HAL
open science

Des apports originaux sur l'“ effet mâle ”, une technique agro-écologique de maîtrise de la reproduction des brebis et des chèvres, fruits d'une longue collaboration scientifique

Philippe Chemineau, G. Khaldi, N. Lassoued, Juliette Cognie, Jacques Thimonier, Pascal Poindron, Benoit Malpaux, José A. Delgadillo

To cite this version:

Philippe Chemineau, G. Khaldi, N. Lassoued, Juliette Cognie, Jacques Thimonier, et al.. Des apports originaux sur l'“ effet mâle ”, une technique agro-écologique de maîtrise de la reproduction des brebis et des chèvres, fruits d'une longue collaboration scientifique. INRA Productions Animales, 2017, 30 (5), pp.427-438. hal-02626132

HAL Id: hal-02626132

https://hal.inrae.fr/hal-02626132v1

Submitted on 26 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INRA Prod. Anim.,
2017, 30 (5), 427-438

Des apports originaux sur l'« effet mâle », une technique agro-écologique de maîtrise de la reproduction des brebis et des chèvres, fruits d'une longue collaboration scientifique entre la Tunisie, le Mexique et la France

P. CHEMINEAU[1], G. KHALDI†[2], N. LASSOUED[3], Y. COGNIÉ[1], J. THIMONIER[1], P. POINDRON[1], B. MALPAUX[1], J.A. DELGADILLO[4]

[1] PRC, CNRS, IFCE, INRA, Université de Tours, 37380, Nouzilly, France
[2] INAT, Chaire de Productions Animales, Tunis, Tunisie
[3] INRAT, Laboratoire de Productions Animales et Fourragères, 2049, Ariana, Tunisie
[4] Univ A. Narro, Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), Torreon, Cohauila, Mexico
Courriel : philippe.chemineau@inra.fr

Depuis la première publication sur l'effet mâle en 1813 beaucoup de progrès scientifiques et techniques ont été faits pour comprendre et optimiser son utilisation dans les élevages ovins et caprins. Cette technique, agro-écologique avant l'heure, a fait l'objet, dans les deux espèces, d'une longue coopération entre des équipes françaises, tunisiennes et mexicaines, dont les résultats sont désormais utiles pour le développement de techniques durables de maîtrise de la reproduction des animaux dans ces trois pays[1].

Pendant les années 1970 à 1990, en France, la maîtrise de la reproduction des brebis et des chèvres a fait l'objet de nombreux travaux de recherche et développement qui ont abouti à la mise au point de traitements hormonaux de synchronisation des chaleurs et des mise bas, très largement utilisés par les éleveurs surtout des filières laitières. Les coûts de ces traitements sont bien supportés par la forte valeur ajoutée de la production laitière et par le progrès génétique rapide permis par l'Insémination Artificielle (IA) souvent associée à la synchronisation (figure 1).

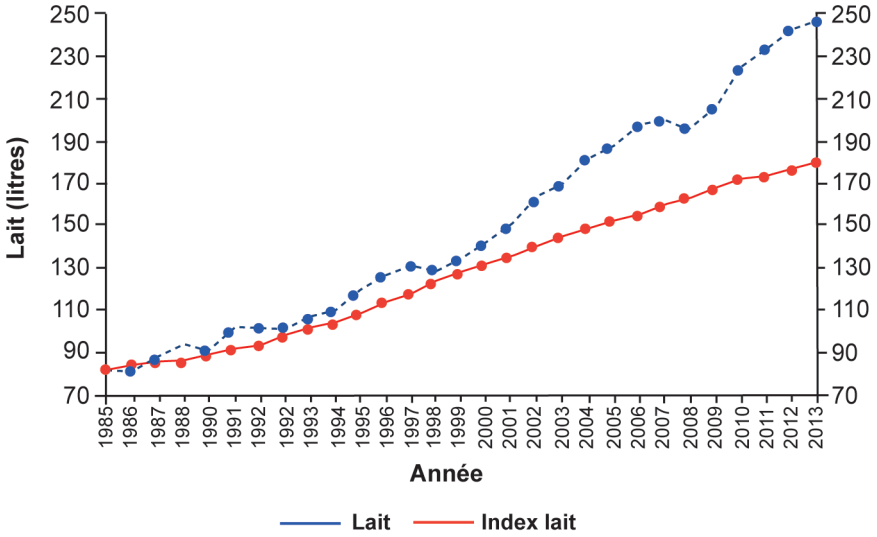
En effet, la maîtrise de la reproduction chez les petits ruminants, c'est à dire, le choix *a priori* du moment et du mode de fécondation, est intéressante à plusieurs titres (Chemineau *et al* 2007, Chemineau 2012). C'est d'abord un outil qui procure une très forte accélération du progrès génétique, en particulier en utilisant l'IA qui permet la détection, puis la diffusion des gènes des meilleurs mâles dans la population. Elle permet également le choix, par l'éleveur, du moment des mise bas et des lactations dans l'année, afin de les faire coïncider avec les disponibilités alimentaires et/ou les conditions de marché les plus favorables. Enfin, la synchronisation des fécondations permet le regroupement des naissances, qui induit une surveillance plus courte et plus facile des mise bas, ainsi que la constitution de lots d'animaux plus homogènes pour l'alimentation et/ou pour la vente des produits lait ou viande.

Dans les pays industrialisés et dans des systèmes d'élevage intensifs, en particulier en Europe, cette maîtrise a fait l'objet de nombreuses recherches après la découverte des rôles essentiels des hormones stéroïdes, en particulier la progestérone (P4) et des hormones gonadotropes (LH, FSH et eCG aussi appelée PMSG). La P4 permet un blocage des cycles puis, après arrêt du traitement, une synchronisation de toutes les femelles, ainsi qu'une sensibilisation du système nerveux central qui facilite l'induction de l'œstrus (comportement sexuel femelle) par l'œstradiol endogène, tout au moins pendant la saison sexuelle et plus difficilement ou plus rarement pendant les périodes d'anœstrus ou de moindre activité sexuelle spontanée. L'eCG, extraite du sérum de jument gravide, stimule l'ovaire pendant le repos sexuel saisonnier ; la combinaison de la P4 et de l'eCG permet l'induction d'ovulations et de chaleurs (œstrus) pendant cette période. En s'appuyant sur ces résultats, des traitements dits « hormonaux » ont été développés dans les années 60-70 en utilisant des analogues de la P4 imprégnant une éponge vaginale laissée en place une douzaine de jours, puis retirée en même temps qu'une injection d'eCG. Ces traitements, suivis d'une IA à un moment prédéterminé (dite « en aveugle ») permettent d'atteindre des fertilités (taux de mise bas) supérieures à 60% chez les brebis et chez les chèvres. Plusieurs centaines de milliers de traitements sont ainsi utilisés chaque année en France, une grande majorité d'entre eux sur des souches laitières (chèvres Alpines et Saanen, brebis Lacaune et Manech ou Basco-Béarnaise).

[1] Texte publié en mémoire du Professeur Gley Khaldi décédé en novembre 2016 (photo 1).

Photo 1. *Le Professeur Gley Khaldi.*

Figure 1. *Évolution de la production laitière brute (bleu) et de la valeur génétique laitière (rouge) en race ovine Manech, utilisant 23% d'inséminations artificielles dans la population totale (d'après J.M. Astruc, G. Lagriffoul, A. Legarra, F. Barillet 2014 communication personnelle, et Barillet* et al *2014, 2016).*



Ces traitements ne sont toutefois pas utilisables, et ne sont pas utilisés, dans les élevages en Agriculture Biologique (AB) ce qui conduit, *ipso facto*, *i)* à laisser ces élevages sous la très forte contrainte du saisonnement de la reproduction, important dans les deux espèces et *ii)* à les exclure d'une bonne partie du progrès génétique dont ils ne peuvent bénéficier qu'en utilisant des béliers issus d'IA et non la semence des meilleurs béliers des centres d'IA.

Malgré de nombreux essais réalisés dans les élevages des Pays En Développement (PED), ces traitements hormonaux n'ont pas, connu le même succès qu'en Europe, essentiellement pour deux raisons : leur coût, difficile à amortir sur les ventes des produits, et leur difficulté d'application à des races locales. À cette époque, les éleveurs ovins et caprins des PED ne disposaient pas des mêmes moyens financiers. Une partie des programmes de coopération conduits avec les chercheurs de ces pays portaient donc sur des moyens moins coûteux de synchronisation. C'est ainsi que « l'effet mâle », qui consiste en l'introduction de mâles dans un troupeau de femelles après une période de séparation et qui ne nécessite que des manipulations de lots d'animaux sans intervention hormonale, a fait l'objet dès les années 70, de travaux en collaboration entre la Tunisie et la France chez les ovins, puis entre le Mexique et la France chez les caprins à partir des années 1980.

Dans le même temps, en France, l'effet mâle ne suscitait d'intérêt que chez la très petite minorité d'éleveurs et de professionnels ovins et caprins engagés dans l'AB. Ainsi, pendant plus de 20 ans, des programmes solides de coopération scientifique se sont développés entre la France, la Tunisie et le Mexique pour mieux connaître les mécanismes sous-jacents de la réponse à l'effet mâle et les conditions de son utilisation, chez les petits ruminants. Ces programmes ont donné lieu à de nombreuses publications communes dans des revues internationales et permis la mise au point de techniques durables de maîtrise de la reproduction, lesquelles ont été adoptées avec succès par les éleveurs tunisiens et mexicains. L'émergence récente de préoccupations environnementales et très récemment du concept d'agro-écologie appliquée à l'élevage (Dumont et Bernues 2014) a changé le point de vue des professionnels de l'élevage français, désormais plus soucieux qu'autrefois de mettre en place des techniques durables de maîtrise de la reproduction. Par ailleurs, l'élevage des ovins et caprins en AB connaît une croissance très forte sous la double influence de la forte progression de la consommation des produits issus d'AB (+ 10% entre 2014 et 2015, Agence Bio 2016) et des incitations ministérielles à la conversion. Pour la totalité des ovins et caprins français, en général très utilisateurs de traitements hormonaux chez les laitiers, on comptait en 2015 plus de 2 500 élevages et de 300 000 animaux en AB ou conversion vers l'AB (Agence Bio 2016).

Enfin, le coût global des traitements hormonaux, qui sont par définition individuels, ont augmenté en même temps que la taille moyenne des troupeaux ovins et caprins (Agreste 2016). On comprend qu'un traitement collectif comme « l'effet mâle » apparaisse alors moins coûteux.

Ainsi, par une sorte « d'effet retour » rendu possible par l'internationalisation, les informations accumulées lors de ces programmes de coopération avec la Tunisie et le Mexique sont maintenant utiles dans les systèmes d'élevage français et européens, pour accélérer la mise au point de nouvelles techniques alternatives à l'utilisation des traitements hormonaux.

1 / « L'effet mâle »

« L'effet mâle » est intimement lié à l'existence, en fin d'hiver et jusqu'au début de l'été, dans toutes les races ovines et caprines originaires d'Europe et de Méditerranée, d'une période de repos sexuel saisonnier, l'anœstrus (brebis : Hafez 1952, Thimonier et Mauléon 1969 ; chèvre : Chemineau *et al* 1992, Duarte 2008, figure 2). Le saisonnement de la reproduction est présent très tôt dans l'histoire, probablement depuis la domestication dans les montagnes d'Anatolie (Balasse *et al* 2017). Cette période se caractérise par un arrêt complet des ovulations et des œstrus chez les femelles et par une baisse très marquée de la spermatogenèse, de la stéroïdogenèse et de la libido chez les mâles (Chemineau *et al* 2007). C'est pendant la période d'anœstrus saisonnier que l'effet mâle est efficace. Cet effet mâle est mentionné très tôt dans la littérature scientifique du 19 puis 20ème siècle (Girard 1813, Underwood *et al* 1944, Shelton 1960). À l'instar de ce qui est observé chez les cervidés en conditions naturelles pendant l'anœstrus saisonnier des biches, il permet une synchronisation efficace des ovulations et des œstrus dans les jours qui suivent l'introduction d'un mâle actif au sein d'un groupe de femelles. Ce mécanisme est particulièrement intéressant, car il ne nécessite que la simple

Figure 2. *Variations saisonnières du pourcentage d'ovulations chez la chèvre dans la population Criolla de la Comarca Lagunera au Nord du Mexique (d'après Duarte* et al *2008).*

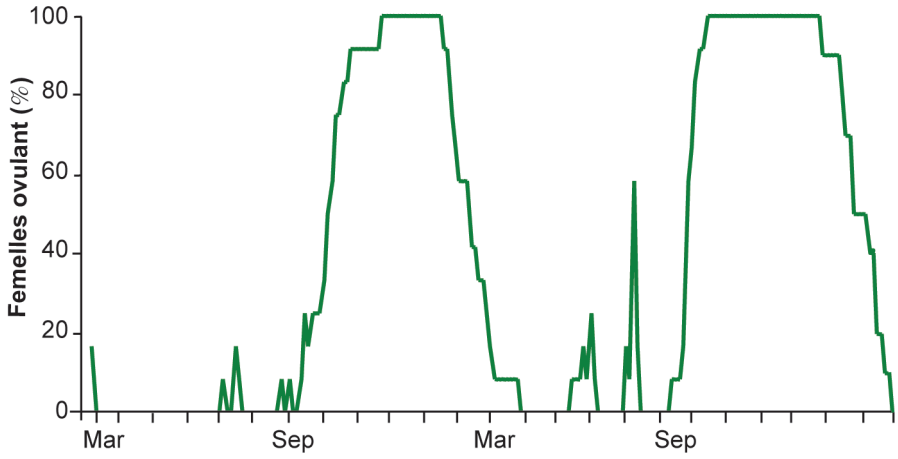
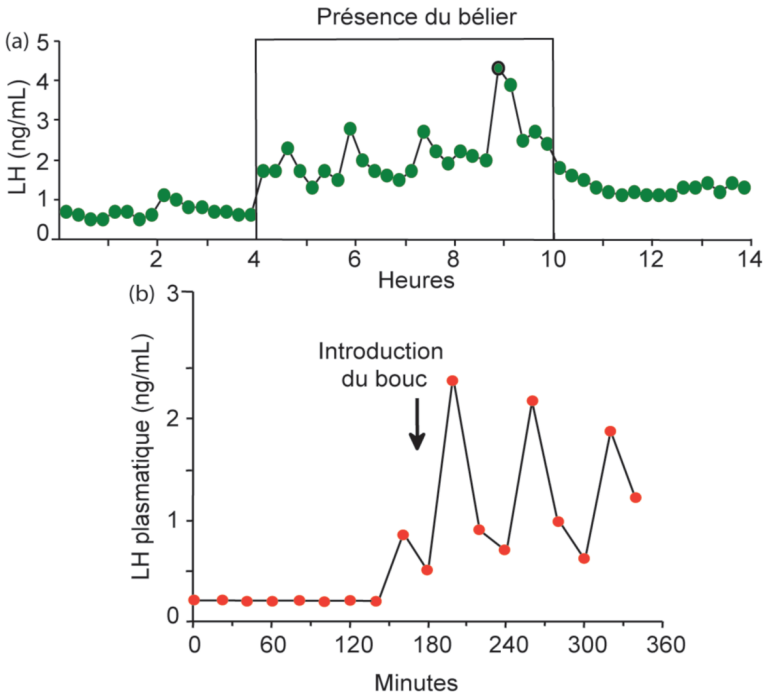


Figure 3. *Évolution de la pulsatilité de l'Hormone Lutéinisante (LH) dans (a) le plasma de brebis (Martin* et al *1986) ou (b) de chèvre (Chemineau* et al *1986), suite à l'introduction (flèche) d'un mâle (a) bélier ou (b) bouc.*



manipulation des animaux d'un lot à l'autre, sans utilisation d'hormones. Considéré comme la « synchronisation du pauvre » il convient bien aux élevages caprins et ovins des PED qui sont, en général, détenus par des éleveurs aux faibles moyens financiers.

De nombreux travaux ont été réalisés au 20ème siècle sur l'utilisation de l'effet mâle et ses mécanismes, notamment par les équipes australiennes et françaises chez la brebis (Lindsay *et al* 1975, Signoret 1976, Martin *et al* 1980, Signoret 1980, Martin *et al* 1981, Signoret *et al* 1982) et la chèvre (Chemineau 1983, Chemineau *et al* 1984, Chemineau 1985, Chemineau *et al* 1986, Walkden-Brown *et al* 1993a, 1993b et 1993c).

Au fur et à mesure des années, l'essentiel des mécanismes neuroendocriniens ont été identifiés, même s'il reste encore à déterminer quelle est la connexion exacte entre la perception, essentiellement olfactive, du mâle par la femelle, et le déclenchement quasiment immédiat de la libération pulsatile de la LH (figure 3) qui entraînera la réponse reproductive (voir revues de Delgadillo *et al* 2009 et de Fabre-Nys *et al* 2015, Murata *et al* 2014).

En ce qui concerne la réponse en termes d'ovulation et de comportement d'œstrus, chez la brebis (figure 4), les résultats montrent que, lorsque « l'effet bélier » est réussi, toutes les femelles ovulent dans les 48 heures après l'introduction du mâle (J0). Cette première ovulation avant J2, sans apparition de comportement d'œstrus, est suivie, chez environ la moitié des brebis, d'un cycle de durée normale (16 jours) ; l'autre moitié (ce n'est pas une règle) manifestent d'abord d'un cycle de courte durée (6 jours), auquel succède immédiatement une seconde ovulation, toujours sans apparition d'œstrus, suivie enfin d'un cycle de durée normale (16 jours). Dans les deux cas, c'est après ce cycle de 16 jours qu'une nouvelle ovulation à lieu avec cette fois manifestation d'un comportement d'œstrus, c'est à dire aux alentours de J18 (2 + 16) et J24 (2 + 6 + 16). Chez la chèvre, le mécanisme est identique, mais *i)* la durée du cycle est de 21 jours au lieu de 16, *ii)* on observe des chaleurs dès la première ovulation induite puis *iii)* à la seconde ovulation qui suit le cycle court et enfin *iv)* il y a, en général, davantage de cycles courts après la première ovulation que chez la brebis. Ceci donne une répartition temporelle assez différente des chaleurs et des ovulations entre les deux espèces (figure 4) (Thimonier *et al* 2000, Chemineau *et al* 2006).

Dans les années 1970-1990, l'utilisation sur le terrain de l'effet bélier dans les élevages français ne faisait pas l'objet d'un grand intérêt ; presque toutes les forces en recherche et développement dans ce secteur étaient concentrées sur les perfectionnements à apporter aux traitements hormonaux. Par ailleurs, ces derniers bénéficiaient d'un appui du réseau des entreprises vétérinaires et de celui des centres d'IA pour leur développement, ce qui n'était pas le cas de l'effet bélier ou de l'effet bouc, bien souvent cantonné, en France, aux élevages produisant en AB ou à des zones d'élevage extensif méditerranéennes (Crau) avec de très grands troupeaux où l'on souhaite des fécondations de printemps. Cette technique était regardée avec curiosité, voire amusement, par les professionnels de l'élevage qui, à l'époque, nous indiquaient que si nous réussissions à la mettre au point, *in fine*, avec les mêmes résultats de fertilité que les traitements hormonaux, ils l'utiliseraient sans doute car elle leur éviterait le coût du traitement.

Il n'en était pas de même en Tunisie et au Mexique, où l'effet mâle suscitait l'intérêt des scientifiques locaux pour les raisons mêmes qui expliquaient son désintérêt en France. Outre la preuve d'efficacité et l'adaptation aux conditions locales tunisiennes et mexicaines, plusieurs points concernant les conditions d'utilisation et la réponse ovulatoire et œstrale des femelles méritaient un investissement scientifique conjoint (encadré 1).

Figure 4. *Représentation schématique de la réponse ovulatoire (courbe noire) et œstrale (courbe rouge) des brebis et des chèvres à l'effet mâle (d'après Thimonier* et al *2000 et Chemineau* et al *2006).*

Chez la chèvre, les pourcentages (P1, P2, P3) et INT traduisent l'intensité de la réponse à l'effet mâle. Ainsi P1 traduit la proportion de chèvres répondant immédiatement à un effet bouc, la proportion P2 désigne celles qui répondent en manifestant un comportement d'œstrus, alors que P3 est la proportion de chèvres qui répondent par un cycle court et INT l'intervalle qui sépare l'introduction du mâle de la première ovulation.

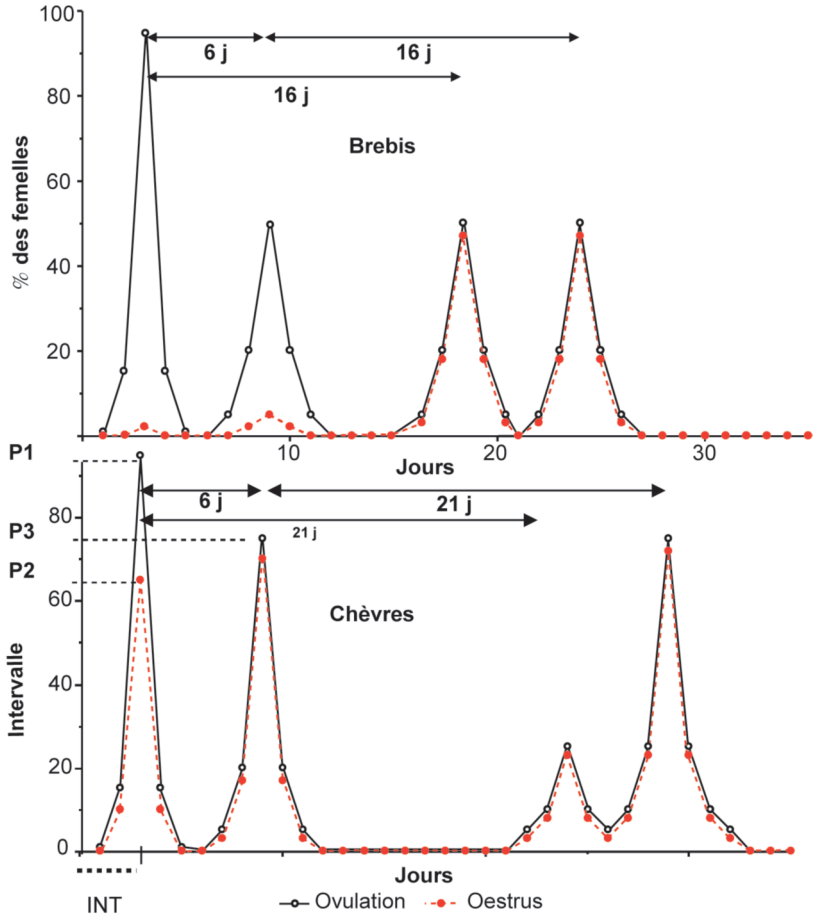


Photo 2. *Brebis Barbarines à queue grasse de Tunisie, à vocation viande adaptées à l'environnement difficile du Bassin Méditerranéen (photo INRAT).*

2 / Recherches sur l'effet mâle conduites en Tunisie et au Mexique

2.1 / En Tunisie, chez la brebis

L'objectif était de comprendre les particularités de la réponse des brebis Barbarine à queue grasse (photo 2), de déterminer les facteurs de variation des caractéristiques de la réponse des brebis et, par conséquent, de préciser les conditions d'utilisation dans les gros troupeaux d'État ou les fermes coopératives pratiquant systématiquement une lutte de printemps.

En effet, dans les conditions locales de l'élevage en Tunisie, notamment avec la race ovine Barbarine, élevée sur parcours et sur des chaumes de céréales pour la production d'agneaux, il importe de maximiser la fertilité au printemps afin que les brebis et leurs agneaux puissent bénéficier des disponibilités fourragères issues des pluies méditerranéennes d'automne. Les travaux conduits avec l'INRAT et l'INAT, se sont focalisés sur plusieurs facteurs importants de réussite de l'effet bélier, sur la réponse ovulatoire et œstrale des brebis à l'introduction du bélier, ainsi qu'aux interactions entre alimentation et réponse à l'effet bélier.

Ainsi, il a été possible de préciser à partir de quel stade après la mise bas l'effet bélier était efficace et quelles étaient les conditions d'alimentation autour de la mise bas permettant d'aboutir à un état corporel adéquat pour une bonne réponse à cette stimulation (Khaldi 1984, Lassoued et Khaldi 1989a, Lassoued 1998, Abdennebi et Khaldi 1995, Atti *et al* 2004). Plusieurs résultats très originaux ont été produits dans ce cadre par les scientifiques tunisiens.

Le premier résultat a trait aux effets du niveau d'alimentation des brebis aux alentours de la mise bas en automne, qui module la proportion de cycles courts en réponse à l'effet bélier au printemps, soit 5 à 6 mois plus tard : lorsque le niveau d'alimentation est faible en novembre, le pourcentage de cycles courts après effet bélier est élevé en mai (tableau 1, Khaldi 1984, Lassoued et Khaldi 1989a, Abdennebi and Khaldi 1995, Lassoued 1998). Ce résultat assez inattendu est intéressant sur le plan scientifique puisqu'une modulation à une telle distance dans le temps (5-6 mois) est assez rare et interroge sur le(s) mécanisme(s) mis en jeu : s'agit-il d'une modulation *via* les réserves corporelles ou bien *via* la réserve des follicules intra-ovariens en croissance au mois de novembre et qui seront stimulés en mai par l'effet bélier ? Il est également intéressant sur le plan appliqué, pour la conduite des troupeaux,

Encadré 1. *Éléments essentiels pour la réussite des collaborations entre les différents laboratoires de Tunisie, du Mexique et de France.*

Les collaborations se sont appuyées sur quatre éléments essentiels : la curiosité et la solidité scientifiques, la confiance réciproque, le temps et les moyens.

C'est d'abord la curiosité scientifique qui nous semble avoir guidé les travaux conduits au cours de toutes ces années. La tenue d'une réunion annuelle entre les participants, dans un des trois pays a été à chaque fois l'occasion de discuter des hypothèses de travail à tester dans les expérimentations au cours de l'année à venir. Nous avons tous le souvenir de réunions scientifiques plaisantes et joyeuses (photo 3) où la liberté de penser et d'imaginer était le principal moteur de la discussion. Cette liberté a toujours été associée à une rigueur expérimentale forte visant à se donner les moyens de prouver statistiquement les effets attendus, ainsi qu'à l'objectif de publier ultérieurement des résultats scientifiques solides dans de bonnes revues scientifiques internationales.

C'est ensuite la confiance réciproque entre les différents partenaires qui a constitué une des bases de ces collaborations. Cette confiance réciproque a permis de collaborer sans *a priori*, sans volonté hégémonique, avec le seul souci partagé de progresser scientifiquement et d'apporter des solutions concrètes et peu onéreuses aux problèmes locaux. La confiance s'exerçait aussi dans l'harmonisation et la complémentarité entre les expérimentations réalisées dans les différents sites, que nous avons toujours voulues fortes, ainsi que dans la co-rédaction des articles scientifiques issus des collaborations.

Le temps est également un facteur important pour ce type de collaborations qui mettent en place des expérimentations annuelles et nécessitent plusieurs années pour espérer démontrer, ou infirmer, solidement, les hypothèses avancées. Dans les deux cas mentionnés, cette collaboration s'est établie sur plus d'une vingtaine d'années.

Enfin, dernier point mais pas le moins important sur le plan pratique, ces collaborations ont nécessité des moyens financiers importants, d'abord pour financer en Tunisie, au Mexique et en France les salaires des chercheurs, ingénieurs et techniciens impliqués dans les travaux, et aussi les dépenses liées aux expérimentations réalisées, aux mesures effectuées sur les animaux, et aux déplacements entre les différents pays. Ces collaborations ont été soutenues par différents moyens, notamment par les institutions respectives des participants, par les programmes de coopération bilatéraux, par les organismes de développement et, plus récemment, par des agences nationales de financement. Les résultats obtenus et appliqués au niveau des trois pays engagés sont un « bien public », utilisable gratuitement par les éleveurs de ceux-ci.

Photo 3. *Un orchestre mexicain international, composé, en partie, de chercheurs, issu de la collaboration franco-mexicaine sur l'effet bouc (photo CIRCA).*

puisqu'il met en évidence l'importance de maintenir les brebis dans un état corporel suffisant autour de la mise bas afin d'espérer une réponse de bonne qualité à l'effet bélier du printemps suivant.

Le second résultat concerne l'utilisation d'une suralimentation temporaire avant la mise en reproduction (connue sous le terme de « *flushing* ») qui augmente, comme attendu, le taux d'ovulation lors de la première ovulation induite par le mâle, mais s'avère inefficace pour réduire le pourcentage de cycles courts qui suivent cette première ovulation et qui empêchent de réaliser des IA, car il y a trop de dispersion des chaleurs (Lassoued et Khaldi 1989a). Ce résultat est, en lui-même, assez surprenant car il indique qu'une augmentation de la stimulation des follicules intra-ovariens associée à la suralimentation temporaire augmente le nombre de follicules qui vont ovuler mais ne modifie pas leur aptitude ultérieure à se transformer en un corps jaune de durée normale.

De nombreux travaux ont été conduits en Tunisie pour essayer de mieux comprendre le déterminisme physiologique de ces cycles courts qui suivent la première ovulation induite. Les prostaglandines d'origine utérine sont impliquées dans le contrôle de la lutéolyse (régression) précoce du corps jaune lors du cycle court, intervenant 6 jours après l'introduction du mâle (Lassoued et Khaldi 1989b, Lassoued *et al* 1997). La présence du mâle induit une première ovulation dans les 48 h, suivie d'une vague de croissance des follicules ovariens vers J3-J4 qui s'accompagne d'une sécrétion d'œstradiol, qui est elle-même suffisamment importante pour stimuler la sécrétion de ces prostaglandines utérines qui provoquent la régression prématurée du corps jaune formant ainsi un cycle court. Les mécanismes initiateurs de la sécrétion précoce de l'hormone lutéolytique entre J4 et J5 par l'utérus, ont donc pour origine l'œstradiol sécrété par la première vague de follicules ovariens aux jours 3-4 de la phase lutéale induite par effet mâle (Lassoued 1998). Ce résultat contribue à l'explication de la constance dans la durée de ces cycles courts induits (Chemineau *et al* 2006). Il a été également démontré sur ces brebis que la progestérone appliquée avant l'introduction du bélier, connue dans d'autres travaux pour supprimer les cycles courts induits, agissait au niveau utérin, probablement pour inhiber cette sécrétion de prostaglandines et empêcher cette lutéolyse précoce (Lassoued *et al* 1995, Lassoued 1998).

Simultanément à ces travaux, l'effet bélier a été mis en œuvre plus systématiquement dans de gros troupeaux coopératifs ou d'État dans différents points

Tableau 1. *Effets du niveau d'alimentation des brebis autour de la parturition et de la suralimentation temporaire (« flushing », ici régimes Bas-Haut et Haut-Haut) sur les caractéristiques de la réponse à l'effet bélier chez la brebis Barbarine de Tunisie (d'après Lassoued et Khaldi 1989a).*

Niveau d'alimentation autour de : parturition – lutte [1]	Brebis cycliques au printemps (%)	Réponse à l'effet bélier (%)	Cycles ovariens courts (%)	Taux d'ovulation	Fertilité (%)	Prolificité
Haut – Haut (*n* = 32)	66[a]	100	45[a]	1,27[a]	91[ab]	1,30[a]
Haut – Bas (*n* = 26)	31[b]	100	67[a]	1,35[a]	94[ab]	1,18[a]
Bas – Haut (n = 31)	35[b]	100	75[a]	1,50[a]	100[b]	1,42[a]
Bas – Bas (*n* = 21)	33[b]	100	79[a]	1,79[a]	79[a]	1,30[a]
			HH *vs* les autres P < 0,10			

[1] La lutte naturelle a lieu au printemps et les mises bas à l'automne

de Tunisie, ce qui a conduit à une amélioration sensible de leur productivité numérique.

2.2 / Au Mexique, chez la chèvre locale

Les objectifs étaient de pouvoir disposer d'une technique de reproduction à contre-saison (lutte de printemps) efficace et peu coûteuse car s'adressant à des petits éleveurs d'une population caprine de « *doble propósito* » produisant du lait et de la viande (photo 4). Les travaux ont donc été focalisés sur la démonstration de l'efficacité de l'effet bouc dans ce type d'élevage sur parcours, en s'attachant notamment à préciser le rôle joué par l'intensité de l'activité sexuelle des mâles inducteurs sur la fertilité des femelles.

Une démarche similaire à celle suivie en Tunisie a été entreprise chez la chèvre au Mexique, où l'effet mâle s'est révélé intéressant, même sous ces latitudes subtropicales où les variations photopériodiques sont de moindre amplitude que dans les zones tempérées. Au nord du Mexique, dans la Comarca Lagunera, les 500 000 chèvres locales, à la base d'un système d'élevage « mixte », produisent du lait et des chevreaux pour assurer le revenu de petits éleveurs aux très faibles moyens. Dans la journée, les troupeaux sont conduits sur parcours. L'utilisation de l'effet bouc au printemps, période d'inactivité ovarienne saisonnière dans cette population caprine, permet un décalage des mise bas à une période plus favorable à la survie des chevreaux, à la production et à la vente du lait. Après une description très soigneuse des caractéristiques de reproduction de la population locale, notamment quant à leur activité sexuelle saisonnière qui n'était pas connue jusqu'alors, les travaux ont consisté à mieux comprendre les facteurs déterminant cette saisonnalité (Delgadillo *et al* 1998, Delgadillo *et al* 1999). Contrairement à ce qui était attendu, ce ne sont pas les fortes variations des disponibilités fourragères mais bien les variations photopériodiques qui induisent une assez longue période de repos sexuel chez la femelle entre Février et Août, et chez le mâle, entre Janvier et Juin (figure 2, Delgadillo *et al* 2004, Duarte *et al* 2008). Ce résultat, ainsi que les faibles taux de réponse des chèvres à un effet bouc réalisé avec des mâles en repos sexuel, a conduit l'équipe mexicaine à tester la réponse des femelles à l'introduction de mâles rendus sexuellement actifs par des traitements photopériodiques simples, applicables et appliqués en bâtiments ouverts ou dans des parcs sommaires extérieurs (figures 5 et 6) (Flores *et al* 2000, Delgadillo *et al* 2001, Delgadillo *et al* 2002).

Ce traitement photopériodique des boucs qui entraîne une forte stimulation de la testostérone (figure 7) et de leur comportement sexuel, permet d'augmenter spectaculairement les taux de réponse des femelles et d'aboutir à des fertilités élevées au printemps, ce qui constitue l'effet recherché par les éleveurs (figure 8). La robustesse de ce procédé a été démontrée, ainsi que ses conditions d'utilisation précisées, notamment quant aux stimuli sexuels du bouc qui sont responsables de la réponse des femelles (odeur, contact, comportement, vocalisations, vue). La mise en œuvre dans les conditions de la pratique a été précisée (Delgadillo 2011). Les boucs sexuellement actifs peuvent être introduits dans des troupeaux maintenus dans des conditions difficiles de parcours et peuvent n'être utilisés que pendant une fraction des 24 heures (par exemple la nuit, en chèvrerie) avec des résultats de fertilité identiques à ceux de chèvres maintenues en présence continue avec les mâles (Rivas-Munoz *et al* 2007). L'importance de l'intensité de l'activité sexuelle du

Photo 4. *Chèvres et milieu d'élevage typique de la chèvre Criolla de la Comarca Lagunera au Nord du Mexique.*

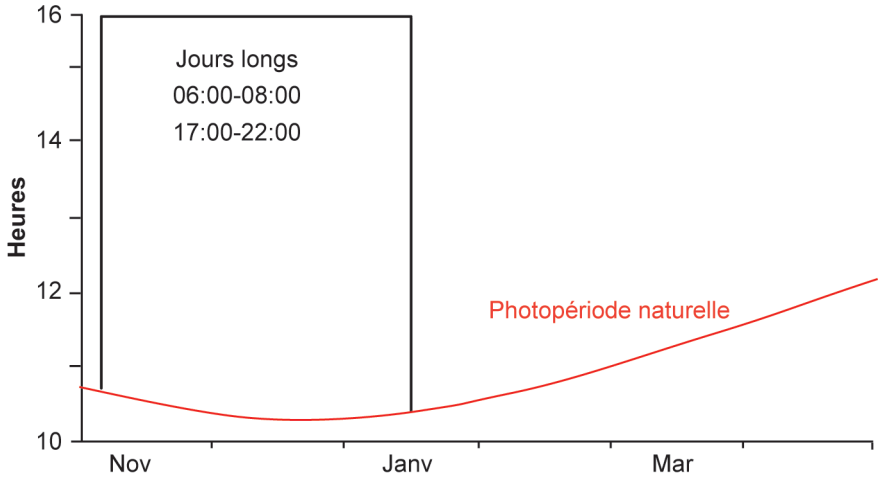
Figure 5. *Application, en bâtiments ouverts et légers, de traitements photopériodiques aux boucs qui seront utilisés pour réaliser « l'effet mâle », dans les conditions d'élevage de la Comarca Lagunera (Torreon, Coahuila) au Mexique (photo J.A. Delgadillo).*

Les boucs sont éclairés avant l'aube et après le crépuscule.

Figure 6. *Traitement photopériodique appliqué en bâtiment ouvert, consistant en 2 mois de jours longs pendant l'hiver (Delgadillo* et al *2002).*

La lumière supplémentaire est apportée de 06h00 à 08h00, puis de 17h00 à 22h00 pendant 60 jours consécutifs puis stoppée et les mâles retournent alors en photopériode naturelle.

Ce schéma photopériodique est perçu par les boucs comme un passage de jours longs à des jours courts. C'est la réduction apparente de la durée du jour qui est stimulante de la reprise de l'activité sexuelle du bouc. Heures = Durée de l'éclairement quotidien.



bouc dans la qualité de la réponse des chèvres et dans la réussite du traitement a été clairement mise en évidence (Delgadillo *et al* 2006, Delgadillo *et al* 2009).

Ceci a conduit à la mise au point d'une technique simple, peu coûteuse et efficace pour permettre aux éleveurs d'augmenter fortement la fertilité de leurs chèvres à contre-saison (Delgadillo 2011). Une estimation de l'impact de la mise en place de cette technique dans les élevages mexicains a été faite dans le cadre du projet ASIRPA (Gaunand *et al* 2014). Actuellement environ 70 boucs traités sont dispersés dans 250 élevages de la zone, comptant actuellement un total estimé de 3 000-4 000 éleveurs détenant 500 000 chèvres. À notre connaissance, cette technique connaît une croissance rapide de son utilisation (Delgadillo non publié). Compte tenu des gains occasionnés par la réduction de mortalité des chevreaux qui naissent à une période plus favorable (- 15%), de l'allongement de 3 mois de la lactation et de l'augmentation de lait associée, avec environ 60% d'élevages utilisateurs (celui observé pour les traitements photopériodiques dans les troupeaux caprins français, Gaunand *et al* 2014), la mise en œuvre de cette technique conduit à estimer très approximativement un accroissement potentiel des ventes annuelles des éleveurs caprins de la Comarca Lagunera à plus de 12 x 10^6 € (Chemineau et Delgadillo, non publié).

3 / Des travaux qui reprennent tous leur sens également dans les pays industrialisés

Ainsi qu'il a été indiqué ci-dessus, au moment du début de ces collaborations, l'intérêt pour de telles techniques dans les pays industrialisés était assez réduit et concernait davantage la Tunisie et le Mexique que la France. Avec le temps, nous avons assisté à un retournement progressif de la situation. Les préoccupations environnementales associées au « Grenelle de l'environnement » en France, l'émergence du concept d'Agroécologie non plus simplement comme démarche scientifique mais également comme un guide pour le développement de nouveaux systèmes d'élevage (Dumont et Bernues 2014), la nécessité de mettre au point des techniques plus durables, moins invasives n'utilisant pas de stéroïdes exogènes, et pouvant fournir une meilleure image des élevages, ont renforcé l'intérêt pour ces méthodes (Lurette *et al* 2016). À cet intérêt nouveau, s'ajoute, comme indiqué ci-dessus la croissance rapide des conversions d'élevages en AB, entraînées par la forte hausse de la consommation et les politiques nationales en la matière.

Le gros capital scientifique et technique accumulé dans le cadre de ces collaborations pendant plus de vingt ans constitue une base solide pour développer de manière efficace des techniques durables de maîtrise de la reproduction dans les troupeaux ovins et caprins français et européens. Ainsi, l'importance du niveau d'alimentation aux alentours de l'agnelage et de sa dynamique ultérieure pour la réponse à l'effet bélier, le rôle de l'activité sexuelle du bouc dans la qualité de réponse des femelles, l'élucidation d'une partie des mécanismes physiologiques sous-jacents à la réponse œstrale et ovarienne complexe qui suit la première ovulation induite, sont des éléments qui permettent aux programmes actuellement conduits en France et en Europe de progresser plus vite et plus efficacement (Fatet *et al* 2011). On sait depuis longtemps qu'il existe, en effet, une variabilité importante entre races de brebis dans leur réponse à l'effet bélier et cette variabilité a été récemment caractérisée pour les races françaises (Chan-vallon *et al* 2011). Celle-ci s'explique partiellement par la « profondeur de l'anœstrus » qui représente

Figure 7. *Évolutions respectives de la testostéronémie de boucs en situation d'éclairement naturel (trait noir) ou après un supplément de 2,5 mois d'éclairement (trait rouge) (d'après Delgadillo* et al *2002).*

Les mâles deviennent sexuellement actifs environ 45 jours après la fin du traitement jours longs et sont alors utilisables pour produire un « effet bouc » (cf. figure 8).

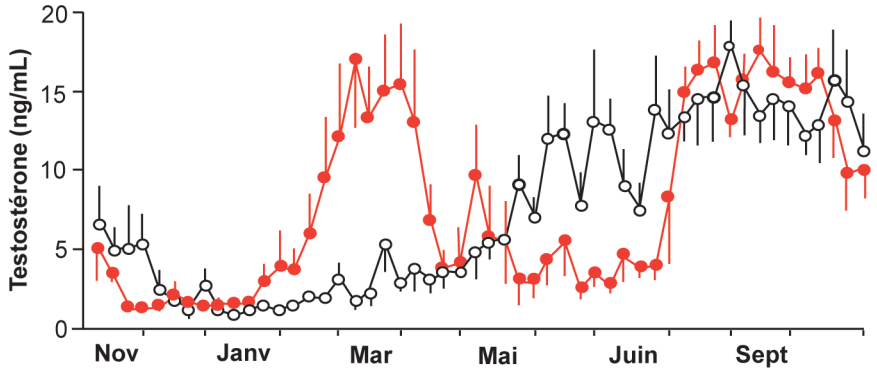
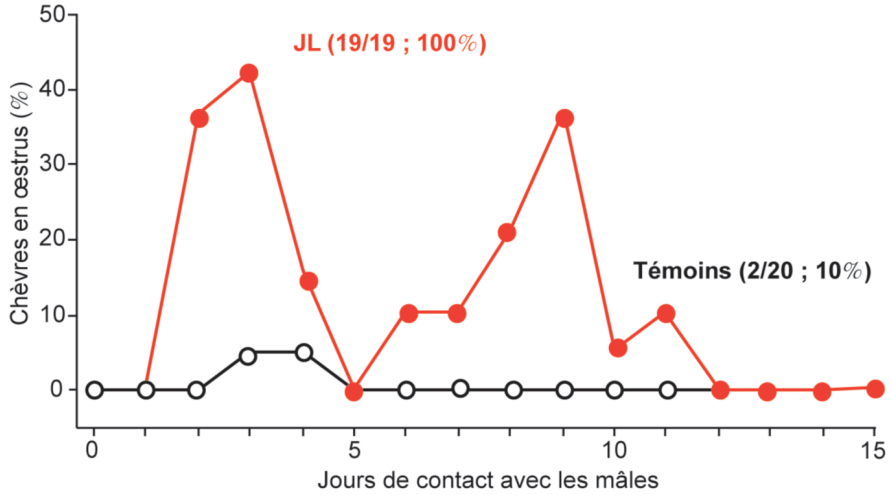


Figure 8. *Évolution quotidienne de la proportion de chèvres Criollas de la Comarca Lagunera en œstrus suite à un effet bouc au printemps (d'après Delgadillo* et al *2002).*

La courbe rouge montre la réponse des chèvres stimulées par des boucs sexuellement actifs ayant reçu 2,5 mois de jours longs puis 45 jours en photopériode naturelle avant la lutte. La courbe noire montre la réponse des chèvres avec des boucs élevés en photopériode naturelle.



l'état reproductif dans lequel les femelles sont au moment de l'introduction du mâle, en partie dépendant de leur condition corporelle, et qui va conditionner leur réponse.

Lorsque cet effet mâle est associé avec un traitement progestatif préalable, il permet d'aboutir à des fertilités équivalentes à celles obtenues avec un traitement hormonal complet (Pellicer-Rubio *et al* 2008). Malheureusement, l'utilisation de l'effet mâle seul avec des IA sur œstrus détecté ne permet pas d'aboutir à des fertilités satisfaisantes (Pellicer-Rubio *et al* 2016).

De la même façon, le rôle joué par l'activité sexuelle du mâle inducteur dans la réponse, même si il avait été mentionné depuis longtemps dans la littérature, a fait l'objet d'une exploration intense au Mexique et il est désormais indéniable que l'éleveur a intérêt à soumettre ses béliers et boucs à un traitement photopériodique avant de procéder à leur réintroduction parmi les femelles, pour maximiser la réponse de celles-ci (Delgadillo 2011). Si l'intérêt de ce traitement des mâles n'a sans doute pas été encore complètement perçu en France, ce n'est pas le cas en Espagne où son efficacité a été démontrée (Abecia *et al* 2015, 2016, 2017) et où il commence désormais à être utilisé dans des élevages en Agriculture Biologique.

Dans une sorte d'effet « boomerang » assez inattendu il y a vingt ans, les résultats des travaux conduits en collaboration avec la Tunisie et le Mexique, nous reviennent donc en permettant non seulement une accélération probable de la mise au point de ces techniques alternatives, mais également une substantielle économie sur les coûts engendrés par ces recherches.

Pour les équipes tunisiennes et mexicaines, outre l'utilisation des résultats sur le plan local afin d'améliorer l'efficacité des systèmes d'élevage appuyés sur des races locales et sur des techniques durables et peu coûteuses, ces collaborations se sont traduites par des publications conjointes dans des revues internationales à comité de lecture, assurant à ces laboratoires une renommée internationale (encadré 2). Dans le cas du Mexique, la forte activité de publication a permis la reconnaissance nationale et internationale et la création d'un centre de recherches international en reproduction caprine (CIRCA) qui est actuellement, dans son secteur, un des plus reconnus au niveau mondial. La qualité des travaux appliqués réalisés a également permis la création d'un pôle d'intérêt nouveau au niveau des enseignements de troisième cycle auquel participe le CIRCA, et une meilleure reconnaissance nationale de cet enseignement par les organismes de tutelle. Le CIRCA a été un des premiers partenaires étrangers, en 2015, à entrer dans un Laboratoire International Associé labellisé par l'INRA, associé à l'UMR-PRC sous l'intitulé CABRAA.

Conclusion

Avec ces deux exemples de collaborations entre la Tunisie et la France et le Mexique et la France, nous avons voulu montrer que les questions biologiques qui se posaient il y a une trentaine d'années et qui visaient à développer des techniques peu onéreuses de maîtrise de la reproduction des petits ruminants dans des élevages « du Sud » à faibles revenus, sont, finalement, les mêmes que celles qui se posent actuellement dans les élevages français et européens soucieux de mettre en œuvre des techniques alternatives aux hormones exogènes.

Les travaux conduits dans ce cadre ont donné des résultats utiles aujourd'hui dans les élevages « du Nord » à plus forts revenus, ce qui n'était pas un résultat forcément attendu. Ceci nous semble bien illustrer la nécessité d'établir des relations entre chercheurs appuyées sur la confiance, la réciprocité et la durée, en même temps que sur une exigence d'excellence scientifique.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier tous leurs collaborateurs impliqués dans les nombreuses expériences réalisées en Tunisie, au Mexique et en France, ainsi que les appuis financiers dont ils ont bénéficié de la part de leurs institutions respectives, mais aussi des nombreux programmes de coopération entre les trois pays.

Encadré 2. *Publications conjointes des laboratoires.*

Ainsi qu'il a été indiqué, un des objectifs de ces collaborations était de réaliser des publications conjointes dans des revues internationales à comité de lecture, à partir des résultats scientifiques et techniques issus des travaux conduits conjointement. À chaque réunion annuelle rassemblant les partenaires et pour chaque expérimentation mise en œuvre, une discussion approfondie avait lieu sur le support de publication, le contenu de l'article en termes d'objectifs et de raisonnement scientifique, ainsi que sur la présence et l'ordre de signature des auteurs.

Il y a plusieurs raisons pour expliquer cette volonté de publier au niveau international les résultats obtenus. En premier lieu, il s'agissait de faire bénéficier l'ensemble de la communauté scientifique des résultats acquis sur ces techniques alternatives de maîtrise de la reproduction, en particulier les chercheurs des autres pays où des élevages ovins et caprins à faibles revenus sont présents. Nous nous rendons compte que ces publications sont désormais utiles aussi aux chercheurs des pays industrialisés qui souhaitent développer de telles techniques. En second lieu, il s'agissait de faire la preuve, *a priori* ou/et *a posteriori*, auprès des organismes financeurs que le travail réalisé était d'un bon niveau international et méritait d'avoir été ou d'être soutenu. Enfin, il était important de faire émerger au sein des deux pays considérés, un collectif de scientifiques capables à la fois d'agir localement pour développer des techniques efficaces de maîtrise de la reproduction, d'intervenir dans la communauté scientifique internationale et d'être nos interlocuteurs pour l'avenir du programme. Il est intéressant de constater que certains de ceux-ci sont maintenant invités, en France, dans des réunions nationales pour y exposer leurs résultats.

Références

Abdennebi L., Khaldi G., 1995. Effect of body weight on reproductive performance in prolific Barbary ewes. Influence du poids vif sur les performances de reproduction des brebis prolifiques de race Barbarine. Cah. Opt. Mediter., 6, 43-50.

Abecia J.A., Chemineau P., Flores J.A., Keller M., Duarte G., Forcada F., Delgadillo J.A., 2015. Continuous exposure to sexually active rams extends estrous activity in ewes in spring. Theriogenology 84, 1549-1555. http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.08.002

Abecia J.A., Chemineau P., Gómez A., Keller M., Forcada F., Delgadillo J.A., 2016. Presence of photoperiod-melatonin-induced,sexually-activated rams in spring advances puberty in autumn-born ewe lambs. Anim. Reprod. Sci., 170, 114-120. http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.04.011

Abecia J.A., Chemineau P., Keller M., Delgadillo J.A., 2017. Extended day length in late winter/early spring, with a return to natural day length of shorter duration, increased plasma testosterone and sexual performance in rams with or without melatonin implants. Reprod. Domestic Anim. 1-6. DOI: 10.1111/rda.12988.

Agence Bio 2016. http://www.agencebio.org/la-bio-en-France

Agreste 2016. Statistiques du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.. http://agreste.agriculture.gouv.fr/publications/chiffres-et-donnees/

Atti N., Bocquier F., Khaldi G., 2004. Performance of the fat-tailed Barbarine sheep in its environment: adaptive capacity to alternation of underfeeding and re-feeding periods. A review. Anim. Res. 53, 165-176. DOI: 10.1051/animres:2004012

Balasse M., Tresset A., Balasescu A., Blaise E., Tornero C., Gandois H., Fiorillo D., Nyerges E.A., Frémondeau D., Banffy E., Ivanova M., 2017. Animal Board Invited Review: Sheep birth distribution in past herds: a review for prehistoric Europe (6th to 3rd millennia BC). Animal, (in press). DOI:10.1017/S1751731117001045

Barillet F., Baloche G., Buisson D., Lagriffoul G., Aguerre X., Boulenc P., Fidele F., Fregeat G., Giral-Viala B., Guibert P., Panis P., Soulas C., Robert-Granie C., Larroque H., Legarra A., Astruc J.M., 2014. Sélection génomique en ovins laitiers en France : principaux résultats et conséquences pour la mise en place de schémas de sélection génomique. Renc. Rech. Rum., 21, 249-252.

Barillet F., Lagriffoul G., Marnet P.G., Larroque H., Rupp R., Portes D., Bocquier F., Astruc J.M., 2016. Objectifs de sélection et stratégie raisonnée de mise en oeuvre à l'échelle des populations de brebis laitières françaises. INRA Prod. Anim., 29, 19-40.

Chanvallon A., Sagot L., Pottier E., Debus N.› Francois D., Fassier T., Scaramuzzi, R.J., Fabre-Nys C., 2011. New insights into the influence of breed and time of the year on the response of ewes to the ' ram effect '. Animal 5, 1594-1604.

Chemineau P., 1983. Effect on œstrus and ovulation of exposing creole goats to the male at 3 times of the year. J. Reprod. Fertil., 67, 65-72.

Chemineau P., 1985. Effects of a progestagen on buck-induced short ovarian cycles in the Creole meat goat. Anim. Reprod. Sci., 9, 87-94.

Chemineau P., 2012. A foresight reflection on sustainable methods for controlling mammalian farm animal reproduction. Tropic. Subtropic. Agroecosys.15, Suppl. 1. S1-S14.

Chemineau P., Poulin N., Cognié Y., 1984. Progesterone secretion in the Creole goat during male-induced ovarian cycles – Seasonal effects. Reprod. Nutr. Dev., 24, 557-561.

Chemineau P., Levy F., Thimonier J., 1986. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and estrous behavior induced by males in the anovular Creole goat. Anim. Reprod. Sci., 10, 125-132.

Chemineau P., Daveau A., Maurice F., Delgadillo J.A., 1992. Seasonality of œstrus and ovulation is not deeply modified by submitting Alpine goats to a tropical photoperiod. Small Rum. Res., 8, 299-312.

Chemineau P., Pellicer-Rubio M.T., Lassoued N., Khaldi G., Monniaux D., 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. Reprod. Nutr. Dev., 46, 417-429.

Chemineau P., Malpaux B., Brillard J.P., Fostier A., 2007. Seasonality of reproduction and production in farm fishes, birds and mammals. Animal, 1, 419-432.

Delgadillo J.A., 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropics. Animal, 5, 74-81.

Delgadillo J.A., Flores J.A., Villareal O., Flores M.J., Hoyos G., Chemineau P., Malpaux B., 1998. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical Mexico: Effect of season of parturition and duration of nursing. Theriogenology, 49, 1209-1218.

Delgadillo J.A., Canedo G.A., Chemineau P., Guillaume D., Malpaux B., 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. Theriogenology, 52, 727-737.

Delgadillo J.A., Carrillo E., Moran J., Duarte G., Chemineau P., Malpaux B., 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. J. Anim. Sci., 79, 2245-2252.

Delgadillo J.A., Flores J.A., Veliz F.G., Hernandez F.H., Duarte G., Vilema F., Poindron P., Chemineau P., Malpaux B., 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. J. Anim. Sci., 80, 2780-2786.

Delgadillo J.A., Cortez M.E., Duarte G., Chemineau P., Malpaux B., 2004. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. Reprod., Nutr. Dev., 44, 183-193.

Delgadillo J.A., Flores J.A., Veliz F.G., Duarte G. Vielma J, Hernandez H., Fernandez I.G. ,

2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. Reprod. Nutr. Dev., 46, 391-400.

Delgadillo J.A., Gelez H., Ungerfeld R., Hawken P.A.R., Martin G.B. 2009. The 'male effect' in sheep and goats-Revisiting the dogmas. Behav. Brain Res., 200, 304-314.

Duarte G., Flores J.A., Malpaux B., Delgadillo J.A., 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. Domest. Anim. Endocrinol., 35, 362-370.

Dumont B., Bernues A., 2014. Agroecology for producing goods and services in sustainable animal farming systems. Animal, 8, 1201-1203.

Fabre-Nys C., Kendrick K.M., Scaramuzzi R., 2015. The "ram effect": new insights into neural modulation of the gonadotropic axis by male odors and socio-sexual interactions. Frontiers in Neuroscience 9 Art. UNSP 111 DOI: 10.3389/fnins.2015.00111

Fatet A., Pellicer-Rubio M.T., Leboeuf B., 2011. "Reproductive cycle of goats." Anim. Reprod. Sci., 124, 211-219.

Flores J.A., Veliz F.G., Perez-Villanueva J.A., de la Escalera G.M., Chemineau P., Poindron P., Malpaux B. Delgadillo J.A., 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. Biol. Reprod., 62, 1409-1414.

Gaunand A., Chemineau P., Dufourny L., Fatet A., Pellicer Rubio M., Vignon X., 2014. Département PHASE, ASIRPA (Analyse Socio-économique des Impacts de la Recherche Publique Agronomique). Control of animal reproduction in small ruminants: seasonality – photoperiod. http://prodinra.inra.fr/record/391281

Girard L., 1813. Moyens employés avec succès, par M. Morel de Vindé, Membre de la Société d'Agriculture de Seine et Oise, pour obtenir, dans le temps le plus courts possible, la fécondation du plus grand nombre des brebis portières d'un troupeau. Ephémérides de la Société d'Agriculture du Département de l'Indre pour l'An 1813, Séance du 5 septembre, Chateauroux, Département de l'Indre, France VII, 66-68.

Hafez E.S.E. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. J. Agricult. Sci., 42, 189-265.

Khaldi G., 1984. Variations saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'œstrus et de la durée de l'anœstrus post-partum des femelles ovines de race Barbarine : influences du niveau alimentaire et de la présence du mâle. Montpellier, Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Doctorat es Sciences, 168p.

Lassoued N., 1998. Induction de l'ovulation par « effet bélier » chez les brebis de race Barbarine en anœstrus saisonnier. Mécanismes impliqués dans l'existence du cycle ovulatoire de courte durée. Tunis, Univ Tunis II. PhD, 190 pp.

Lassoued N., Khaldi G., 1989a. Influence du niveau alimentaire avant et après la mise bas sur la réponse des brebis de race Barbarine à l'effet mâle. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie 63, 1-15.

Lassoued N., Khaldi G., 1989b. Effect of indomethacin on the duration of the ovarian cycle induced by the ram effect. Influence de l'indometacine sur la duree du cycle ovarien induit par effect male chez la brebis. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie 62, 14p.

Lassoued N., Khaldi G., Cognié Y., Chemineau P., Thimonier J., 1995. Effet de la progestérone sur le taux d'ovulation et la durée du cycle ovarien induit par effet mâle chez la brebis Barbarine et la chèvre locale tunisienne. Reprod. Nutr. Dev., 35, 415-426.

Lassoued N., Khaldi G., Chemineau P., Cognié Y., Thimonier J., 1997. Role of the uterus in early regression of corpora lutea induced by the ram effect in seasonally anoestrous Barbarine ewes. Reprod. Nutr. Dev., 37, 559-571.

Lindsay D.R., Cognié Y., Pelletier J., Signoret J.P., 1975. Influence of presence of rams on timing of ovulation and discharge of LH in ewes. Physiol. Behav., 15, 423-426.

Lurette A., Freret S., Chanvallon A., Experton C., Frappat B., Gatien J., Dartois S., Martineau C., Le Danvic C., Ribaud D., Fatet A., Pellicer-Rubio M., 2016. Management of reproduction in sheep and goats, conventional and organic farming production systems: inventory of practices, interest and acceptability of new management tools in six production areas in France. INRA Prod. Anim., 29,163-184.

Martin G.B., Oldham C.M., Cognié Y., Pearce D.T., 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams – A review. Livest. Prod. Sci., 15, 219-247. https://doi.org/10.1016/0301-6226(86)90031-X

Martin G.B., Oldham C.M., Lindsay D.R. 1980. Increased plasma-LH levels in seasonally anovular Merino ewes following the introduction of rams. Anim. Reprod. Sci., 3, 125-132.

Martin G.B., Scaramuzzi R.J., Lindsay D.R., 1981. Induction of ovulation in seasonally anovular ewes by the introduction of rams – Effects of progesterone and active immunization against Androstenedione. Aust. J. Biol. Sci., 34, 569-575.

Murata K., Tamogami S., Itou M., Ohkubo Y., Wakabayashi Y., Watanabe H., Okamura H., Takeuchi Y., Mori Y., 2014. Identification of an Olfactory Signal Molecule that Activates the Central Regulator of Reproduction in Goats. Curr. Biol., 24, 681-686. DOI: 10.1016/j.cub.2014.01.073

Pellicer-Rubio M. T., Leboeuf B., Bernelas D., Forgerit Y., Pougnard J.L., Bonne J.L., Senty E., Breton S., Brun F., Chemineau P., 2008. High fertility using artificial insemination during deep anœstrus after induction and synchronisation of ovulatory activity by the "male effect" in lactating goats subjected to treatment with artificial long days and progestagens. Anim. Reprod. Sci., 109, 172-188.

Pellicer-Rubio M.T., Boissard K., Forgerit Y., Pougnard J.L., Bonne J.L., Leboeuf B., 2016. Evaluation of hormone-free protocols based on the "male effect" for artificial insemination in lactating goats during seasonal anestrus. Theriogenology, 85, 960-969. DOI: 10.1016/j.theriogenology. 2015.11.005

Rivas-Munoz R., Fitz-Rodriguez G., Poindron P., Malpaux B., Delgadillo J.A., 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. J. Anim. Sci., 85, 1257-1263.

Shelton M., 1960. The influence of the presence of the male goat on the initiation of oestrous cycling and ovulation in Angora does. J. Anim. Sci., 19, 368-375.

Signoret J.P., 1976. Effect of presence of male on LH surge and ovulation in ewe. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 16, 168-168.

Signoret J.P., 1980. Effect of the male presence on the reproductive mechanisms in female mammals. Reprod. Nutr. Dev., 20, 457-468.

Signoret J.P., Fulkerson W.J., Lindsay D.R., 1982. Effectiveness of testosterone-treated whethers and ewes as teasers. Appl. Anim. Ethol., 9, 37-45.

Thimonier J., Mauléon P., 1969. Variations saisonnières du comportement d'œstrus et des activités ovariennes et hypophysaires chez les ovins. Ann. Biol. Anim., Biochem., Biophys., 9, 233-250.

Thimonier J., Cognié Y., Lassoued N., Khaldi G., 2000. L'effet mâle chez les ovins : une technique actuelle de maîtrise de la reproduction. INRA Prod. Anim., 13, 223-231.

Underwood E.J., Shier F.L., Davenport N., 1944. Studies in Sheep husbandry in Western Australia. V. The breeding season of Merino crossbred and British Breed ewes in the Agricultural districts. J. Depart. Agricult., Western Australia, 11, 135-143.

Walkdenbrown S.W., Restall B.J., Henniawati 1993a. The male effect in the Australian Cashmere goat. 1. Ovarian and behavioral response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. Anim. Reprod. Sci., 32, 41-53.

Walkdenbrown S.W., Restall B.J., Henniawati, 1993b. The male effect in the Australian Cashmere goat. 2. Role of the olfactory cues from the male. Anim. Reprod. Sci., 32, 55-67.

Walkdenbrown S.W., Restall B.J., Henniawati, 1993c. The male effect in the Australian Cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of estrous females. Anim. Reprod. Sci., 32, 69-84.

Résumé

Les recherches sur la maîtrise de la reproduction des brebis et des chèvres ont abouti à des traitements hormonaux de synchronisation des chaleurs très largement utilisés. Leurs coûts sont supportés par la valeur ajoutée de la production laitière et le progrès génétique rapide permis par l'insémination artificielle associée à la synchronisation. Les éleveurs des pays en développement ne disposent pas des mêmes moyens financiers et des programmes de coopération conduits avec les chercheurs de ces pays portent sur des moyens moins coûteux de synchronisation, comme « l'effet mâle » qui ne nécessite que des manipulations de lots d'animaux, sans intervention hormonale. En France, l'effet mâle ne suscite d'intérêt que chez les éleveurs et professionnels ovins et caprins en Agriculture Biologique. Pendant plus de 20 ans, des programmes de coopération scientifique entre la France, la Tunisie et le Mexique ont permis de mieux connaître les mécanismes physiologiques de la réponse à l'effet mâle et les conditions de son utilisation. Ils ont produit de nombreuses publications et permis le développement de techniques durables de maîtrise de la reproduction, adoptées avec succès par les éleveurs tunisiens et mexicains. L'émergence récente de préoccupations environnementales a changé le point de vue des professionnels français, désormais plus soucieux de durabilité de leurs systèmes. Les informations accumulées lors de ces programmes internationaux de coopération sont maintenant utiles dans les systèmes d'élevage français et européens, pour accélérer la mise au point de nouvelles techniques alternatives à l'utilisation des traitements hormonaux.

Abstract

Original outputs on the "male effect", an agro-ecological technique to control sheep and goat reproduction, as a consequence of long-term scientific collaborations between Tunisia, Mexico and France

Hormonal control of estrus in sheep and goats has encountered a tremendous success in farms of industrial countries. Their costs are supported by the added value of milk production and increase the genetic merit provided by artificial insemination associated with hormonal synchronization. On the contrary, small ruminant breeders from the developing world cannot benefit from these technologies; a part of the scientific programs within these countries are based on more sustainable techniques, such as the "male effect" which does not require anything except animal management. In France, the interest of professionals for the male effect has been limited to those engaged in organic farming. For 30 years, scientific programs of cooperation between Tunisia, Mexico and France have provided a better understanding of the physiological mechanisms underlying the females' response to the male effect and the adapted conditions of its utilization. They produced numerous publications and allowed the development of sustainable techniques now adopted by Tunisian and Mexican farmers. The recent emergence of environmental concerns has changed the point of view of French professionals, nowadays more concerned by sustainability. The information coming from these international programs can now be used in France and Europe to develop alternative techniques to hormonal treatments.

CHEMINEAU P., KHALDI G., LASSOUED N., COGNIÉ Y., THIMONIER J., POINDRON P., MALPAUX B., DELGADILLO J.A., 2017. Des apports originaux sur l'« effet mâle », une technique agro-écologique de maîtrise de la reproduction des brebis et des chèvres, fruits d'une longue collaboration scientifique entre la Tunisie, le Mexique et la France. INRA Prod. Anim., 30, 427-438.