

The importance of Genetic Variation and Modeling to Cope with Climate Change Effects on Genetic Resources for Food and Agriculture

Bibliographic review

L'importance de la variation génétique et de la modélisation pour faire face aux effets du changement climatique sur les ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture

Revue bibliographique

DJEMALI, M., A. HAMROUNI, I. BEN ABDALLAH, N. ALBAKRI, I. DHOUDI

Laboratoire des Ressources Génétiques Animales et Alimentaires-INATn Université de Carthage, 43 Av. Charles Nicole 1080 Mahrajène Tunis

*Corresponding author: mdjemal@webmails.com

Abstract – Climate extremes are disastrous circumstances to animal and plant genetic resources. Traditional knowledge and scientific breakthroughs enabled the world to cope with nature between these climate extremes using a variety of genetic resources under different production systems to provide food for a growing population of more than 7 billion. Soil and water management and conservation are essential in sustainable agriculture but the secret of coping with climate change resides in the genes and mainly in their variation. The overall objective of this paper was to describe how genetic variation and modelling could be potential key elements in dealing with climate changes in agriculture. “Climate action” is the 13th of the 17 SDGs of the United Nations 2030-Agenda. The first Earth Summit (1992) showed that human actions were dismantling the Earth’s ecosystems, eliminating genes at an alarming rate. Global warming was in 2017, plus 1 degree Celsius above the level of the preindustrial era and it is expected to grow. This reality should encourage breeders to include adaptation traits in future selection programs. The dominant genetic resources for food and agriculture in the world, however, are those produced by developed countries under optimum production systems mainly for high yields. Low yields of genetic resources native to the majority of developing countries were a major constraint for not selecting them. This was enhanced by the lack of skills and funding. Since 1898 the actual INAT and since 1932 the actual INRAT were pioneers in exploring and valuing the genetic diversity of cereals in Tunisia through breeding. More than 100 cereal varieties coping with Tunisia varying environments have been selected. When I left the National Gene Bank in 2012, it was the richest reservoir of autochthonous genetic diversity with 38000 plant accessions including 5000 repatriated from foreign gene banks. The Black Thibar sheep Breed was a wise matching of the genotype with its environment. Specific adaptation traits like heat tolerance and disease resistance are found in native unselected genetic resources. Some of them are lost forever and the remaining are being threatened by genetic erosion and anarchic crossings. National authorities and the world community should be aware that one of future tools to cope with climate changes reside in the genomes of these low input genetic resources. They already have genes allowing them to stand high temperatures, survive under the scarcity of water and feed resources. Modelling and breeding schemes are needed to enhance their productivities and better respond to climate change while reducing gas emissions. This paper shows the importance of animal genetic resources as a biological tool to cope with climate change and examines whether national priorities to mitigate the negative effects of climate change have considered this option.

Keywords: Climate, Genes, Production system, Gas emission, SDGs

Résumé- Les extrêmes climatiques sont des circonstances désastreuses pour les ressources génétiques animales et végétales. Les connaissances traditionnelles et les percées scientifiques ont permis au monde de faire face à la nature entre ces extrêmes climatiques en utilisant une variété de ressources génétiques sous différents systèmes de production pour fournir de la nourriture à une population croissante de plus de 7 milliards de personnes. La gestion et la conservation des sols et de l'eau sont essentielles dans l'agriculture durable, mais le secret pour faire face au changement climatique réside dans les gènes et principalement dans

leur variation. L'objectif général de cet article était de décrire comment la variation génétique et la modélisation pourraient être des éléments clés potentiels pour faire face aux changements climatiques dans l'agriculture. « L'action pour le climat » est le 13^e des 17 ODD de l'Agenda 2030 des Nations Unies. Le premier Sommet de la Terre (1992) a montré que les actions humaines démantelaient les écosystèmes de la Terre, éliminant les gènes à un rythme alarmant. Le réchauffement climatique en 2017 était plus 1 degré Celsius au-dessus du niveau de l'ère préindustrielle et il devrait augmenter. Cette réalité devrait inciter les sélectionneurs à inclure des caractères d'adaptation dans les futurs programmes de sélection. Cependant, les ressources génétiques dominantes pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde sont celles produites par les pays développés dans des systèmes de production optimaux, principalement pour des rendements élevés. Les faibles rendements des ressources génétiques, originaires de la majorité des pays en développement, constituaient une contrainte majeure pour ne pas les sélectionner. Cela a été renforcé par le manque de compétences et de financement. Depuis 1898, l'INAT actuel et depuis 1932 l'INRAT actuel ont été des pionniers dans l'exploration et la valorisation de la diversité génétique des céréales en Tunisie à travers la sélection. Plus de 100 variétés de céréales adaptées aux différents environnements tunisiens ont été sélectionnées. Lorsque j'ai quitté la Banque nationale de gènes en 2012, c'était le plus riche réservoir de diversité génétique autochtone dans le pays avec 38000 accessions végétales dont 5000 rapatriées de banques de gènes étrangères. La race de mouton Noir de Thibar était un sage appariement du génotype avec son environnement. Des traits d'adaptation spécifiques tels que la tolérance à la chaleur et la résistance aux maladies se retrouvent dans les ressources génétiques indigènes non sélectionnées. Certains d'entre eux sont perdus à jamais et les autres sont menacés par l'érosion génétique et les croisements anarchiques. Les autorités nationales et la communauté mondiale doit être consciente que l'un des futurs outils pour faire face aux changements climatiques réside dans les génomes de ces ressources génétiques à faibles intrants. Ils possèdent déjà des gènes leur permettant de supporter des températures élevées, de survivre dans la pénurie d'eau et des ressources alimentaires. Des schémas de modélisation et de sélection sont nécessaires pour améliorer leurs productivités et leurs permettre de répondre biologiquement aux aléas climatiques tout en réduisant l'émission des gaz à effet de serre. Ce papier montre l'importance des ressources génétiques animales en tant qu'outil biologique pour faire face aux changements climatiques et examine si les priorités nationales pour atténuer les effets négatifs des changements climatiques ont pris en considération cette option.

Mots clés : Climat, gènes, système de production, émissions de gaz, ODD

1. Introduction

Les Ressources Génétiques Animales Autochtones (RGAA) qui n'ont subi que la sélection naturelle dans leur vie sont connues, partout dans le monde, par leur capacité d'adaptation à leurs environnements où elles évoluent pendant des dizaines de décennies et plus (FAOa, 2007, FAOb, 2015). Cette adaptation est souvent liée à leur diversité et variabilité génétiques. C'est pour ces raisons que les Nations Unies ont mis des stratégies mondiales depuis 1992 (date de la Convention Mondiale de la Diversité Biologique-CDB) (2020) pour une meilleure conservation et une utilisation durable des Ressources Génétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture. Ces stratégies, comme celle des RGA, ont reposé sur des structures régionales et nationales avec des mécanismes opérationnels (FAOa, 2007, FAOb, 2015). Les trois objectifs principaux visés par ladite convention concernaient 1) la conservation de la biodiversité, 2) l'utilisation durable des Ressources génétiques et 3) le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques, notamment grâce à un accès satisfaisant aux ressources génétiques et à un transfert approprié des techniques pertinentes, compte tenu de tous les droits sur ces ressources et aux techniques, et grâce à un financement adéquat. Ce dernier objectif a fait l'objet du protocole de Nagoya signé en 2010 et entré en application en 2014. C'est dans ce cadre que tous les pays du monde et en particulier ceux des pays en voie de développement ont bien espéré voir des retombées positives de la convention signée et voir leurs ressources génétiques inventoriées, caractérisées, évaluées et valorisées et conservées pour celles qui ne sont plus utilisées par les agriculteurs ou menacées d'extinction. Après presque 30 ans d'efforts et de mobilisation des ressources financières et humaines, le bilan est peut-être positif pour les pays développés qui ont dominé les négociations dans ce cadre en leur faveur mais plutôt maigre si ce n'est pas négatif au niveau de la majorité des pays en voie de développement. En ce qui concerne les Ressources Génétiques Animales, l'animal a été considéré depuis 1995 en tant que ressource génétique au mieux pied d'égalité que le végétal. La Commission de la FAO des Ressources Phytogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture (créée en 1983) a changé de nom pour être la Commission des Ressources Génétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture en 1995. Des rapports mondiaux sur l'état des Ressources génétiques dans le monde ont été élaborés ainsi que des guides techniques relatifs à la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques ont été développés. Une

base de données est meublée d'informations générées des différents pays souvent non validées (DAD-IS). Cependant, sur le terrain et au niveau des éleveurs peu d'indicateurs de performances sont enregistrés. Le gap est devenu grand entre les pays développés et ceux en voie de développement dans le domaine des RGA. Depuis 2010, malheureusement la FAO a changé d'équipe des RGA qui s'est déconnecté de la réalité du monde en voie de développement et s'est fiée uniquement aux conseils des représentants des pays développés. Aujourd'hui, la composant « utilisation durable » des RGA est oubliée et l'effort est mis uniquement sur la conservation *Ex-Situ* et la base de données DAD-IS. Il suffit de voir les ODD relatifs aux EGA et dont la FAO est responsable. Il s'agit de l'ODD 2 (2.5.1a conservation des ressources phylogénétiques et 2.5.1b conservation des RGA, 2.5.2 Accès aux RGA et l'évaluation du risque d'extinction). Cet état des lieux montre combien il est urgent de revenir aux pays et aux régions et créer des écosystèmes capables d'avoir un poids dans l'avenir pour se repositionner en tant acteurs dans le domaine des RGA. La Tunisie pourrait être citée comme un exemple à examiner. Sa Banque Nationale de Gènes abritant sous le même toit les ressources génétiques, éléments de la biodiversité, sa Commission National des RGA, les modules de biodiversité animale enseignés dans ses universités témoignent de sa prise de conscience de l'importance de la biodiversité pour sécuriser l'aliment et faire face aux changements du climat et du marché.

Il devient indispensable de placer les RGA dans le cœur des orientations futures de l'agriculture et de l'élevage en développant des programmes de sélection durables et cohérents. La Banque Nationale de Gènes est appelée à développer et réaliser des programmes de conservation *In-Situ* et *Ex-Situ* pour les écotypes rares et menacés. Cette démarche constitue une solution à préconiser pour lutter contre les effets des changements climatiques et la diminution des gaz à effets de serre.

« Le secteur agricole – qui comprend l'agriculture proprement dite, l'élevage, la foresterie, les pêches et l'aquaculture – doit s'adapter à l'évolution du climat. Il est essentiel de renforcer la résilience des systèmes de production alimentaire pour nourrir une population qui s'accroît. Pour toutes ces raisons, la lutte contre le changement climatique doit faire partie intégrante du programme de développement général. » <http://www.fao.org/climate-change/fr/>

2. Réduction des émissions de gaz par la valorisation de la variabilité génétique et la modélisation

Les émissions des gaz à effet de serre en agriculture proviennent des opérations de production et de transformation d'un côté et le méthane suite à la digestion, fonction physiologique, des ruminants (FAO, 2019). Les estimations des gaz à effet de serre relative aux chaînes de valeur en élevage ne représentent que 14,5% de la totalité des gaz émis à effets de serre. D'un total de 7607 million d'Equivalent CO₂, les petits ruminants sont les moins polluants (7%). Par niveau de pollution décroissant, les bovins à viande viennent en premier, puis les bovins laitiers, les porcs, les buffles, les poules, les petits ruminants suivis par les autres types avicoles (FAO, 2019). Il est certain que plusieurs modèles d'étude de l'effet des changements climatiques ont été réalisées et continuent à être menées, mais pour le cas de la Tunisie, les régions du Nord, du centre et du Sud ne se comporteront pas de la même manière vis-à-vis des extrêmes climatiques (Sécheresse/Inondations). Ces trois régions ont des caractéristiques naturelles et socio-économiques différentes : « Les résultats des projections climatiques montrent que les deux régions du centre et du sud connaîtront les situations climatiques les plus stressantes pour leurs écosystèmes et leurs agricultures : variations de température et de précipitations de plus en plus défavorables selon le gradient nord-sud, fréquence accrue des sécheresses par rapport à la période de référence » (M. R. Desjardins, 2010). En ce qui concerne l'élevage, la même étude prévoit qu'après plusieurs années de sécheresse, le cheptel connaîtra une baisse d'effectifs pouvant atteindre 80% au sud et au centre et 20% au nord. La hausse de rendement attendue les années favorable sera de 10%. Des méthodes d'amélioration des pratiques de l'élevage sont appelées à être vulgarisées pour

3. Réduire la proportion improductive du troupeau

Il est certain que la population animale est dynamique et non statique. Chaque année, il y'a des animaux qui disparaissent et de nouveaux jeunes qui viennent les remplacer. Ceci est aussi vrai pour les troupeaux des espèces domestiques. Ce phénomène biologique a été bien compris par les pays développés qui ont pris la génétique comme moyen scientifique et technologique pour améliorer la productivité de leurs cheptels aux moindres coûts en exploitant la variabilité phénotypique et génétique dans chaque milieu d'élevage donné. Le résultat est aujourd'hui spectaculaire dans l'amélioration des performances par unité de production tout en éliminant les individus moins productifs. Ce travail a démarré depuis les années 30 et il se poursuit jusqu'à nos jours. Le cas le plus frappant est celui de la race Holstein aux USA. Dans les années 40, les Américains du Nord (USA) avaient 25 millions de vaches, aujourd'hui, ils ont moins de 9 millions de vaches avec plus de production laitière que celle des 25 millions toutes réunies. Ils ont commencé à sélectionner sur les rendements laitiers et de matière grasse en utilisant des méthodes élémentaires. Chaque rendement d'une

vache donnée est comparé à celui de la moyenne du troupeau. Aujourd'hui, avec l'évolution de la génétique et de l'informatique, chaque vache est évaluée sur 39 caractères combinés et pondérés selon leur importance économique. Ces caractères couvrent ceux la production, l'alimentation, la reproduction, la santé, la morphologie et la qualité. Jusqu'à 1995 des méthodes d'évaluation génétiques étaient basées sur le pedigree et les performances et zéro variant génomique. En 2003, un total de 377 marqueurs « RFLP » utilisé, en 2008 des puces de 50 000 « SNP », en 2010 des puces de 777 000 « SNP » et en 2015 les séquences du génome en entier sont utilisées. L'évaluation génomique repose aujourd'hui sur :

1. L'ADN de plusieurs animaux
2. Le génotype de plusieurs variantes par animal
3. Les performances (phénotypes) de plusieurs animaux
4. Contrôle qualitatif des données utilisées
5. Des méthodes statistiques pour convertir des données en prédiction
6. Des Associations d'éleveurs de race convaincus
7. Des investissements pour collecter les données

En réalisant ces conditions, le pays aura besoin de moins d'animaux peu productifs, moins d'intrants, moins d'éjections, moins d'émissions de gaz pour le même niveau de production avec des animaux sélectionnés et bien adaptés à leur milieu d'élevage.

4. Bonnes pratiques d'élevage liées à l'animal

4.1. Effet du mois de vêlage sur la production laitière des vaches de race Holstein en Tunisie

Le mois de vêlage a été signalé comme une source importante de variation par de nombreux auteurs (Djemali et al., 1992 ; Rekić & Gara, 2004 ; Macciotta et al., 2006 ; Boujenane et Hilal, 2012). Le tableau (1), extraite d'une thèse en cours avec une publication en cours (Bakri ; N. H ; et al, 2021) montre les différences de production de lait entre une vache qui vêle en Décembre (pris comme base de comparaison. Ces chiffres indiquent, à titre d'exemple, qu'il y a un total de 484 kg de lait en moins si une vache met bas en août par rapport à sa production de lait si la même vache vêlait en décembre dans les conditions environnementales tunisiennes. Plus de 50% des vaches de cette étude ont vêlé à une saison favorable (automne et hiver) leur permettant de produire plus de lait pendant toute leur lactation. L'automne et le début de l'hiver ont été identifiés comme étant les meilleurs mois de vêlage en Tunisie, suivis des mois de printemps, les mois d'été étant les mois les moins favorables au vêlage pour produire plus de lait pendant toute la lactation (Djemali & Berger, 1992).

Tableau 1. Production de lait selon le mois de vêlage (Différence par rapport à la moyenne de production des vaches qui vêlent en Décembre

Mois de vêlage	% vaches	Différence (kg)/r à 6607 kg, moyenne de production de lait de Décembre
1	11.04	26
2	7.43	-157
3	6.66	-241
4	4.68	-186
5	4.02	-264
6	5.32	-331
7	8.05	-398
8	9.73	-484
9	10.20	-391
10	11.54	-256
11	10.61	-60
12	10.72	0

Les résultats de la même étude ont montré que les producteurs laitiers ont réussi à augmenter la fréquence de vêlage des vaches à l'automne et au début de l'hiver. Cependant, les vaches qui continuent à vêler en été représentent encore 23%. Le tableau (3) montre l'existence de trois saisons principales pour les vaches Holstein dans les conditions environnementales tunisiennes. La première saison couvre les mois de septembre à janvier (automne et début hiver) suivie du printemps (février à mai) puis de l'été. C'est un parfait exemple qui montre l'efficacité de la modélisation à caractériser les performances de l'animal dans son milieu, quel que soit son milieu et optimiser par conséquent les effets du climat.

4.2. Age d'agnelage

La biologie de la brebis montre que son âge influence d'une manière significative le poids de ses agneaux ainsi leurs gains de poids (Djemali et al., 1994)). Une étude en cours (thèse de doctorat, Ikhlas Daouadi) a montré que la brebis de race Noir de Thibar atteint son maximum de production de viande évaluée par le

poids de ses agneaux entre l'âge de 4 et 5 ans (figure 1). Cette réalité biologique est retrouvée aussi chez la race Barbarine (Ben Abdallah, 2019.....) et autres.

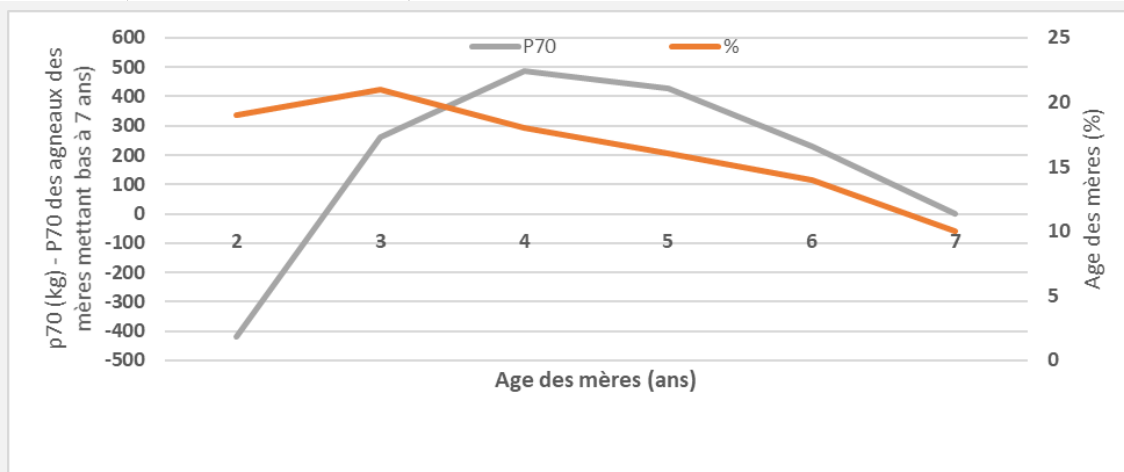


Figure 1. Effet de l'âge de la brebis Noir de Thibar à la mise basse sur le poids de ses agneaux à 70 jours

Cependant, en examinant les pratiques de l'élevage actuels on constate qu'une bonne proportion (40 %) des brebis est entre (2 et 3 ans). Les éleveurs de la race Noir de Thibar ont intérêt à l'augmenter la fréquence des brebis mettant bas dans la zone d'âge favorable à produire plus d'agneaux, c'est-à-dire entre 4 et 5 ans. Ceci est un bon exemple de chercher l'adéquation entre l'animal et son milieu pour optimiser les productions.

4.3. Le modèle Animal

Les méthodes d'évaluation génétique des animaux d'élevage ont évolué depuis les années 30, démarrage de l'Ecole de Jay Lush, père de la génétique animale aux USA. Les méthodes BLUP de prédiction des valeurs génétiques des animaux d'élevage développées par C.R. Henderson depuis 1953 continuent à être utilisées et enrichies par les informations générées par le séquençage du génome complet de l'animal (Djemali, 2017). Ces méthodes valorisent les différences des performances des animaux élevés dans les mêmes conditions d'élevage. Ces différences au niveau des performances affichent souvent une distribution normale connue par la distribution en cloche. Cette distribution illustre bien le phénomène biologique expliquant que les animaux de la même race et élevée dans les mêmes conditions ne performant de la même manière et par conséquent réagissent différemment aux conditions climatiques. Ce sont toujours les animaux qui ont une meilleure productivité qui s'avèrent les plus adaptés. Certes, ces différences sont dues à des sources de variation de conduite, non génétiques comme le cas de l'âge de la mère à la mise bas ou le mois de vêlage pour les vaches laitières déjà décrit, mais aussi à l'effet de leurs gènes décrit par « la valeur génétique ou Breeding Value ». La variabilité phénotypique est souvent plus large que celle des valeurs génétiques comme elle est illustrée pour le poids des agneaux de race Noire de Thibar à 70 jour (figure 2) et leurs valeurs génétiques respectifs (Figure 3).

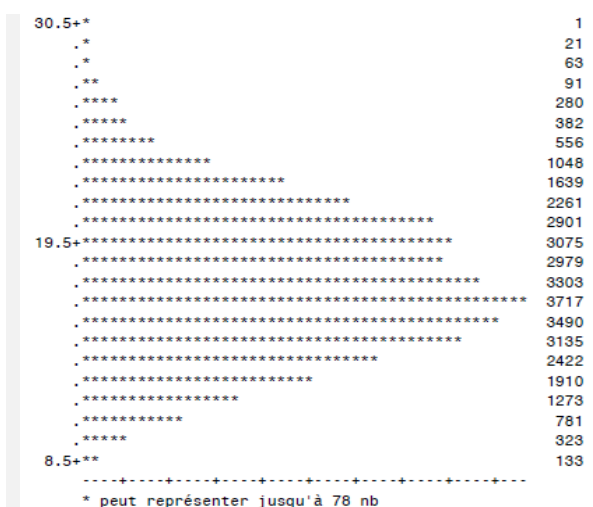


Figure 2. Distribution des Poids à 70j des agneaux des race Noire de Thibar

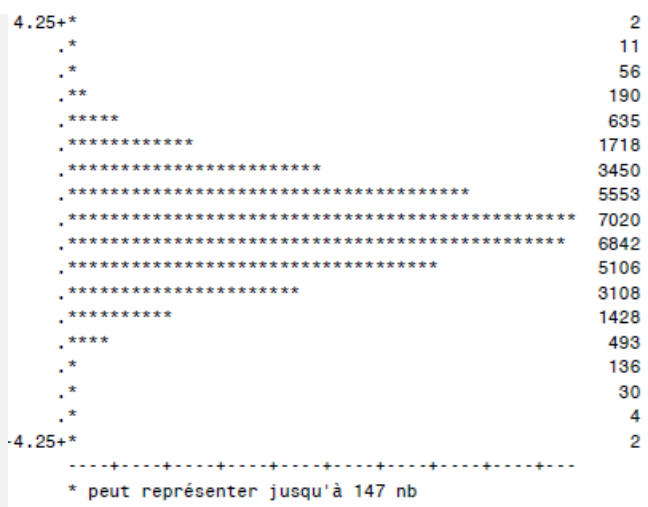


Figure 3. Distribution des Valeurs Génétiques pour le Poids à 70j des agneaux des race Noire de Thibar

La figure (2) montre les valeurs génétiques du poids 70j des agneaux suivent une distribution normale, allant de -4.10 kg à + 4.18 kg avec une variation type de presque 1 kg. Les agneaux moyens voient leur valeur génétique approximative nulle. Ce phénomène apparait aussi pour les performances corrigées pour le sexe-mode et l'âge de la mère. Leur distribution reste de forme normale mais avec plus de variation. C'est une distribution autour une moyenne de 16.9 kg et une variation type de 3.73 kg.

Les deux distributions phénotypique et génétique montrent que les animaux réagissent différemment aux conditions de milieu et par conséquent aux changements climatiques. D'où l'importance de l'évaluation génétique des animaux pour repérer ceux qui sont les plus productifs et favoriser leur reproduction en accouplant les meilleurs mâles avec les meilleures femelles tout en réformant les moins productifs.

4.4. Le modèle GLEAM

Le modèle « Global Livestock Environmental Assessment Model-GLEAM est un modèle qui tient compte des impacts des filières animales sur l'environnement et de l'utilisation des ressources naturelles.

« Le Global Livestock Environmental Assessment Model est un modèle basé sur le SIG qui simule les processus et les activités bio-physiques le long des filières d'élevage selon une approche d'analyse en cycle de vie (ACV).

Le but de GLEAM est quantifier la production et l'utilisation de ressources naturelles de l'élevage, et d'identifier ses impacts environnementaux afin de contribuer à l'évaluation de scénarios d'adaptation et d'atténuation pour améliorer la durabilité du secteur. » <http://www.fao.org/gleam/fr/>

5. Conclusions

Il est temps à ce que les pays en voie de développement y compris la Tunisie prennent conscience de l'importance de leur riche réservoir génétique des animaux d'élevage autochtones. Ces derniers sont bien adaptés et disposent d'une grande résilience au changement climatique et aux aléas environnementaux. Ils ont besoin d'une stratégie qui met en valeur leurs atouts d'adaptation en les consolidant par des objectifs de sélection tenant compte de leurs performances. Avec l'arrivée de la génomique, plusieurs caractères liés à la production, la reproduction, la santé, l'alimentation et la qualité des produits pourraient être inclus dans un Index économique global.

Références

- Boujenane I., Hilal B. 2012.** Genetic and non genetic effects for lactation curve traits in Holstein-Friesian cows. *Archiv Tierzucht/ Archives Animal Breeding* 55(5): 450-457.
- Ben Abdallah I., 2019.** Evaluation du progrès génétique dans les troupeaux ovins de race Barbarine inscrits au programme national du contrôle des performances et proposition de voies d'amélioration du schéma de sélection des reproducteurs. Thèse de doctorat. INAT.
- Convention sur la diversité biologique., 2020.** <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-fr-web.pdf>
- Djemali M., 2017.** Génétique Animale. Première édition. IME. 164 p. ISBN. 978-9938-00256-0.
- Djemali, M., R. Aloulou, M. Ben Sassi., 1994.** Adjustment factors and genetic and phenotypic parameters for growth traits of Barbarine lambs in Tunisia. *Small Research Journal*, Vol. 13, Issue 1. pp 41-47.
- Djemali and Berger., 1992.** Yield and reproduction characteristics of Friesian cattle under North African conditions. *J Dairy Sci* 75: 3568-3575
- F.A.O., 2019.** Agriculture et gaz à effet de serre. Etat des lieux et perspectives. pp 22-23. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/012/43012127.pdf
- FAO., 2021.** Génétique animale. Politique mondiale. Une Politique Mondiale pour les Ressources Zoogénétiques. <http://www.fao.org/animal-genetics/global-policy/fr/>
- FAO 2007a.** <http://www.fao.org/3/a1260e/a1260e.pdf>
- FAO 2015.** <http://www.fao.org/publications/sowangr/en/>
- I. Ben Abdallah, A. Hamrouni, Djemali M. 2017.** Estimation of Genetic Parameters and Adjustment Factors for Growth Characters of Barbarine High Lambs in Low Input Production Systems. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 50(4), 3042-3047
- Macciotta, N.P.P., D.Vicario and A.Cappio-Borlino. 2006.** Use of multivariate analysis to extract latent variables related to level of production and lactation persistency in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:3188-3194.
- M. R. Desjardins., 2010.** Impact des changements climatiques sur l'agriculture au Maroc et en Tunisie et priorités d'adaptation. CIHEAM- IAM. Montpellier. Les notes d'analyse de CIHEAM. N°56 p10.
- Nations Unies., 2018.** Rapport final (livrable3). Evaluation à mi-parcours de l'UNDAF (Tunisie) 2015-2020. Gouvernement Tunisien-système des nations unies.
- Rekik, B. and Ben Gara, A. 2004.** Factors Affecting the Occurrence of Atypical Lactations for Holstein-Friesian Cows. *Livestock Production Science*, 87, 245-250. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.09.023>