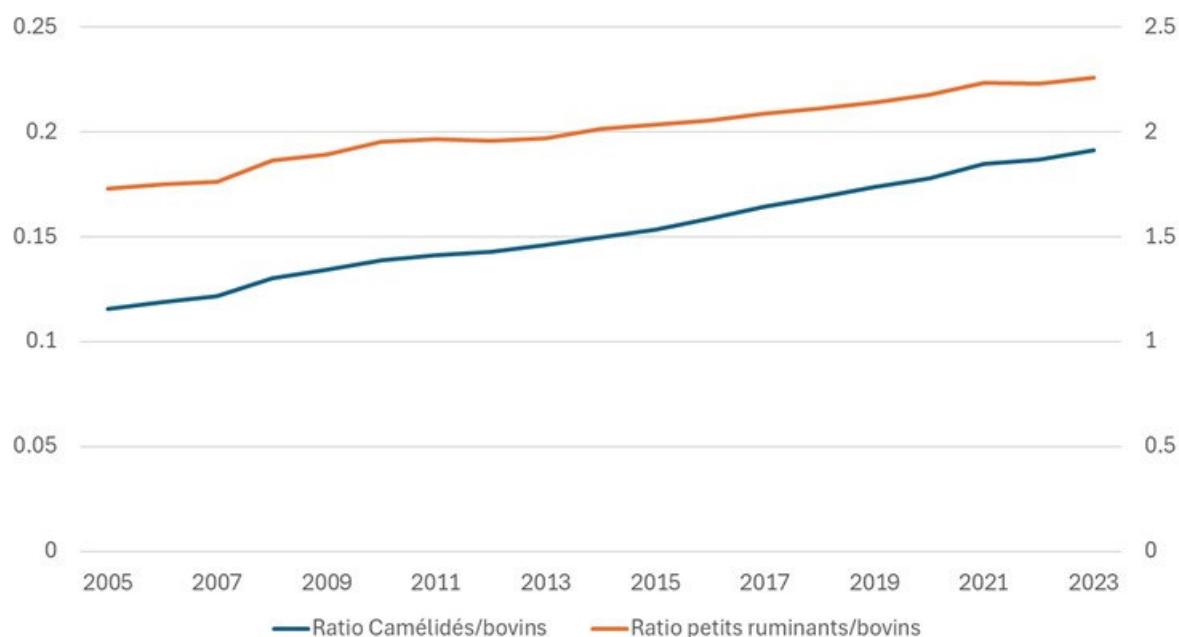


Figure 4. Evolution du ratio camélidés/bovins (axe de gauche) et du ratio petits ruminants/bovins dans les pays d'Afrique centrale entre 2005 et 2023. Source : FAO (2025b).

D'autres facteurs doivent évidemment être pris en compte pour comprendre la situation actuelle et la manière dont celle-ci est susceptible d'évoluer. Ainsi, l'évolution des capacités, notamment dans le domaine de technologie de la reproduction, a probablement contribué à la collecte de matériel cryoconservé pour un nombre croissant de races. La révolution génomique a permis dans certaines races de bovins laitiers de doubler le progrès génétique (Wientjes *et al.* 2022). Celle-ci a cependant plus bénéficié aux races internationales intensivement sélectionnées qu'aux populations localement adaptées, du fait de la contrainte que constitue la limitation des effectifs pour établir une évaluation génomique fiable (Schöpke & Swalve 2016). L'écart de performance croissant a probablement contribué à l'introgession croissante des races dites « exotiques » au sein des cheptels locaux dans les régions en développement. De plus, quoi que la sélection génomique permette en

théorie une sélection avec des impacts limités sur la variabilité génétique, en pratique, la mise en place de celle-ci s'est souvent traduite par un accroissement supplémentaire de la consanguinité au sein des populations ciblées (Makanjuola *et al.* 2020). D'autres technologies, par exemple l'ingénierie génomique, par des changements précis et ponctuels dans le génome, ont permis par exemple de développer des lignées porcines résistantes au syndrome dysgénésique et respiratoire porcin (SDRP) (Whitworth *et al.* 2022). Si l'on ne peut nier l'intérêt potentiel de ces technologies, notamment pour répondre aux enjeux que pose le risque croissant d'émergence de nouvelles zoonoses, elles n'en continuent pas moins à poser des interrogations d'ordre éthique, tout comme le fait qu'ils aient probable que les races déjà fortement sélectionnées seront aussi les plus à même d'en bénéficier.

Conclusion

Vingt ans après l'adoption du plan d'action mondial pour les ressources zoogénétiques, que peut-on dire de ses conséquences ? Il semble exister une véritable conscience de l'importance de l'enjeu d'une gestion durable des espèces et races domestiques, au moins à l'échelle des organisations internationales. Cependant si des progrès significatifs semblent avoir été notés depuis 2012, au cours des dernières années cette prise de conscience peine à se traduire en actions concrètes

au niveau des pays, plus particulièrement dans les régions en développement. A titre d'exemple, le fait que pour une majorité de races dans le monde, les statuts de risque démographique ou de cryoconservation restent soit inconnu, soit à risque ou sans matériel collecté, respectivement, montrent que nous sommes encore loin de maintenir la diversité génétique des animaux d'élevage et domestiques, et d'atteindre les cibles correspondantes pour les indicateurs 2.5.1b et 2.5.2

des objectifs de développement durable. Le moindre financement rapporté lors du dernier processus de collection des rapports nationaux pourrait constituer un élément d'explication, en tout cas vis-à-vis des évolutions les plus récentes.

Les évolutions récentes des facteurs économiques, technologiques, sociétaux et environnementaux ne semblent pas avoir eu d'impact massif sur les tendances observées au cours des dernières décennies. Rien ne garantit que la multiplication

des crises sanitaires, climatiques et géostratégiques observées depuis le début de la décennie, et notamment depuis 2025, ne constitue pas un point de basculement pour les risques encourus par les ressources zoogénétiques, alors même que les possibilités d'adaptation portées par ces dernières constituent une des clés de la résilience à ces crises. Plus que jamais cette prise de conscience des acteurs et décideurs sur l'importance de la diversité domestique apparaît nécessaire.

Avertissement

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

Références

- ERFP (2022) European Strategy for Animal Genetic Resources, European Regional Focal Point for Animal Genetic Resources. https://www.animalgeneticresources.net/wp-content/uploads/2018/01/Final_AnGR-Strategy-022022.pdf
- FAO (2007a) The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, edited by Barbara Rischkowsky & Dafydd Pilling, FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6cf89cba-b139-4566-be0f-ce57ace4f888/content>
- FAO (2007b) Global plan of action for animal genetic resources and the Interlaken Declaration. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/88062e21-b652-4c9d-bfdd-9090148430e8/content>
- FAO (2010) Status and trends of animal genetic resources - 2010, Intergovernmental Technical Working Group on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dbf17205-6cd4-4016-809d-f4b5decce213/content>
- FAO (2012) Cryoconservation of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 12. FAO, Rome. <https://www.fao.org/4/i3017e/i3017e00.pdf>
- FAO (2013) In vivo conservation of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines. No. 14. FAO, Rome. <https://www.fao.org/4/i3327e/i3327e.pdf>
- FAO (2015) The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, edited by B.D. Scherf & D. Pilling, FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/cb3cd3d4-1c97-49e9-b9e6-c6344ad121c4/content>
- FAO (2024a) Status and trends of animal genetic resources - 2024, Intergovernmental Technical Working Group on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/items/3cb73b66-98e0-4bb4-a110-4eaaa1b3c719>
- FAO (2024b) Synthesis progress report on the Implementation of the Global Plan of Action for Animal Genetic Resources – 2024, Intergovernmental Technical Working Group on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/items/62b5a9dd-6aa7-4358-84be-23dea9cdfbbe>
- FAO (2025a) DAD-IS. FAO, Rome. <https://www.fao.org/dad-is/data/en/> (consulté le 13/02/25)
- FAO (2025b) FAOSTAT. FAO, Rome. <https://www.fao.org/faostat/> (consulté le 13/02/25)
- Haile A., Getachew T., Rekik M., Abebe A., Abate Z., Jimma A., ..., Rischkowsky B. (2023) How to succeed in implementing community-based breeding programs: Lessons from the field in Eastern and Southern Africa. *Frontiers in Genetics* 14, 1119024.
- Leroy G., Boettcher P., Besbes B., Peña C.R., Jaffrezic F., Baumung R. (2020) Food securers or invasive aliens? Trends and consequences of non-native livestock introgression in developing countries. *Global food security* 26, 100420.
- Makanjuola B.O., Miglior F., Abdalla E.A., Maltecca C., Schenkel F.S., Baes C.F. (2020) Effect of genomic selection on rate of inbreeding and coancestry and effective population size of Holstein and Jersey cattle populations. *Journal of dairy science* 103, 5183-5199.
- Rahimi J., Fillol E., Mutua J.Y., Cinardi G., Robinson T.P., Notenbaert A.M., ..., Butterbach-Bahl K. (2022) A shift from cattle to camel and goat farming can sustain milk production with lower inputs and emissions in north sub-Saharan Africa's drylands. *Nature Food* 3, 523-531.
- Schöpke K., Swalve H.H. (2016) Opportunities and challenges for small populations of dairy cattle in the era of genomics. *Animal* 10, 1050-1060.

- Wientjes Y.C., Bijma P., Calus M.P., Zwaan B.J., Vitezica Z.G., Van den Heuvel J. (2022) The long-term effects of genomic selection: 1. Response to selection, additive genetic variance, and genetic architecture. *Genetics Selection Evolution* 54, 19.
- Whitworth K.M., Green J.A., Redel B.K., Geisert R.D., Lee K., Telugu B.P., Wells K.D., Prather R.S. (2022) Improvements in pig agriculture through gene editing. *CABI Agriculture and Bioscience* 3, <https://doi.org/10.1186/s43170-022-00111-9>



Ressources génétiques du Kenya, dans le Comté de Turkana : dromadaires et ânes. Photos Grégoire Leroy.