

Pourquoi et comment conserver la biodiversité d'élevage dans les pays en développement, illustration par le cas du Niger.

Issa HAMADOU^{1*}, Seyni SIDDO¹, Nassim MOULA^{2,4}, Moumouni ISSA³, Hamani MARICHATOU³, Pascal LEROY^{2,4}, Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX^{2,4}.

¹ Département des Productions Animales, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, BP : 429 Niamey, Niger

² Département des Productions animales, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Boulevard de Colonster, 20, bâtiment B43, 4000 Liège, Belgique

³ Département des Productions Animales, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP : 10960 Niamey, Niger

⁴ Institut Vétérinaire Tropical, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Boulevard de Colonster, 20, bâtiment B43, 4000 Liège, Belgique

Résumé

Les menaces pesant sur la biodiversité constituent une préoccupation mondiale qui a suscité un consensus autour de la nécessité de sa conservation. Ce consensus a abouti à l'adoption de plusieurs conventions internationales et plans nationaux. Plusieurs raisons président à cette prise de conscience dont, entre autres, les motifs écologiques, les motifs économiques et de subsistance, les motifs de lutte contre la pauvreté, les raisons socio-culturelles et l'application du principe de précaution. Ainsi, dans le cas particulier des ressources zoogénétiques domestiques, trois types de mesures de conservation peuvent être théoriquement mises en œuvre: la conservation *in situ*, *ex situ in vivo* et *ex situ in vitro*. Cependant, pour la bonne réussite d'un programme de conservation, sa stratégie doit se baser sur ces différents outils. L'exemple du Niger est exposé, fondant principalement son action sur une stratégie de centres d'élevage, i.e. *ex situ in vivo*. Ces mesures de conservation ont concerné les ovins, les caprins et les bovins. De cet exemple, il ressort que les actions les plus pérennes ont été enregistrées chez les bovins (zébu Azawak) et caprins (chèvre rousse de Maradi) et ont pour motif fondamental des considérations de production. Le programme d'élevage du taurin Kouri a également reçu une attention particulière compte tenu du statut emblématique de cette race dans la région du Lac Tchad. L'analyse de la situation du Niger montre finalement que l'analyse d'ensemble de l'état de la biodiversité animale en vue d'une priorisation des actions manque encore. Cette démarche rationnelle de conservation est nécessaire si la biodiversité est effectivement l'objet à protéger.

Mots clés: Biodiversité, Conservation, *ex situ*, *in situ*, Elevage, Niger, Ressources génétiques animales.

Date of Submission: 2-10-2020

Date of Acceptance: 16-10-2020

I. Introduction

La biodiversité mondiale comprend entre autres la diversité des animaux domestiques. Au total, 40 espèces animales majeures participent à la satisfaction des besoins de l'humanité [16]. La combinaison de la croissance démographique, de la hausse des revenus et de l'urbanisation a engendré une croissance des besoins mondiaux en produits d'origine animale [10]. La réponse à cette demande au cours du siècle dernier a été permise notamment par une sélection génétique poussée sur des caractères de productivité et une diffusion des races les plus productives, entraînant une perte de la variabilité génétique au sein des races et l'abandon progressif de races moins productives [52]. Ce phénomène s'est accentué du fait du développement de l'insémination artificielle et plus généralement par la facilitation du transfert de matériel génétique d'une région géographique à une autre. Ces transferts ont donné lieu à la pratique incontrôlée du croisement améliorateur et au remplacement progressif des stocks locaux par absorption [24]. Au cours des dernières décennies, cette diminution de la diversité des animaux de production a été amplifiée par l'évolution des exigences du marché et l'intensification de l'agriculture [34]. Le changement climatique présente également des impacts, directs et indirects, sur ces ressources zoogénétiques. Les impacts directs consistent en la mort des animaux par l'augmentation des catastrophes telles que les inondations, les sécheresses, et les épidémies faisant suite à ces perturbations environnementales. La survie de races locales à faibles effectifs peut en effet être grandement menacée par des événements produisant de fortes mortalités de manière localisée. Les impacts indirects font

référence à la diminution de la quantité et la qualité du fourrage et aux interactions entre l'animal hôte et l'agent pathogène [46].

Pour chaque espèce, le nombre de races que l'on peut rencontrer ne constitue qu'un des indicateurs de sa diversité [31]. En effet, une érosion existe également au sein des races locales et est devenue l'une des préoccupations principales des éleveurs [6]. Au-delà de ces éleveurs, le rythme alarmant de ce phénomène fait actuellement du maintien de la biodiversité l'un des plus importants problèmes de l'humanité [64]. Cette attention internationale est due à l'opportunité qu'offrent ces ressources génétiques dans la satisfaction des besoins actuels et futurs du marché pour l'alimentation, les matières premières, l'emploi, l'énergie et les loisirs [54]. Cette situation a été à la base de l'adoption d'une convention sur la diversité biologique à la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Sommet de la Terre) à Rio de Janeiro en 1992. Cette convention est renforcée par le protocole de Nagoya qui a été adopté par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique lors de sa dixième réunion, le 29 octobre 2010 à Nagoya, au Japon [7]. Ledit protocole prévoit l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation.

En plus du besoin de réduction de la dégradation des ressources génétiques animales, figurent parmi les objectifs de cette convention, l'établissement des programmes de conservation et d'utilisation durable de ces ressources [19]. Cependant, la conservation de la biodiversité ne signifie pas uniquement la conservation des espèces, elle englobe la nécessité de maintenir la diversité génétique dans l'habitat naturel des espèces et de leur potentiel évolutif pour répondre aux changements de plus en plus rapide de l'environnement [61]. Concernant le cas particulier des ressources zoogénétiques domestiques, un Plan d'action mondial pour ces ressources a été adopté en 2007 par 109 délégations de pays lors de la Conférence technique internationale sur les ressources zoogénétiques à Interlaken en Suisse. Ce plan constitue le premier cadre international, approuvé par les pays membres de la FAO, visant à promouvoir une gestion rationnelle des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture [15]. L'engagement pour la conservation des ressources zoogénétiques se justifie également par l'adoption de la Déclaration d'Interlaken sur les ressources zoogénétiques par les délégations citées ci-haut, à travers laquelle les pays ont confirmé leurs responsabilités collectives et individuelles en matière de conservation, d'utilisation durable et de mise en valeur des ressources zoogénétiques [12].

Le présent document est une synthèse sur la conservation de la biodiversité d'élevage et a pour objectif de documenter les efforts fournis par le Niger en la matière. Il s'articule autour de deux principaux points dont le premier traitera des raisons qui concourent au développement d'un programme de conservation de la biodiversité d'une manière générale, adoptant plus particulièrement le point de vue des pays en développement. Le deuxième point traitera quant à lui des différentes méthodes de conservation des ressources zoogénétiques. Finalement, ces différents développements seront exemplifiés par la présentation de programmes de conservation au Niger.

I. Pourquoi conserver la biodiversité?

La ratification de la Convention sur la diversité biologique [42] représente un consensus international pour préserver la diversité biologique, dont celle des animaux d'élevage et les ressources phylogénétiques. Le maintien de cette biodiversité est dès lors devenu l'un des plus importants problèmes de l'humanité, comme les espèces sauvages, les races domestiques sont en train de disparaître à un rythme alarmant, et un nombre important d'entre elles nécessite une intervention humaine pour garantir leur survie [64]. Ainsi, de nombreux motifs justifient la conservation de la biodiversité dont les motifs écologiques, socio-culturels ou encore économiques, de subsistance et de précaution.

I.1 Les motifs écologiques

Le principal argument écologique de la conservation de la biodiversité est que cette dernière est essentielle à l'équilibre des écosystèmes de la planète. L'évapotranspiration des forêts tropicales, le maintien de l'équilibre chimique de l'atmosphère, la fertilité des sols sont liés aux niveaux de la diversité [4]. En effet, l'ensemble de la vie sur terre forme un grand système, composé d'éléments interagissant entre eux. Ainsi, toutes les espèces animales et végétales font partie de divers écosystèmes dont la dégradation pose une barrière significative pour la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement, introduisant la notion de services environnementaux [38]. Chaque élément, sauvage ou domestique, représente donc un maillon indispensable de communautés complexes d'êtres vivants. Par ailleurs, toutes les espèces ne sont pas présentes partout. Elles forment donc localement des associations originales, les biocénoses, contribuant, en interaction avec les caractéristiques du milieu physique, à des écosystèmes ayant des propriétés spécifiques [3]. En matière d'animaux domestiques, le bovin Kouri, élevé sur les berges du lac Tchad et pâturant les terres immergées, constitue un exemple illustratif de telles spécificités hautement localisées [35].

Par un processus de coévolution, ces espèces entretiennent ainsi entre elles des relations multiples, qui les rendent souvent vitalement interdépendantes. De ce fait, la disparition de l'une d'entre elles entraîne une

simplification et une fragilisation de l'écosystème, voire la disparition d'espèces associées. Généralement, plus un écosystème est diversifié, plus il est productif et stable. Ainsi, selon Bernard (2005), l'analyse écologique montre souvent que « la biodiversité appelle la biodiversité ». Autrement dit, la richesse en espèces d'un groupe donné induit une richesse corrélative d'un groupe ayant des interactions écologiques avec lui. Cette richesse des espèces peut aussi être un moyen permettant à ces écosystèmes de survivre aux chocs extrêmes, notamment climatiques [4]. Enfin, selon Simianer (2005), d'un point de vue écologique, la diversité des espèces dans un écosystème est vue comme une barrière contre l'invasion écologique des espèces exotiques. La notion de productivité des écosystèmes naturels, mentionnée ci-dessus, appelle à penser le lien direct entre cette richesse environnementale et le bien-être humain, lui-même lié à la notion de services environnementaux, qui est l'expression utilitariste de la dépendance de l'homme à son environnement.

I.2 Les motifs économiques et de subsistance

Durant des générations, les produits et les services de la biodiversité ont durablement pris en charge le développement de l'espèce humaine [22], fournissant à l'homme de la nourriture, des habitations [67] et des vêtements, à travers le coton et les produits animaux comme la laine et les cuirs et peau [2]. La conservation des ressources zoogénétiques est tout aussi importante pour la sécurité alimentaire à long terme, par la production de protéines mais également par la fertilisation des sols [29].

D'une manière générale, le manque de mesures appropriées pour la conservation représente une grande inquiétude, d'autant plus que l'érosion génétique entrainera des pertes qui auront des impacts importants sur les fonctions socio-économiques futures des animaux d'élevage [13]. Fort heureusement, ces deux dernières décennies, la conservation de ces animaux a reçu une attention internationale du fait que ces derniers offrent une opportunité de satisfaire les besoins actuels et futurs du marché pour la nourriture dans des contextes de productions diversifiés et en évolution [54]. En général, ces ressources zoogénétiques sont vitales pour le développement économique de la majorité des pays dans le monde. Ainsi, dans les pays en développement, ils jouent un rôle important dans la subsistance de nombreuses communautés [47]. Concernant les ressources zoogénétiques, la différence entre la valeur marchande d'une race particulière et sa valeur économique totale pour son propriétaire peut être importante [50]. Cette valeur économique comporte notamment une valeur dite d'option, faisant référence à l'avantage tiré de la préservation des biens du fait de la simple conservation de la possibilité de leur usage ultérieur [59]. Pour une race donnée, cette valeur d'option augmente avec l'unicité de ses caractéristiques, c'est-à-dire la distance génétique avec les autres races et la rareté de ses caractères remarquables, de leur combinaison ou de la race elle-même [59]. Si cette dernière est adaptée localement, son utilisation peut être plus gratifiante et durable au sens macro-économique [57].

I.3. Les motifs de lutte contre la pauvreté

L'appauvrissement de la diversité biologique risque d'accroître la pauvreté et d'entraver le développement économique et humain [53], surtout dans les zones agricoles où les populations dépendent directement de la biodiversité pour leurs moyens de subsistance [58]. En général, toutes les communautés rurales pauvres dépendent de cette diversité biologique et des services fournis par les écosystèmes pour leur santé et leur nutrition [53]. La dégradation de ces services environnementaux nuit à ces communautés et est parfois la cause principale de la pauvreté [38]. En retour, le manque de moyens pour se procurer des produits de substitution rend ces pauvres particulièrement vulnérables à cette dégradation [53]. Pour Cruber (2011), la détérioration de l'écosystème conduit à une augmentation de la pauvreté. Ainsi, 70% de la population pauvre du monde vit dans des zones rurales et dépend directement de la biodiversité pour sa survie et son bien-être [53]. Par conséquent, la conservation et l'utilisation durable de cette diversité biologique créent des possibilités permettant d'atténuer la pauvreté et d'améliorer le bien-être humain [53]. La pauvreté croissante constitue l'un des plus grands dangers qui menacent ce bien-être et constitue également une réelle menace pour les générations actuelles et futures [53].

I.4. Les motifs socio-culturels

La détérioration de l'écosystème conduit à la dislocation et autres perturbations graves des sociétés [22]. Par ailleurs, les races animales domestiques sont liées à la diversité culturelle, avec un lien souvent direct entre les groupes ethniques ou sociaux et des races spécifiques [29]. De nombreux cas d'homonymie entre races animales domestiques et groupes ethniques humains en Afrique étayent cette proposition, comme par exemple le zébu Peul Bororo du Niger élevé par l'ethnie éponyme. Ces races sont le résultat d'un processus culturel et à ce titre doivent être considérées comme appartenant au patrimoine de l'humanité [57], patrimoine qui s'est constitué sur 10 à 12 000 ans, depuis le passage de l'humanité de la cueillette et la chasse à l'agriculture et l'élevage, ayant permis la sédentarisation, jusqu'à nos jours. Par conséquent, dans une localité donnée, les différentes espèces et différentes races rencontrées ont souvent acquis des fonctions socio-culturelles précises [58]. Parfois, les éleveurs traditionnels peuvent continuer à garder leurs races par sentiment d'obligation morale

et parce que les animaux sont considérés comme sacrés ou parce qu'ils fournissent certaines fonctions rituelles qui ne peuvent être facilement transférées à des animaux exotiques [14]. Les échanges sociaux de bétail à l'intérieur des familles, entre celles-ci ou entre communautés constituent aussi une fonction socio-culturelle souvent dévolue aux seules races locales. Ces échanges peuvent être les paiements liés à la dot et l'abattage pour les fêtes ou des cérémonies traditionnelles religieuses [47].

I.5. L'application du principe de précaution

La plus grande valeur de la biodiversité réside dans les opportunités qu'elle fournit à l'humanité pour s'adapter aux changements locaux et globaux, nous ramenant à la valeur d'option envisagée plus haut [64]. Une plus grande diversité biologique est une sorte d'assurance biologique car la valeur future des espèces vivantes est impossible à prévoir. C'est ce qu'indiquait le biologiste français Jean Rostand (1894-1977), invitant à « protéger l'inconnu pour des raisons inconnues » [60]. De cette façon, une ressource sans intérêt dans une situation peut être particulièrement utile dans des conditions alternatives [51]; [14] et l'appauvrissement de la diversité biologique entrainera inévitablement une réduction des choix de développement pour les générations futures. Beaucoup d'efforts de conservation des ressources génétiques sont motivés par le désir de préserver un pool génique diversifié pour un futur incertain [51]. Cette diversité génétique est par exemple importante pour la défense contre les agents pathogènes car l'uniformité génétique rend une population vulnérable aux maladies [28]. Les plantes et les animaux pourront ainsi s'adapter en permanence aux attaques et à l'évolution rapide des pathogènes [4]. Ainsi, des populations d'animaux génétiquement différentes fournissent un plus grand nombre d'opportunités pour vaincre les défis de l'avenir, qu'ils soient associés aux changements environnementaux, à la nouvelle connaissance des besoins nutritifs de l'homme, ou aux menaces de maladies émergentes [13]. Par conséquent, garder un grand nombre d'animaux génétiquement semblables facilite ainsi les flambées de ces maladies [15] et une telle population peut également souffrir d'une dépression génétique [66]. Concernant le réchauffement climatique, notons que, selon les projections, celui-ci aggraverait lui-même la perte de la biodiversité et augmenterait le risque d'extinction de nombreuses espèces, plus particulièrement ceux qui sont déjà à risque en raison de facteurs tels que les faibles effectifs et la réduction de l'habitat [38].

II. Comment conserver les ressources génétiques animales domestiques ?

La conservation des ressources zoogénétiques domestiques englobe toutes les activités humaines concernant les stratégies de gestion et des mesures prises pour veiller au maintien de leur diversité [47]. Ainsi, la conservation des races animales doit aller de pair avec la sécurisation et l'amélioration des moyens de subsistance des populations rurales [14]. Trois types de mesures de conservation peuvent théoriquement se mettre en œuvre: la conservation *in situ*, la conservation *ex situ in vivo* et la conservation *ex situ in vitro* [13]. La conservation *in situ* (dans le milieu d'élevage d'origine) atteint tous les objectifs de conservation. Elle est la meilleure manière de sauvegarde des populations, mais nécessite une modification en milieu réel des causes de son abandon et bien souvent le financement du manque à gagner pour les acteurs de terrain, lorsque les causes de l'abandon sont financières, c'est-à-dire lorsque l'abandon renvoie au compromis entre développement économique local et conservation de la biodiversité. Compte tenu de cette complexité opératoire et de son coût possiblement élevé, les stratégies de conservation *ex situ in vitro* sont souvent préférées, par la cryoconservation des gamètes et ovocytes fécondés, dans le but de régénérer une population particulière dans l'avenir [34]. Ainsi, selon Köhler-Rollefson (2005), un consensus existerait pour que la conservation *ex situ* reste un moyen de sauvegarde complémentaire à la conservation *in situ* et non la seule voie envisagée.

II.1. Les étapes de la mise en place d'un programme de conservation

II.1.1. Evaluation de la situation de référence et choix des races à conserver

La première étape de la mise en place d'un programme de conservation est l'identification des races ou populations à conserver. Il est donc nécessaire de définir la situation de référence pour l'ensemble des races ou populations candidates avant d'entreprendre tout programme de conservation [26]. Cette situation de référence consiste en premier lieu en une caractérisation, reprenant elle-même différentes phases que sont la caractérisation morphologique, biométrique, de la production (croissance, reproduction, lait, les œufs, fibres, traction) et des adaptations spécifiques (par exemple, des résistances aux pathologies). Les variantes morphologiques peuvent être associées à des gènes connus, comme la couleur de la robe [63]. Pour une caractérisation complète, il est nécessaire d'avoir des données sur la taille de la population, sa structure, sa répartition géographique, les environnements de production et la diversité génétique au sein de chaque race et entre elles [21]. En plus de ces caractéristiques, l'importance culturelle et l'unicité génétique de la race doivent être documentées [70], ainsi que les processus historiques qui ont généré cette diversité et les processus contemporains qui la maintiennent [61].

Selon Welsh et al. (2010), l'évaluation de la diversité génétique au sein d'une race constitue une nécessité pour sa conservation. La génétique moléculaire constitue à cet effet un outil très utilisé pour étudier

cette diversité génétique chez les espèces domestiques [71]. Parmi les outils à disposition, les marqueurs microsatellites sont des marqueurs d'ADN appropriés, fournissant des informations moléculaires utiles pour la caractérisation des races rares [5]. Pour les espèces majeures, les SNPs (Single Nucleotide Polymorphism) sont également un outil largement disponible à des prix en baisse constante. Ces marqueurs jouent actuellement un rôle principal dans les programmes d'amélioration génétique et leur utilisation en recherche génère rapidement un ensemble de nouveaux savoirs, notamment dans l'élucidation des bases génétiques de la productivité et de caractères remarquables ([18] ; [30]). Les récents progrès dans le séquençage d'ADN à haut débit, des logiciels et de la bioinformatique ont rendu l'utilisation des SNPs plus populaires [18]. Ces derniers sont ainsi préférés aux microsatellites pour la vérification de la filiation et la sélection génomique en raison de leur précision et de la rapidité de génotypage, leur faible coût global par génotypage et la facilité d'automatisation [37]. Ces outils sont ainsi largement mobilisés dans la caractérisation de la diversité d'élevage. Notons à ce stade que l'omniprésence de l'outil moléculaire fait quelque fois oublier la primauté des approches simples et peu chères de caractérisation morpho-biométrique, approches qui, basées sur le phénotype et les mesures en milieu réel, permettent l'implication des acteurs dès les débuts du processus de conservation, voire l'élaboration avec ceux-ci des standards qui présideront à la gestion nouvellement formalisée de la race.

Pour la mise en place d'un programme de conservation, il est ensuite nécessaire de déterminer la valeur de conservation des races pour définir les priorités en matière d'allocation des fonds et de gestion de la diversité génétique existante. Plusieurs méthodes basées sur l'établissement des priorités de conservation ont été développées pour maintenir des niveaux élevés de variation génétique neutre [20]. L'approche initialement développée par Weitzman (1992) a été largement utilisée dans des analyses de populations d'animaux domestiques pour la conservation. Cette méthode utilise une matrice de distances génétiques comme mesure de la diversité entre-races et place ainsi la priorité de conservation sur les races les plus différenciées, à savoir celles qui causent la plus grande réduction dans les longueurs de branches d'un arbre phylogénétique quand ils sont retirés de la métapopulation [20].

II.1.2. Analyse des parties prenantes

En général, tout programme de conservation implique une grande diversité de parties prenantes qui seront amenées à coopérer en vue de la conservation d'une race et donc à faire des choix collectifs [32]. Selon la FAO (2008), ces acteurs incluent les gouvernements nationaux, les instituts d'enseignement et de recherche, les ONG, les entreprises de sélection génétique ainsi que les associations d'agriculteurs et d'éleveurs.

Les connaissances, l'expérience et les pratiques de ces derniers peuvent grandement contribuer aux efforts de conservation [25]. Le manque de participation des agriculteurs et d'autres parties prenantes dans le processus de planification des programmes d'amélioration génétique animale et dans la prise de décision est probablement la cause principale de leur échec [69]. La prise en compte des objectifs d'amélioration génétique dans un programme de conservation peut se révéler plus durable que des stratégies dissociées visant à mettre en place des opérations spécifiques de conservation des ressources génétiques [3]. Ainsi, l'intégration de ces programmes dans l'élaboration de la politique nationale est un élément clé pour leur réussite [69]. Par ailleurs, l'étude des préférences des producteurs et des consommateurs concernant le type de race fournit également des indications favorables pour la réussite des programmes de conservation et de gestion durable d'une race [45]. Toute une gamme de méthodes participatives pertinentes existe pour étudier ces préférences. Ces méthodes visent principalement à permettre aux éleveurs de classer selon leur préférence les races et leurs attributs, avec ou sans valeur marchande [63]. Ces méthodes ont été utilisées tout récemment au Niger par Siddo et collaborateurs (2015) pour étudier les préférences des éleveurs dans le cadre de la diffusion en élevages traditionnels des taureaux de race Azawak sélectionnés.

II.2. La conservation *in situ*

La conservation *in situ* se réfère à l'élevage continu d'un ensemble diversifié de populations par les agriculteurs dans les agroécosystèmes où ces populations animales ont évolué [45]. Un avantage majeur de cette stratégie de conservation est qu'elle conserve à la fois le matériel génétique et les processus qui ont donné lieu à sa diversité [45]. Elle ne constitue néanmoins pas une approche de conservation au sens strict car elle permet l'évolution à la fois du cadre d'élevage et de la race, notamment par sélection animale. De nos jours, de nombreux organismes régionaux et mondiaux, comme la FAO, s'impliquent dans la conservation des ressources génétiques animales dans les élevages [70]. Pour Roe et collaborateurs 2009, les modèles de gestion communautaire des ressources naturelles tentent de renforcer au niveau local les institutions responsables de la gestion des ressources naturelles. A ce titre, les communautés locales apportent une contribution substantielle aux efforts mondiaux de conservation et de développement durable [8]. Par ailleurs, la promotion du développement des marchés de niche pour les produits issus de races locales et l'ajout de la valeur aux produits primaires offrent des possibilités importantes pour la réussite de la conservation *in situ* de ces races [14]. En effet, l'abandon d'une race peut relever du manque de compétitivité sur le marché des produits issus du système

d'élevage qui l'abrite. La valorisation sur le marché de la différence qualitative du produit concerné peut dès lors contribuer au maintien du système de production, de la race et de l'ensemble socio-culturel ainsi constitué ou auquel ils sont intimement liés. Dans de nombreuses situations, au sein d'un même système de production en voie d'intensification, les animaux de races endogènes sont abandonnés au profit de races exotiques plus productives. Dans ce cas de figure classique, un programme de conservation *in situ* peut consister en un paiement compensatoire aux éleveurs acceptant de conserver des animaux de race endogène malgré leur infériorité économique [56].

II.3. La conservation *ex situ*

La conservation *ex situ* comprend la détention d'animaux vivants dans des lieux comme les fermes ou ranchs gouvernementaux (*ex situ in vivo*) et la cryoconservation de la semence, d'ovocytes et d'embryons (*ex situ in vitro*) [47]. La cryoconservation de la semence est l'un des moyens de stockage de matériel génétique les plus pratiques grâce à son abondante disponibilité et la facilité de son application [34]. Cependant, durant la cryoconservation du sperme, de nombreux facteurs peuvent affecter les paramètres physiques et par conséquent la fertilité des spermatozoïdes cryoconservés. Selon Oliveira et al (2014), parmi ces facteurs, la composition de la membrane plasmique a un effet essentiel au cours de la cryoconservation. A ce titre, ils rapportent que les espèces ayant une plus grande proportion de cholestérol dans la membrane plasmique des spermatozoïdes ont une sensibilité inférieure aux altérations lors des processus de congélation et décongélation. Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de l'utilisation de ce cholestérol dans la cryoconservation du sperme chez différentes espèces animales domestiques. L'utilisation du cholestérol sur le sperme d'âne avant la congélation améliore la viabilité du sperme décongelé (motilité, l'intégrité et la fonctionnalité de la membrane plasmique, et l'intégrité de l'acrosome) [43]. Le traitement du sperme du taureau et du bouc avec ce stérol, avant la congélation, se traduit par une meilleure qualité du sperme après décongélation [39]. Cet intérêt pour ce produit résulte du fait qu'il est le principal stérol essentiel nécessaire pour la viabilité et la prolifération cellulaire. En outre, le cholestérol stabilise la membrane, permet de réduire sa perméabilité, facilite ces caractéristiques morphologiques et permet des interactions entre les cellules. Il fournit également des micro-environnements appropriés pour les protéines associées à la membrane et sert d'antioxydant membranaire [72]. Par ailleurs, la teneur en cholestérol de la membrane des spermatozoïdes et le rapport du cholestérol aux phospholipides sont spécifiques aux espèces, étant la raison probable des différences interspécifiques dans la tolérance d'un choc par le froid [40]. Ainsi, les spermatozoïdes du bélier sont plus sensibles au stress dû au choc provoqué par le froid que ceux des autres espèces animales [41]. Cependant, l'ajout de cholestérol au sperme de ce dernier avant la cryoconservation peut permettre la réduction de la concentration de glycérol suffisante pour protéger contre les effets néfastes de la congélation-décongélation [40].

La cryoconservation des embryons, quant à elle, est une technique qui requiert une infrastructure dont ne disposent pas la plupart des pays africains [48]. Il est enfin important de souligner que, pour des raisons de sécurité, la collection des gènes doit être doublée [34]. Cela revient à créer deux sites de stockage dont un site principal et un site secondaire.

Par ailleurs, ces deux techniques de cryoconservation présentent une autre différence majeure portant sur l'usage du matériel conservé. L'embryon cryoconservé représente en effet un génome diploïde complet quand le sperme congelé ne contient que le gamète mâle, haploïde. Ainsi, en cas de disparition d'une race, sa ressuscitation sera plus rapide avec les embryons congelés qui donne l'individu directement. Pour le cas du sperme congelé, la ressuscitation de la race se ferait à l'aide d'inséminations artificielles successives sur une race de la même espèce aboutissant à la race conservée par croisement d'absorption. Outre le fait qu'il soit moins rapide, ce processus reste une ressuscitation imparfaite de la race d'origine.

II.4. Programme mixte de conservation *ex situ* et *in situ*

L'adoption de mesures de conservation appropriées permettra aux éleveurs et aux chercheurs d'accéder à un pool génique diversifié pour l'utilisation future [20]. Dans la plupart des pays en développement, la conservation *in situ* est la méthode de conservation préférée. Les plus efficaces des mesures de conservation *in situ* se fondent sur des approches agroécosystémiques et devraient théoriquement être établies dans le cadre d'une utilisation durable, sur le plan économique, social et environnemental [12]. Elle a l'avantage de permettre la poursuite de la coévolution des ressources génétiques dans le milieu naturel [45].

Comme déjà évoqué, au vu de la complexité des motivations de l'érosion des ressources zoogénétiques, elle ne peut être stoppée par une seule mesure simple. Il est également souvent nécessaire d'associer des mesures *in situ* et *ex situ*. Ces dernières complètent les approches *in situ* et devraient y être liées le cas échéant. Cependant, la capacité de conservation *ex situ* est très variable suivant les pays. Le stockage de matériel génétique destiné à la reproduction est courant pour certaines races commerciales, mais pas pour toutes les espèces. Cependant, pour les races locales, la collecte et le stockage de matériel zoogénétique ont été

insuffisants. Dans ces circonstances, il est important de soutenir la collecte ciblée et planifiée de ressources zoogénétiques et de développer les activités de conservation *ex situ*.

La réussite d'un tel programme nécessite, selon le plan d'action mondiale pour les ressources zoogénétiques de la FAO (2007), un certain nombre d'actions selon le type de mesure de conservation. Ainsi, pour le volet *ex situ*, il est recommandé d'établir ou de renforcer les installations nationales et régionales de conservation *in vitro*, en particulier celles de stockage cryogénique. Des modalités propres à faciliter l'utilisation du matériel génétique entreposé dans des banques de gènes *in vitro* selon des dispositifs justes et équitables de conservation, d'accès et d'utilisation des ressources zoogénétiques doivent être établies. Élaborer et mettre en œuvre des mesures pour protéger les collections *in vitro* de la disparition de la diversité génétique due à des foyers de maladies et d'autres menaces, en particulier en établissant des échantillons de secours. Ensuite, identifier les lacunes de collections *in vitro* et les combler. Et enfin, procéder à la mise au point des procédures pour la reconstitution du matériel génétique prélevé dans les banques de gènes, en établissant systématiquement des liens avec les populations vivantes, ou en établissant des populations *ex situ in vivo* de races à risque, en dehors des exploitations, par exemple dans des zoos et des parcs.

La réussite du volet *in situ* nécessite l'évaluation des facteurs responsables de l'érosion des ressources zoogénétiques et formuler des interventions adaptées. Ensuite, établir des systèmes d'information, ou renforcer les systèmes établis, sur les méthodes de sélection animale et sur différentes banques de gènes, qui ont des incidences sur la diversité zoogénétique. Enfin, proposer et encourager des incitations pour les producteurs et les consommateurs, afin qu'ils conservent les ressources zoogénétiques menacées, conformément aux évaluations des divers pays, sous réserve que ces incitations soient conformes aux accords internationaux en vigueur. En définitive, la combinaison des mesures de conservation *in situ et ex situ* permet de conserver les races menacées et d'empêcher que d'autres le deviennent [12].

III. La conservation des animaux d'élevage dans les pays en développement: Cas du Niger

III.1 Le contexte en évolution de l'élevage nigérien

En tout lieu du globe, la diversité des races animales est attachée à la diversité des systèmes d'élevages. La typologie générale des modes d'élevages révèle au Niger quatre systèmes principaux. Il y a tout d'abord le système d'élevage pastoral qui se présente sous la forme de l'élevage nomade et de l'élevage transhumant. Ensuite, le système d'élevage agropastoral compte deux variantes dont une à dominante pastorale et l'autre à dominante agricole. Une troisième catégorie rassemble l'élevage urbain et péri-urbain, largement pratiqué comme activité secondaire par des personnes dont les revenus proviennent d'autres activités (typiquement des commerçants ou des fonctionnaires). Un dernier système est le système de ranching, qui ne concerne au Niger que les centres d'élevage étatiques.

Les caractéristiques de ces systèmes d'élevage font que la principale source alimentaire des espèces animales est constituée par le pâturage naturel et les résidus de récoltes. Cette dépendance du bétail vis-à-vis des pâturages pour son alimentation l'expose aux aléas climatiques. Ainsi, la productivité des ruminants dépend fortement de la valeur nutritive des pâturages et de leurs variations saisonnières [36]. Les sécheresses successives, la déforestation, l'érosion éolienne et hydrique ont contribué à détruire l'équilibre de la diversité biologique. Ainsi, au Niger, plusieurs phénomènes ont été à la base de la réduction du potentiel fourrager. Au premier rang figurent les grandes sécheresses qui ont touché le pays au cours des années 1970. En outre, une réduction des aires de pâturage résulte actuellement de l'extension vers le nord des zones culturelles pluviales (compétition agriculture-élevage). La disparition des jachères et la mise en cultures des couloirs de passage des animaux rétrécissent considérablement l'espace pastoral disponible. Du fait de ce rétrécissement et dans les zones plus densément occupées, telles que l'abondance des villes ou des zones proches de points d'eau importants, le surpâturage participe à la réduction de la quantité des fourrages disponibles.

Dans de nombreuses régions du pays, on remarque dès lors la disparition des fourrages les plus appréciés au profit d'espèces végétales de qualité alimentaire médiocre telle que l'espèce *Sida cordifolia*. La combinaison de ces phénomènes à la croissance démographique entraîne une diminution des aires de pâturages et de la complémentarité entre éleveurs agriculteurs [17].

L'accès au fleuve Niger constitue également un maillon important de la chaîne de pâturage annuelle, notamment par l'utilisation des réserves fourragères de saison sèche, principalement constituées d'*Echinocloa stagnina* (appelées bourgoutières) [27]. Cependant, la mise en valeur agricole de ces espaces pastoraux stratégiques à travers les cultures de contre-saison et les aménagements hydro-agricoles, qui n'ont pas suffisamment intégré l'élevage dans leur plan d'aménagement, ont privé l'élevage de ressources-clés [17]. En outre, de nos jours la productivité de ces bourgoutières est également gravement affectée par l'apparition d'espèces aquatiques envahissantes non appréciées par les animaux, notamment l'*Eichhornia crassipes* (jacinthe d'eau) [23]. Une situation similaire est observée à l'extrême Est du pays du fait du rétrécissement des eaux du lac Tchad qui constitue l'écosystème naturel du bovin Kouri mettant ainsi en danger l'existence de ce dernier [62]. Ainsi, pour faire face à cette rareté et à la variabilité spatio-temporelle des ressources fourragères, les

éleveurs pratiquent traditionnellement la mobilité [17]. Cette mobilité permet également d'éviter les conflits avec les agriculteurs cités ci-haut et de bénéficier des marchés pour la vente du lait et/ou des animaux.

III.2 Diversité génétique animale au Niger et programmes nationaux

Par la diversité de ses systèmes pastoraux et agro-pastoraux, le Niger regorge d'une grande diversité des races des principales espèces domestiques. Ainsi, nous distinguons parmi les camelins quatre races de dromadaires : Azawak, Yoria, Azarghaf et Manga. Chez les bovins, à savoir les taurins (*Bos taurus*) et le zébu (*Bos indicus*), se retrouvent six races, dont cinq races de zébu (Azawak, Bororo, Djelli, Peul blanc et Gudali) et une race taurine (Kouri). Les caprins sont représentés par deux races principales : la chèvre rousse de Maradi et la chèvre du Sahel. Les ovins sont quant à eux constitués de quatre races de moutons à poil (Oudah, Ara-Ara ou Targui, Bali-Bali et Balami) et de trois races de moutons à laine (Dane-Zaila, Hadine et Koundoum).

Ainsi, parmi ces races animales, certaines ont fait l'objet d'une attention particulière de la part des autorités politiques du Niger dans le cadre de la gestion des ressources zoogénétiques. De façon générale, c'est sur la conservation *ex situ in vivo* que se sont basés tous les programmes nigériens initiés par l'Etat, à travers l'élevage des animaux dans les stations et centres d'élevage [9]. Les programmes qui se sont révélés pérennes ont concerné les bovins et les caprins. Parmi ces initiatives un cas emblématique en est la Station Sahélienne Expérimentale de Toukounous (SSET), créée en 1931 par le pouvoir colonial pour l'élevage et la sélection pour l'uniformité de la robe (fauve) et la production laitière du zébu Azawak [1]. Un second exemple est le Centre Caprin de Maradi (CCM), créé en 1962 par l'Etat récemment indépendant, à Maradi pour la sélection sur la couleur de la robe (rousse) et la diffusion en milieu rural sédentaire de la chèvre rousse connue pour sa prolificité et la qualité de sa peau [1]. La concentration des efforts du CCM sur la sélection basée sur la couleur de la robe a suscité la conduite d'une étude de la part de Oumara (1989) pour analyser les effets des principaux facteurs environnementaux sur les paramètres de croissance, en vue de faire des recommandations pour améliorer le mode de gestion du troupeau tenant compte des objectifs de production de viande.

Contrairement au CCM, la SSET, en sus du critère de l'uniformité de la robe, a mis l'accent sur l'amélioration de la production de lait et la croissance des zébus Azawak. La station de Toukounous a également bénéficié de l'installation en 2001 d'un laboratoire moderne de production de semence et d'insémination artificielle. Ce laboratoire est le fruit d'une collaboration entre l'Etat du Niger, à travers la SSET et l'Université de Niamey, et l'Université de Turin, Italie. Grâce à ce laboratoire, des essais de conservation *ex situ in vitro* sont effectués par la Faculté d'Agronomie de l'Université de Niamey en collaboration avec la SSET par cryogénéisation de la semence des taureaux Azawak pour la production d'une banque de semences.

En plus de ces deux programmes majeurs, il est également important de mentionner, compte tenu de la situation particulière de la race, la création en 1979 du centre d'élevage de bovin Kouri, à Sayam dans la région de Diffa. Cette race représente la seule race taurine du pays et connaît de nos jours une régression inquiétante de son effectif dans le pourtour du lac Tchad qui constitue son habitat naturel [9]. Cette situation a suscité la création d'une Organisation Non Gouvernementale dénommée « ONG Kouri » pour mener des actions allant dans le sens de la sauvegarde de cette race dans la région de Diffa. Une des actions de cette structure s'est basée entre les années 2004 et 2006 sur la stratégie de la conservation *in situ* de la race par les éleveurs [33]. Cette opération s'est traduite concrètement sur le terrain par l'aménagement des aires de pâturages alors dégradés et la formation des éleveurs sur la gestion des pâturages. Illustrant la complexité des mesures de conservation *in situ*, cette initiative n'a pu enrayer durablement le processus de disparition de la race.

III.3 Observations sur le processus de gestion des ressources zoogénétiques

En dehors de l'exemple du bovin Kouri, qui est un animal emblématique qui a su susciter une attention certaine, l'examen de la situation du Niger nous montre que la motivation à la base de la création et la maintenance des différents centres d'élevage est davantage basée sur une motivation économique que sur le souci de la préservation de la biodiversité des animaux domestiques. De cette motivation-même résulte une absence de planification d'ensemble, pour l'examen détaillé du statut de la diversité, la décision de priorisation des races à conserver et la mise en place des programmes adaptés, tel que proposé ci-haut.

Ainsi, de nombreuses races potentiellement importantes sont négligées de ces programmes. Pour exemple, le mouton Koundoum qui représente la principale race de mouton à laine du Niger et dont l'unicité est donc avérée, du moins nationale, a démontré une régression inquiétante de son effectif avant que des motivations de conservation puissent effectivement mobiliser l'appareil étatique [9]. A nouveau, l'allocation des fonds vers ce programme ne résulte néanmoins pas d'un examen complet de l'état de la biodiversité et d'une priorisation basée sur des faits. En particulier, les autres races de moutons du pays et de la sous-région devraient être prises en compte afin de compléter l'argumentaire et d'assurer le bien-fondé d'efforts de conservation du mouton Koundoum. En particulier, les distances génétiques avec le mouton Macina, qui est un mouton à laine également élevé sur les berges du fleuve Niger mais plus en amont, au Mali, devraient être évaluées. En effet, la prise en compte de la spécificité des races transfrontalières constitue un facteur important dans la planification

des stratégies de conservation et gestion des ressources zoogénétiques domestiques. A ce sujet, le nouveau système de classification racial développé pour l'État des Ressources Zoogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture dans le Monde [11], fait une distinction primaire entre les races retrouvées dans un seul pays, dénommées races « locales » et celles présentes dans plus d'un pays, qualifiées de races « transfrontalières ». À l'intérieur de la catégorie des races transfrontalières, une distinction supplémentaire est réalisée entre les races transfrontalières « régionales », présentes dans plus d'un pays d'une même région (qui est donc le cas des moutons à laine du bassin du fleuve Niger), et les races transfrontalières « internationales », retrouvées dans plus d'une région.

IV. Conclusion

La biodiversité d'élevage est actuellement menacée par les évolutions des contextes et systèmes d'élevage ainsi que par la précarité des populations humaines reposant sur ces ressources. La valeur économique actuelle ou d'option, la valeur socio-culturelle et la valeur écologique de ces ressources zoogénétiques justifient la mise en place de programmes de conservation à différentes échelles, locales, nationales et internationales. La planification et la mise en œuvre de tels programmes s'avère complexe et ce, dans tous les contextes économiques. Dans les pays en développement, la conservation des ressources zoogénétiques est au cœur d'un dilemme plus général et aigu entre développement humain et conservation. Les mesures de conservation des différents types, *in situ* et *ex situ*, montrent chacune leurs limites et difficultés, pointant dans les pays en développement plus particulièrement vers les limitations en termes de technologies ou de budgets disponibles. Dans ce contexte, tout programme de conservation se devra d'intégrer différentes approches en synergie, se faire avec l'implication entière des parties prenantes et se joindre des objectifs de renforcement économique des plus fragiles d'entre elles. En tout état de cause, il est important de comprendre que l'ensemble de la biodiversité actuelle ne pourra et ne doit probablement pas être conservée. Doit alors se faire une priorisation des races à conserver et une allocation des fonds entre les différentes stratégies selon la probabilité de chacune de porter ses fruits. L'exemple du Niger montre qu'une telle planification n'a pas eu historiquement lieu dans le cadre de la conservation de la biodiversité animale. Les initiatives phares ont essentiellement eu des motivations économiques de développement de l'élevage, aboutissant à des choix en termes d'allocation des fonds dès lors différents de ceux qu'imposeraient une réflexion intégrant la conservation de la biodiversité. Une évolution de ces initiatives se fait, attachant toujours plus les choix futurs à chaque nouveau choix posé. Dans de nombreux pays en développement, comme au Niger, de multiples initiatives, publiques et privées, ont vu et voient le jour, nécessitant urgemment un accompagnement technique et une planification rigoureuse.

Références

- [1]. ABDU H. : Complémentation précoce en colostrum de vache Azawak chez la chèvre rousse de Maradi au Niger, 152 pages, Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège, Liège, 2014.
- [2]. BARKER J.S.F.: Conservation of livestock breed diversity. A.G.R.I., 1999, **25**, 33-43.
- [3]. BERNARD C L. : Les enjeux de la biodiversité animale .Bull. Acad. Vét., 2005, France-Tome 158 - N°2.
- [4]. BLENCH R.: Biodiversity conservation and its opponents. Nat .Resour.Persp., 1998, Num **32**.
- [5]. BOETTCHER P. J., TIXIER-BOICHARD M., TORO M.A., SIMIANER H., EDING H., GANDINI G., JOOST S., GARCIA D., COLLI L., AJMONE-MARSAN P.Objectives, criteria and methods for using molecular genetic data in priority setting for conservation of animal genetic resources. Anim. Genet., 2010, **41**, 64–77.
- [6]. CANON J., GARCIA D., DELGADO J. V., DUNNER S., TELO DA GAMA L., LANDI V., MARTIN-BURRIEL I., MARTINEZ A., PENEDO C., RODELLAR C., ZARAGOZA P., GINJA C.: Relative breed contributions to neutral genetic diversity of a comprehensive representation of Iberian native cattle. Animal., 2011, **5**, 1323–1334.
- [7]. CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE (CDB) : Le Protocole de Nagoya sur l'accès et le partage des avantages. 2010. URL :www.cbd.int/abs/ .Consulté le 30/09/2015.
- [8]. CORRIGAN C., HAY-EDIE T.: 'A toolkit to support conservation by indigenous peoples and local communities: building capacity and sharing knowledge for indigenous peoples' and community conserved territories and areas. 2013. (ICCA's) UNEP-WCMC,Cambridge, UK.
- [9]. CPM .Quatrième rapport national sur la Diversité Biologique du Niger. Niamey; 2009.
- [10]. FAHRENKRUG S.C., BLAKE A., CARLSON D.F., DORAN T., VAN EENENNAAM A., FABER D., GALLI C., GAO Q., HACKETT P.B., LI N., MAGA E. A., MUIR W. M., MURRAY J. D., SHI D., STOTISH R., SULLIVAN E., TAYLOR J. F., WALTON M., WHEELER M., WHITE LAW B., GLENN B.P.: Precision genetics for complex objectives in animal agriculture. J.Anim. Sci., 2010, **88**, 2530-2539.
- [11]. FAO . L'État des Ressources Zoogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture dans le Monde – en bref. URL: [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1260f/a1260f04.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1260f/a1260f04.pdf). Consulté le 19 octobre 2015.
- [12]. FAO. 2007. Plan d'action mondial pour les ressources zoogénétiques et la déclaration d'interlaken. commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture rome, 2007.
- [13]. FAO. 2008. L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, édité par Barbara Rischkowsky et Dafydd Pilling. Rome.
- [14]. FAO. 2009. Livestock keepers – guardians of biodiversity. Animal Production and Health Paper. No. 167. Rome.
- [15]. FAO. 2010. Animal Genetic Resources, 2010, 47, iii. © Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. doi:10.1017/S2078633610001177
- [16]. FAO., 2011. Draft guidelines on phenotypic characterization of animal genetic resources.CGRFA-13/11/Inf.19. Rome.

- [17]. FAO. 2012. La transhumance transfrontalière en Afrique de l'Ouest Proposition de plan d'action. URL :http://www.interreseaux.org/IMG/pdf/Transhumance_Transfrontalier_en_AO_Rapport_FAO.pdf. Consulté le 10 octobre 2015.
- [18]. FERNÁNDEZ M.E., GOSZCZYNSKI D.E., LIRÓN J.P., VILLEGAS-CASTAGNASSO E.E., CARINO M.H., RIPOLI M.V., ROGBERG-MUÑOZ A., POSIK DM, PERAL-GARCÍA P, GIOVAMBATTISTA G.. Comparison of the effectiveness of microsatellites and SNP panels for genetic identification, traceability and assessment of parentage in an inbred Angus herd. *Genet. Mol. Biol.*, 2013, **36**, 185-191.
- [19]. GIBSON J., GAMAGE S., HANOTTE O., ÑIGUEZ L., MAILLARD J.C., RISCHKOWSKY B., SEMAMBO D, TOLL J.: Options and Strategies for the Conservation of Farm Animal Genetic Resources: Report of an International Workshop (7-10 November 2005, Montpellier, France). 53 pages.CGIAR System-wide Genetic Resources Programme (SGRP)/ Bioversity International, 2006, Rome, Italy.
- [20]. GINJA C., GAMA L.T., CORTES Ó., DELGADO J.V., DUNNER S., GARCÍA D., LANDI V., MARTÍN-BURRIEL I., MARTÍNEZ-MARTÍNEZ A., PENEDO M.C.T., RODELLAR C., ZARAGOZA P., CAÑON J.: Analysis of conservation priorities of Iberoamerican cattle based on autosomal microsatellite markers. *Genet. Select. Evol.* 2013., **45:35**.1-18.
- [21]. GROENEVELD L. F., LENSTRA J. A., EDING H., TORO M. A., SCHERF B., PILLING D., NEGRINI R., FINLAY E. K., JIANLIN H., GROENEVELD E., WEIGEND S.. Genetic diversity in farm animals – a review. *Anim. Genet.* 2010., **41**, 6–31.
- [22]. GRUBER J.S.: Perspectives of Effective and Sustainable Community-based Natural Resource Management: An Application of Q Methodology to Forest Projects. *Conservat. Soc.* 2011., **9**, 159-171.
- [23]. HAMADOU, I., MOULA, N., SIDDO, S., MARICHATOU, H., ISSA, M., LEROY, P., ANTOINE-MOUSSIAUX, N., 2015a.The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system . *J. Agr. Rural. Develop. Trop. Subtrop.* 116, 49–58.
- [24]. HENSON E.L.: In situ conservation of livestock and poultry. FAO animal production and health paper 99. 1992.
- [25]. HUNTINGTON H.P.: Local Knowledge as a Resource for Nepal: Building Partnerships with Scientists and Conservationists. *Conserv. Sci.* 2013., **1**, 1–4.
- [26]. IBRAHIM H.: Small Ruminant Production Techniques, 207 pages, ILRI Manual 3. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya. 1998.
- [27]. IEMVT. Pâtures tropicales et cultures fourragères. Jouve: Paris, 1991, 266 p.
- [28]. KENENI G., BEKELE E., IMTIAZ M., DAGNE K.: Genetic Vulnerability of Modern Crop Cultivars: Causes, Mechanism and Remedies. *Int. J. Plant. Res.* 2012., **2**, 69-79.
- [29]. KÖHLER-ROLLEFSON, I.: Building an International Legal Framework on Animal Genetic Resources Can it help the drylands and food-insecure countries? Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Germany. 2005.
- [30]. KOOPAE H.K., KOSHKOYEH A.E.: SNPs Genotyping Technologies and Their Applications in Farm Animals Breeding Programs: Review. *Braz. Arch. biol. technol.* 2014., **57**, 87-95.
- [31]. LAUVIE A., CASABIANCA F., VERRIER É., AUDIOT A., BRIVES H. : Gestion des populations animales à petits effectifs. Accès aux dispositifs par l'analyse des controverses. *Nat. Sci. Soc.* 2007., **15**, 154-161.
- [32]. LAUVIE A., DANCHIN-BURGE C., AUDIOT A., BRIVES H., CASABIANCA F., VERRIER E.: A controversy about crossbreeding in a conservation programme: The case study of the Flemish Red cattle breed. *Livest. Sci.* 2008., **118**, 113–122.
- [33]. MADOU A. : Projet d'appui à la protection du potentiel fourrager (*Ipomea aquatica*) pour préserver la race bovine Kouri dans la communauté rurale de Gadira (Lac Tchad). 2006.URL: http://sgp.undp.org/index.php?option=com_sgpprojects&view=projectdetail&id=8344&Itemid=205. Consulté le 02/10/2015.
- [34]. MARA L., CASU SARA., CARTA A.:DATTENA M..Cryobanking of farm animal gametes and embryos as a means of conserving livestock genetics. *Anim. Reprod. Sci.* 2013., **38**, 25– 38.
- [35]. MARICHATOU H., NERVO T., SEMITA C., ISSA M., ABDOU M. : Evaluation des paramètres reproductifs et zootechniques de la race taurine Kouri au Niger (résumé d'une communication). In : 6e Colloque international« TURIN SAHEL » : Contribution des savoirs endogènes au développement de la santé humaine, animale et à la conservation de la biodiversité, 28 février-02 mars 2011, Abomey Calavi. Bénin. 72 pages.
- [36]. MATY B.D., FALL A.A., SALL C., DIAW O.T. Influence de la complémentation alimentaire et du déparasitage interne sur le développement économique de la production laitière des vaches Gobra en zone sahélienne du Sénégal. *Tropicultura.* 2006; **24**(1): 51-7.
- [37]. MCCLURE M.C., SONSTEGARD T., WIGGANS G.R., VANEENENNAAM A.L., WEBER K.L., PENEDO C.T., BERRY D.P., FLYNN J., GARCIA J.F., CARMO A.S., REGITANO L.C.A., ALBUQUERQUE M., SILVA M.V.G.B., MACHADO M.A., COFFEY M., MOORE K., BOSCHER M-Y., GENESTOUT L., MAZZA R., TAYLOR J.F., SCHNABEL R.D., SIMPSON B., MARQUES E., MCEWAN J.C., CROMIE A., COUTINHO L.L., KUEHN L.A., KEELE J.W., PIPER E.K., COOK J., WILLIAMS R.: Imputation of microsatellite alleles from dense SNP genotypes for parentage verification across multiple *Bos taurus* and *Bos indicus* breeds. *Front Genet.* 2013., **Vol 4** article 176.
- [38]. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT.: Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 2005.
- [39]. MOCÉ E., TOMÁS C., BLANCH E., GRAHAM J.K.: Effect of cholesterol-loaded cyclodextrins on bull and goat sperm processed with fast or slow cryopreservation protocols. *Animal.* 2014., **8**, 771–776.
- [40]. MOTAMED-MOJDEHI R., ROOSTAEI-ALI M.M., RAJABI-TOUSTANI R.: Effect of Different Levels of Glycerol and Cholesterol-Loaded Cyclodextrin on Cryosurvival of Ram Spermatozoa. *Reprod. Dom. Anim.* 2014., **49**, 65–70.
- [41]. MUINO-BLANCO T., PEREZ-PE R., CEBRIAN-PEREZ J.A. : Seminal Plasma Proteins and Sperm Resistance to Stress. *Reprod.Dom. Anim.* 2008., **43**, 18–31.
- [42]. NATIONS UNIES. : Convention sur la diversité biologique. 1992. URL: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>. Consulté le 29/05/ 2014.
- [43]. OLIVEIRA R.R., RATES DM., PUGLIESI G., KER P.G., ARRUDA R.P., MORAES E.A., CARVALHO G.R., Use of Cholesterol-Loaded Cyclodextrin in Donkey Semen Cryopreservation Improves Sperm Viability but Results in Low Fertility in Mares. *Reprod Dom Anim.* 2014., **49**, 845–850.
- [44]. OUMARA A.D. : Facteurs influant les poids a âge-types des chèvres rousses de Maradi en station au Niger. In Wilson R T and Azeb M (eds). 1989. African small ruminant research and development. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia.
- [45]. PATTISON J., DRUCKER A.G., ANDERSON S.. The cost of conserving livestock diversity? Incentive measures and conservation options for maintaining indigenous Pelón pigs in Yucatan, Mexico. *Trop. Anim. Health. Prod.* 2007., **39**, 339–353.
- [46]. PHILIPSSON J., ZONABEND E., BETT, R.C., OKEYO A.M.: Global perspectives on animal genetic resources for sustainable agriculture and food production in the tropics In: Animal Genetics Training Resource, version 3, 2011. Ojango, J.M., Malmfors, B.

- and Okeyo, A.M. (Eds). International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya, and Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- [47]. REGE J.E.O., GIBSON, J.P.: Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecol. Econ.* 2003., **45**, 319-330.
- [48]. REIST-MARTI S.B., ABDULAI A., SIMIANER H.: Conservation programmes for African cattle: design, cost and benefits. *J. Anim. Breed. Genet.* 2005., **122**, 95–109.
- [49]. ROE D., NELSON, F., SANDBROOK, C. (eds.). : Community management of natural resources in Africa: Impacts, experiences and future directions, Natural Resource Issues No. 18, International Institute for Environment and Development, London, UK. 2009.
- [50]. ROESSLER R., DRUCKER A.G., SCARPA R., MARKEMANN A., LEMKE UTE., THUY LE T., VALLE ZÁRATE A.: Using choice experiments to assess smallholder farmers' preferences for pig breeding traits in different production systems in North–West Vietnam. *Ecol. Econ.* 2008., **66**, 184–192.
- [51]. ROOSEN J., FADLAOUI A., BERTAGLIA M.: Economic evaluation for conservation of farm animal genetic resources. *J. Anim. Breed. Genet.* 2005., **122**, 217–228.
- [52]. SECHI T., USAI M.G., CASU S., CARTA A.: Genetic diversity of Sardinian goat population based on microsatellites. *Ital.J.Anim.Sci.* 2005., **4**, 58-60.
- [53]. SECRETARIAT DE LA CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE., 2009. Biodiversité, développement et réduction de la pauvreté : reconnaître le rôle de la biodiversité pour le bien-être humain. Montréal, 52 pages.
- [54]. SHRESTHA J. N. B., CROW G. H., SOYSAL M.I.: Managing Genetic Variation to Conserve Genetic Diversity in Goats and Sheep. *J. Tekirdag. Agric. Fac.* 2010., **7**, 1-12.
- [55]. SIDDO, S., MOULA, N., HAMADOU I., ISSA, M., MARICHATOU, H., LEROY, P., ANTOINE-MOUSSIAUX, N., 2015. Breeding criteria and willingness to pay for improved Azawak zebu sires in Niger. *Arch. Anim. Breed.* 58, 251–259.
- [56]. SIMIANER H., MARTI S.B., GIBSON J., HANOTTE O., REGE J.E.O., An approach to the optimal allocation of conservation funds to minimize loss of genetic diversity between livestock breeds. *Ecol. Econ.* 2003., **45**, 377-392.
- [57]. SIMIANER H. Decision making in livestock conservation. *Ecol. Econ.* 2005., **53**, 559– 572.
- [58]. SIMON ANDERSON.: Animal genetic resources and sustainable livelihoods. *Ecol. Econ.* 2003., **45**, 331-339.
- [59]. SIMON A., CENTONZE R.: Property Rights and the Management of Animal Genetic Resources. *World. Dev.* 2007., **35**, 1529–1541.
- [60]. SOLINE R.: De l'utilité des espèces. 2014. URL : <http://www.lefigaro.fr/sciences/2014/10/20/01008-20141020ARTFIG00329-de-l-utilite-des-especes.php>. Consulté 5 octobre 2015.
- [61]. STEPHEN D.S., GEORGES A.: Genetics in conservation and wildlife management: a revolution since Caughley. *Wildlife Res.* 2009., **36**, 70–80.
- [62]. Tellah M., Zeuh V, Mopaté L.Y, Mbaindingatoloum F. M., Boly H. Paramètres de reproduction des vaches Kouri au Lac-Tchad. *Journal of Applied Biosciences.* 2015., **90**, 8387– 8396.
- [63]. TIXIER-BOICHARD M., AYALEW W., JIANLIN H.: Inventory, characterization and monitoring. *A.G.R.I.* 2008., **42**, 29-47.
- [64]. TORO M.A., CABALLERO A.: Characterization and conservation of genetic diversity in subdivided populations. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2005., **360**, 1367-1378.
- [65]. WELSH C.S., STEWART T.S., SCHWAB C., BLACKBURN H.D.: Pedigree analysis of 5 swine breeds in the United States and the implications for genetic conservation. *J. Anim. Sci.* 2010., **88**, 1610–1618.
- [66]. WITZENBERGER K.A., HOCHKIRCH A.: Ex situ conservation genetics: a review of molecular studies on the genetic consequences of captive breeding programmes for endangered animal species. *Biodivers Conserv.* 2011. Springer Science+Business Media B.V.
- [67]. WILSON KERRIE A., CARWARDINE JOSIE, AND POSSINGHAM HUGH P. (2009). Setting Conservation Priorities. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1162, 237–264.
- [68]. WEITZMAN M.L.: On diversity. *Q J Econ.* 1992., **107**, 363–405.
- [69]. WOLLNY C.B.A.: The need to conserve farm animal genetic resources in Africa: should policy makers be concerned? *Ecol. Econ.* 2003., **45**, 341-351.
- [70]. YAKUBU A., IBRAHIM I.A.: Multivariate analysis of morphostructural characteristics in Nigerian indigenous sheep. *Ital J Anim Sci.* 2011., **10**, 83-86.
- [71]. YASEMIN O., CALVO J.H., ELMACI C. Investigation of the genetic diversity among native Turkish sheep breeds using mtDNA polymorphisms. *Trop. Anim. Health. Prod.* 2013., **45**, 947–951.
- [72]. ZAHID N., EJAZ A., MELIH A.: Cholesterol efflux from sperm: approaches and applications. *Turk J Vet Anim Sci.* 2014., **38**, 653-659.

Issa HAMADOU, et. al. " Pourquoi et comment conserver la biodiversité d'élevage dans les pays en développement, illustration par le cas du Niger." *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 13(10), 2020, pp. 35-45.