

Préparation de la lapine à l'insémination : analyse bibliographique

M. THEAU-CLEMENT

INRA. Station d'Amélioration Génétique des Animaux BP 52627 - 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

Résumé. Cette synthèse bibliographique fait le point sur les connaissances des facteurs de réussite de l'insémination et des méthodes susceptibles d'induire la réceptivité des lapines au moment de l'insémination afin d'améliorer leur fécondité. La parité, l'état d'allaitement et de pseudogestation ainsi que la réceptivité sexuelle au moment de l'insémination, influencent les performances de reproduction. La pseudogestation déprime fortement les performances de reproduction, cependant la cause des ovulations non maîtrisées est aujourd'hui inconnue. L'utilisation routinière de PMSG sur des lapines allaitantes, permet d'augmenter de façon durable la proportion de lapines réceptives au moment de l'IA et en conséquence leur productivité, sans risque immunitaire important. Appliquées juste avant l'IA, des méthodes alternatives à l'utilisation d'hormones ont été étudiées : une manipulation des animaux (changement de cage, regroupement des femelles), la proximité des mâles, une séparation mère-jeunes, des programmes alimentaires et des stimulations lumineuses. Si certaines de ces méthodes améliorent la fécondité, elles sont susceptibles parfois de freiner la croissance des lapereaux (programmes lumineux, séparation ponctuelle de la mère et ses produits...). En conséquence, pour une application raisonnée dans les élevages, il est important de considérer des critères de productivité globale sur le long terme et d'étudier la durabilité des effets. Cependant, une meilleure connaissance des mécanismes physiologiques sous-jacents permettrait un meilleur contrôle de la reproduction dans les élevages cunicoles.

Abstract. Preparation of the rabbit doe to the insemination: bibliographic analysis. This bibliographical synthesis gives a description of knowledge of the factors of success of insemination and the methods suitable for oestrus induction in order to improve rabbit doe fecundity. The parity, the lactation status, pseudopregnancy as well as the sexual receptivity at the time of insemination highly influence reproductive performances. Pseudopregnancy strongly depresses fertility, however the cause of these ovulations is unknown today. The routine use of PMSG on lactating does, makes it possible to increase in a durable way, the proportion of receptive does at the time of the IA and in consequence their productivity, without important immune risks. Applied just before the insemination different alternative methods have been studied: an animal manipulation (change of cage, does gathering), a "buck" effect, a short dam-litter separation, feeding programmes and light stimulations. Some of these methods improve the fecundity, but they sometimes also decrease young growth (dam-litter separation, lighting programmes...). Consequently, for an optimal application in farms, it is important to consider long term effects such as global productivity and durability of the effects. However, a better knowledge of the underlying physiological mechanisms would allow a better control of the reproduction in rabbit farms.

Introduction

L'insémination artificielle de la lapine a fait son apparition dans les élevages français à la fin des années 80. Ce mode de reproduction a permis la mise en place d'un nouveau système de production : "la conduite en bande" et une meilleure organisation des élevages. Généralement, les éleveurs achètent la semence (mélanges hétérospermiques) dans l'un des 20 centres de production et réalisent eux-mêmes les inséminations. Plus de 80% des élevages rationnels français sont conduits en bande unique, la plupart d'entre eux avec un intervalle de 42 jours entre 2 inséminations.

La recherche de facteurs de réussite de l'insémination artificielle (IA) a fait l'objet de nombreux travaux ces dernières années. Si les lapines peuvent être inséminées dès la mise bas, leurs performances de reproduction varient considérablement en fonction de la parité (rang de portée), de leur stade physiologique (allaitantes ou non, stade de lactation) et de leur réceptivité sexuelle au moment de l'insémination. Aujourd'hui les résultats de fertilité sont de bon

niveau (77 % en moyenne), cependant les éleveurs utilisent diverses méthodes pour induire la réceptivité des lapines au moment de l'insémination. Certains utilisent des méthodes hormonales combinées ou non à l'utilisation de techniques pas toujours éprouvées, telles qu'un flushing alimentaire, une séparation momentanée entre la mère et sa portée, un apport vitaminique dans l'eau de boisson ou dans la ration alimentaire, des programmes lumineux.....

L'objectif de cette synthèse bibliographique est de faire le point sur les connaissances des facteurs de réussite de l'insémination et les méthodes susceptibles d'induire la réceptivité des lapines au moment de l'insémination afin d'améliorer leur fécondité.

1. Facteurs de réussite de l'insémination artificielle liés à la femelle

1.1 La parité

En insémination artificielle, les nullipares, généralement très réceptives, se caractérisent par une fertilité supérieure à 70 % mais par une prolificité plus modeste (8,8 nés vivants) que pour les lapines de

parités suivantes (au moins 10,5 lapereaux vivants pour le même génotype, Perrier *et al.*, 1998). Les primipares inséminées pendant leur première lactation, moins réceptives, ont une fertilité généralement inférieure à 70 % mais une taille de portée supérieure à celle des lapines nullipares (Chmitelin *et al.*, 1990 ; Davoust, 1994 ; Szendrő *et al.*, 1999 ; Perrier *et al.*, 2000). Parigi Bini et Xiccato (1993) ont mis en évidence des pertes énergétiques très marquées (28 % : différence entre les apports alimentaires et les besoins d'entretien et de la lactation) pendant la première lactation, en réponse aux besoins élevés pour la lactation, la gestation et la croissance encore inachevée. Ces derniers auteurs mettent aussi en évidence des tailles de portée plus élevées que pour les nullipares.

Les lapines multipares ont des niveaux élevés de fertilité et de tailles de portée (78,6 % et 11,2 nés vivants pour des lapines de génotype 0067, Perrier *et al.*, 2000). Cependant, dans le cas particulier d'une conduite en rythme *post partum*, Szendrő *et al.* (1999) soulignent que la diminution de la fertilité des lapines primipares est étendue aux secondipares, alors que la taille de portée ne varie plus significativement après la 2^{ème} portée.

1.2 L'état d'allaitement au moment de l'insémination.

La lapine, espèce polytoque et la vache, espèce monotoque, sont les seuls animaux d'intérêt zootechnique à qui l'homme demande de gérer en simultanéité une lactation et une gestation. Ainsi, à l'effet de la parité peut donc s'ajouter l'effet de l'allaitement au moment de l'insémination ou de la saillie.

Une lapine est fertile si elle est apte à ovuler, à être fécondée et si elle est capable de conduire une gestation jusqu'à son terme. Au cours de la gestation, la connaissance du pourcentage de lapines qui ont été fécondées implique une laparotomie ou le sacrifice des animaux. Cependant, une endoscopie au moment d'une palpation abdominale négative permet par l'observation directe des ovaires et des cornes utérines, de savoir si le défaut de gestation constaté est lié à l'absence d'ovulation ou à un défaut de gestation indépendant de l'ovulation (défaut de fécondation ou mortalité précoce totale). Les composantes de la fertilité étudiées dans cette analyse sont donc l'aptitude à ovuler et les défauts de gestation indépendants de l'ovulation. Les composantes de la prolificité sont l'intensité d'ovulation, le taux de fécondation (œufs fécondés / nombre de corps jaunes) et la survie embryonnaire.

1.2.1. Réceptivité.

Au moment de l'insémination ou de la saillie, les lapines allaitantes sont généralement moins réceptives que les non-allaitantes (Beyer et Rivaud, 1969 ; Garcia et Perez, 1989 ; Rodriguez *et al.*, 1989 ; Theau-Clément *et al.*, 1990b ; Alabiso *et al.*, 1996). En outre, les lapines qui allaitent de grosses portées (≥ 8 lapereaux) sont moins réceptives que celles qui

allaitent un nombre plus faible de lapereaux (Diaz *et al.*, 1988 ; Garcia et Perez, 1989 ; Theau-Clément *et al.*, 1990b ; Rodriguez de Lara et Fallas, 1999). Le comportement sexuel des lapines varie aussi en fonction du stade de lactation (Ubilla et Rebollar, 1995). Le pourcentage de lapines qui acceptent l'accouplement est très élevé (généralement de l'ordre de 90 %) le jour de la mise bas (Beyer et Rivaud, 1969 ; Harned et Casida, 1969 ; Delaveau, 1978 ; Maertens et Okerman, 1987 ; Diaz *et al.*, 1988 ; Roustan et Maillot, 1990). Il décroît à 4 jours *post partum* (Diaz *et al.*, 1988 : 47,2 % ; Theau-Clément *et al.*, 1990b : 54,2 %) pour remonter à 11 jours (Theau-Clément *et al.*, 1998b : 88,7 %) et retrouver le niveau initial après le sevrage (Prud'hon *et al.*, 1969, Fortun-Lamothe et Bolet, 1995). Cette évolution de la réceptivité sexuelle entre la mise bas et le sevrage des lapereaux a été confirmée par Theau-Clément *et al.* (2000).

1.2.2. Fertilité.

En insémination artificielle, les écarts de fertilité en fonction de l'état d'allaitement sont systématiques : de 10 à 20 % en faveur des lapines non allaitantes (Lange et Schlolaut, 1988 ; Rodriguez de Lara et Fallas, 1999 ; Rebollar *et al.*, 1992a ; Theau-Clément et Lebas, 1996 ; Perrier *et al.*, 2000). Ils sont liés d'une part, à l'effet dépressif de la lactation sur la capacité à ovuler, (68 vs 91,5 % pour les non allaitantes), malgré l'injection de facteurs hypothalamiques associée à l'insémination. D'autre part, ces écarts sont aussi liés à l'augmentation du pourcentage de défauts de gestation indépendants de l'ovulation (34,0 vs 5,0 %, Theau-Clément *et al.*, 1990a).

Cependant, les lapines allaitantes au stade 10-11 jours *post partum* sont plus fertiles que les lapines au stade 3-4 jours (respectivement 70,7 vs 39,9, Theau-Clément, 1996). La fertilité mesurée 24 heures après l'insémination (pourcentage de lapines ayant au moins un œuf segmenté) est élevée le lendemain de la mise bas, elle chute à 4 jours *post partum* pour croître à nouveau jusqu'après le sevrage (96,4%, Theau-Clément *et al.*, 2000). Cet effet dépressif du stade de lactation sur la fertilité est la conséquence d'une diminution de l'aptitude à l'ovulation (50,7 et 78,5 %, respectivement aux stades 4 et 11 jours de lactation, Theau-Clément, 1996) et d'une augmentation des défauts de gestation indépendants de l'ovulation (11,7 % à 11 jours vs 21,6 % à 4 jours de lactation) correspondant à l'absence de fécondation ou une mortalité embryonnaire totale.

1.2.3. Prolificité.

Les résultats de prolificité sont généralement peu différents entre des lapines non-allaitantes et des lapines allaitantes au stade 11 jours *post partum* au moment de l'IA (respectivement 8,2 vs 7,7 nés vivants), par contre, ils sont supérieurs à ceux des lapines inséminées au stade 4 jours (4,5 nés vivants ; Theau-Clément, 1996). Rodriguez de Lara et Fallas (1999) et Szendrő et Biro-Nemeth (1991) n'ont pas

mis en évidence d'effet du nombre de lapereaux allaités au moment de l'insémination sur la prolificité. L'intensité d'ovulation croît quand l'intervalle entre la mise bas et la mise à la reproduction augmente (Theau-Clément *et al.*, 1990a, 1994). Dans des conditions expérimentales identiques, 24 heures après l'IA, Theau-Clément *et al.* (2000) observent 9,7 ; 10,1 ; 14,4 ; 14,7 ; et 14,8 corps jaunes quand les lapines ont été inséminées respectivement 1, 4, 12, 19 jours *post partum* et 2 jours après sevrage. Le taux de fécondation a été peu étudié. En effet, cette mesure nécessite la laparotomie ou le sacrifice des animaux, 24-48 heures après l'insémination et la perfusion des oviductes afin de récolter les œufs pour vérifier s'ils ont été fécondés (ovules) ou non (ovocytes). Le taux de fécondation évolue avec le stade de lactation. Il est élevé dans les 24 heures suivant la mise bas (73,4%), mais chute au stade 4 jours *post partum* (66,9 %) pour augmenter régulièrement jusqu'après le sevrage (90,7 %). De plus, Theau-Clément *et al.* (1990a) ont observé dans la semaine suivant l'implantation, une mortalité de 14,5 % pour les allaitantes au stade 11 jours *post partum* lors de l'IA, contre seulement 4,8 % pour les non-allaitantes.

La lactation déprime d'une part, la réceptivité des lapines au moment de la mise à la reproduction et d'autre part, les performances de reproduction et ses composantes : la fertilité (aptitude à ovuler, défauts de gestation non liés à l'ovulation) et la prolificité (intensité d'ovulation, taux de fécondation, survie embryonnaire). La lactation et son intensité (nombre de lapereaux allaités) dépriment la fertilité, en particulier le pourcentage de lapines ovulant (malgré l'injection de GnRH) et la fréquence des défauts de gestation non liés à l'ovulation. Le stade 4 jours post partum, est particulièrement défavorable pour l'induction de l'ovulation, l'établissement de la gestation et son maintien dans les stades précoces. L'effet dépressif de la lactation sur la prolificité est étroitement lié au stade de lactation. L'intensité d'ovulation croît quand l'intervalle entre la mise bas et l'insémination augmente, alors que le taux de fécondation fluctue. Cependant, comme le suggéraient déjà Foxcroft et Hasnain (1973), le moment de la saillie après la mise bas, a un effet plus important sur le comportement et les performances de reproduction, que l'état d'allaitement proprement dit.

1.3. La réceptivité sexuelle au moment de l'insémination

L'insémination artificielle est une technique qui conduit à induire une gestation chez certaines femelles qui, en saillie naturelle, auraient refusé l'accouplement. Ainsi en I.A, à l'effet parité et à l'effet de l'allaitement, s'ajoute l'effet de la réceptivité. La réceptivité, mesurée par un test en présence d'un mâle ou par l'observation de la couleur et de la turgescence de la vulve, reflète l'état d'oestrus ou de dioestrus des lapines au moment de l'insémination.

1.3.1. Fertilité.

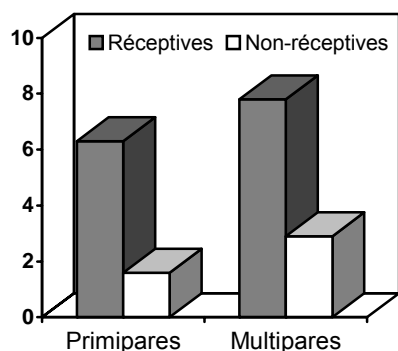
En insémination artificielle, la fertilité est fortement liée à la réceptivité sexuelle des lapines (Theau et Roustan, 1980 ; Battaglini *et al.*, 1986). En effet, la fertilité des lapines réceptives est significativement plus élevée (>75 %) que celle de non-réceptives (de 25 à 55 %, Theau-Clément et Poujardieu, 1994 ; Alabiso *et al.* 1996 ; Theau-Clément, 1996 ; Rodriguez de Lara et Fallas, 1999, Theau-Clément, 2001). La moindre fertilité des lapines non-réceptives au moment de l'insémination est partiellement due à des défauts d'ovulation (Rodriguez et Ubilla, 1988, Theau-Clément *et al.*, 1990a, Theau-Clément et Poujardieu, 1994) associé à des défauts de gestation non liés à l'ovulation (27,1 vs 11,7 %, Theau-Clément *et al.*, 1990a). Cependant, dans une étude récente, Theau-Clément (2001) montre que les défauts de gestation indépendants de l'ovulation dépendent aussi de la parité (primipares : 33 vs 8 % ; multipares : 15 vs 0 %, respectivement pour les non-réceptives et les réceptives).

1.3.2. Prolificité.

Les lapines réceptives ont une prolificité plus élevée que les lapines non-réceptives au moment de l'insémination (Theau-Clément, 1996 : + 2 lapereaux ; Rodriguez de Lara et Fallas, 1999 : + 1 lapereau). La liaison entre un niveau élevé de réceptivité et un niveau élevé de prolificité se retrouve quel que soit le rythme de reproduction. En effet, des lapines réceptives inséminées 10 jours ou 4 jours *post partum*, ont des tailles de portée plus élevées à la naissance que des lapines non-réceptives, inséminées aux mêmes stades (respectivement 10,5 et 8,2 vs 8,7 et 6,7 nés totaux ; Theau-Clément *et al.*, 1990b ; Theau-Clément et Lebas, 1996). Les lapines réceptives ont une intensité d'ovulation plus élevée (11,0 vs 8,7 corps jaunes, Theau-Clément et Poujardieu, 1994), sont plus fréquemment fécondées (84,1 vs 44,1 %, Theau-Clément, 2001) et ont une meilleure survie embryonnaire (au 14ème jour de gestation : + 2,5 fœtus, Theau-Clément et Poujardieu, 1994).

*La réceptivité sexuelle des lapines au moment de l'insémination, variable en fonction du stade de lactation, est associée à une meilleure fertilité. Pourvues d'un plus grand nombre de follicules préovulatoires sur l'ovaire (Kermabon *et al.*, 1994) et d'une concentration plus élevée d'oestrogènes plasmatiques (Rebollar *et al.*, 1992b), les lapines réceptives ovulent plus fréquemment et ont significativement moins de défauts de gestation indépendants de l'ovulation. La réceptivité sexuelle des lapines au moment de l'insémination est associée à une prolificité plus élevée à la naissance. Ce résultat est la conséquence, d'une intensité d'ovulation, d'un taux de fécondation et d'une survie embryonnaire plus élevés chez les lapines réceptives. En conséquence, la productivité des femelles réceptives est trois à quatre fois plus élevée que celle des femelles non-réceptives (figure 1).*

Figure 1. Influence de la réceptivité des lapines allaitantes (11 jours *post partum*) au moment de l'IA sur leur productivité au sevrage.



1.4. L'état physiologique

La parité, l'état d'allaitement et la réceptivité sexuelle des lapines au moment de l'insémination influencent les performances de reproduction. Cependant, les lapines allaitantes sont généralement moins réceptives. Ces effets interagissent donc sur les performances de reproduction et il convient d'étudier "l'état physiologique" des lapines au moment de l'insémination, défini par la combinaison entre l'état d'allaitement et l'état de réceptivité sexuelle. Les lapines peuvent être allaitantes-réceptives, allaitantes-non-réceptives, non-allaitantes-réceptives et non-allaitantes-non-réceptives.

1.4.1. Fertilité.

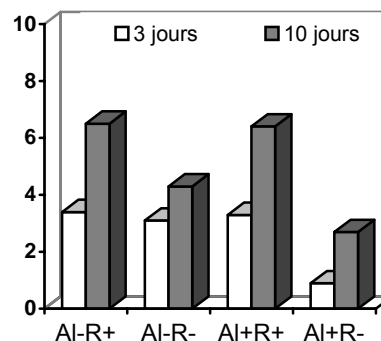
Les lapines simultanément allaitantes et non-réceptives présentent une fertilité très déprimée (< 45 %) par rapport aux trois autres groupes de lapines (> 70 % : Theau-Clément et Lebas, 1994 ; Castellini et Lattaioli, 1999). Cependant, l'effet de l'état physiologique varie significativement en fonction du stade de lactation (Theau-Clément, 1996). Les lapines allaitantes-non-réceptives au stade 4 jours sont moins fertiles que les allaitantes-non-réceptives au stade 11 jours de lactation (16,2 vs 53,8 %). Ce résultat est la conséquence de défauts d'ovulation et de défauts de fécondation ou de mortalité embryonnaire très marqués, en particulier quand les lapines sont allaitantes non-réceptives au stade 4 jours *post partum*.

1.4.2. Prolificité.

D'une manière générale, les lapines allaitantes-non-réceptives s'opposent quasi systématiquement aux 3 autres groupes de femelles et ont significativement moins de lapereaux à la naissance. De plus, comme pour la fertilité, l'effet de l'état physiologique varie en fonction du stade de lactation des lapines. En effet, au stade 11 jours *post partum*, les allaitantes-non-

Figure 2. Influence de l'état physiologique des lapines au moment de l'IA sur leur productivité au sevrage en fonction du stade de lactation selon Theau-Clément *et al.* (1990b) et Theau-Clément et Lebas (1994).

Sevrés/IA



AI-R+ : non-allaitantes-réceptives, AI-R- : non-allaitantes-non-réceptives, AI+R+ : allaitantes-réceptives, AI+R- : allaitantes-non-réceptives.

réceptives produisent 8,2 nés totaux à la naissance contre 9,8 pour les autres lapines (Theau-Clément et Lebas, 1994). A 4 jours *post partum*, les allaitantes-non-réceptives ne produisent que 4,6 nés totaux contre 8,1 en moyenne pour les autres lapines (Theau-Clément *et al.*, 1990b).

Ces résultats permettent de mieux préciser les facteurs et leurs interactions pouvant déterminer la réussite de l'insémination artificielle, ainsi que la complexité des mécanismes mis en jeu. Les performances de reproduction des lapines simultanément allaitantes-non-réceptives sont fortement déprimées. En effet, ces lapines sont moins fertiles, conséquence du cumul de défauts d'ovulation (malgré l'injection de GnRH), de défauts de fécondation ou de mortalité embryonnaire précoce, et ont des tailles de portée à la naissance plus faibles. Ces observations suggèrent en particulier chez les lapines non-réceptives, l'existence d'un antagonisme partiel entre la lactation et la fonction de reproduction, reflet pour partie d'un antagonisme hormonal entre la prolactine et la sécrétion des gonadotropines (Theau-Clément et Roustau, 1992 ; Fortun-Lamothe et Bolet, 1995 ; Boiti *et al.*, 2004). Cependant, la dégradation des résultats varie avec le stade de lactation ; par rapport aux rythmes étudiés, c'est à 4 jours de lactation que les lapines sont le moins réceptives et que les allaitantes-non-réceptives ont les performances de reproduction les plus faibles. En terme de productivité, par rapport aux autres états physiologiques, les lapines simultanément allaitantes et non-réceptives ont une productivité au sevrage très affaiblie (4 jours *post partum* : 0,9 lapereau sevré/IA ; 11 jours *post partum* : 2,7 sevrés/IA, figure 2). Le problème est d'importance car dans les systèmes de production intensifs, les lapines sont mises à la reproduction en début de lactation. Il faut rappeler que cet effet est peu visible en saillie naturelle, car cet antagonisme est masqué par le refus d'accouplement des lapines non-réceptives.

1.5. La pseudogestation

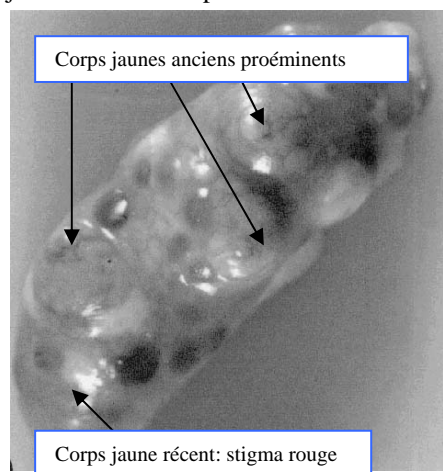
L'ovulation est l'aboutissement d'un réflexe neuro-endocrinien, induit chez la lapine par l'accouplement. En IA, elle est induite par l'administration de GnRH. Ainsi des corps jaunes fonctionnels (sécrétant de la progestérone) ne devraient pas être présents sur des ovaires de lapine qui n'ont pas été mises à la reproduction ou dans la période *post partum*. Cependant, Boiti *et al.* (1996) ont montré que près de 20 % des lapines ont au moment de l'insémination, des concentrations plasmatiques élevées de progestérone associées à une faible réceptivité sexuelle et une faible fertilité. Cette observation a été confirmée par Theau-Clément *et al.* (2000). En effet, sur les 170 lapines observées 24 heures après l'insémination, 35 d'entre elles présentaient 2 générations de corps jaunes (de 11 à 33) : une première génération de corps jaunes récents (correspondant à l'injection de GnRH, photo 1) et une seconde génération de corps jaunes plus anciens et proéminents. Ces lapines étaient caractérisées par une faible réceptivité sexuelle (22 %), une faible fertilité (3 %) mais toutes avaient ovulé. Un prélèvement de sang au moment de l'insémination a permis de montrer que ces lapines avaient un niveau élevé de progestérone (9,4 ng/ml), elles étaient donc pseudogestantes. Au cours de plusieurs expériences, des dosages systématiques de progestérone ont été réalisés au moment de l'insémination (11 jours *post partum*). Une analyse préliminaire montre que la fréquence des pseudogestations (concentration plasmatique > 1ng/ml) dépend de la parité des lapines (nullipares: 16 %, primipares: 32,5 %, multipares : de 4 à 9 %). La pseudogestation ne semble pas affecter la réceptivité des lapines nullipares, cependant leur fertilité est fortement réduite (37,5 vs 96,1 %) conduisant à une productivité faible à la naissance (3,0 vs 7,4 nés vivants/IA). Chez les primipares, la pseudogestation affecte la réceptivité (60,0 vs 81,3 %), la fertilité (24,0 vs 82,5 %) et en conséquence la productivité à la naissance (2,1 vs 8,3 nés vivants/IA). Chez les multipares, la pseudogestation déprime la fertilité (53,8 vs 86,2) et à un moindre niveau la productivité (6,1 vs 8,6 nés vivants). Chez les lapines pseudogestantes, la concentration plasmatique de progestérone est plus élevée chez les primipares que chez les nullipares ou les multipares (7,1 vs 1,9 et 3,3 ng/ml respectivement).

Dans les expériences pré-citées, les lapines étaient en cage individuelle depuis leur mise en place dans la cellule, la dernière injection de GnRH ayant été faite au moins 32 jours auparavant, la lutéolyse correspondante était achevée (fin de la lutéolyse 18 jours après l'ovulation, Browning *et al.*, 1980). De plus, aucun stress visible, ni aucune liaison avec la proximité des mâles n'ont été notés. L'absence de ces causes possibles pour provoquer des ovulations conduit à faire des hypothèses.

Boiti *et al.* (1999) ont démontré que les infections utérines augmentent la durée de vie des corps jaunes

et pourraient expliquer les niveaux élevés de progestérone à l'insémination. De plus, Boiti *et al.* (2005) ont montré que la progestérone peut être aussi sécrétée par les glandes surrénales consécutivement à l'activation de l'axe adrénalien par ACTH ou suite à la cascade d'événements après l'injection de lipopolysaccharides (constituants de la paroi de bactéries Gram-). Cependant, dans l'expérience de Theau-Clément *et al.*, (2000), aucune infection utérine n'a été mise en évidence chez les lapines abattues, la seule hypothèse "pathologique" ne peut donc être retenue. Par ailleurs, aucune des lapines au stade 1 jour de lactation ne présentait 2 générations de corps jaunes au moment de l'insémination. Ces observations suggèrent l'émergence d'ovulations spontanées chez les lapines primipares entre le 1^{er} et le 4^{ème} jour de lactation, d'origine inconnue à ce jour.

Photo 1. Ovaire de lapines ayant 2 générations de corps jaunes 24 heures après l'IA.



La pseudogestation est donc susceptible de déprimer fortement les performances de reproduction. Cependant la cause de ces ovulations au moment de l'insémination sont aujourd'hui inconnues. Des études complémentaires seront nécessaires d'une part, pour caractériser plus précisément les lapines pseudogestantes, le seuil de progestérone au-delà duquel elles sont dans l'incapacité de produire et d'expliquer d'autre part, la cause de ces ovulations.

1.6. Autres facteurs

Afin d'exprimer pleinement leurs potentialités de reproduction, les lapines doivent être en bon état sanitaire. Dans le cas contraire, le pourcentage de lapines réceptives au moment de l'insémination diminue ainsi que leurs performances de reproduction.

Peu de travaux ont étudié l'importance des facteurs génétiques dans la réussite de l'insémination artificielle. En saillie naturelle, Foxcroft et Hasnain (1973), ont montré que l'incidence de la lactation et du stade de lactation sur l'aptitude à l'ovulation et sur le taux de fécondation, dépend du type génétique des lapines. Hulot et Matheron, (1979, 1981), ont mis en évidence la complémentarité entre la souche INRA "A2066" (intensité d'ovulation élevée) et la souche INRA "A1077" (bonne viabilité embryonnaire). En

insémination artificielle, Brun *et al.* (1999) ont estimé l'évolution des performances de reproduction des lapines entre les générations F0 et F1, d'une souche synthétique obtenue à partir des souches INRA "A1601" et "A2066". A l'exception de la viabilité fœtale et postnatale, tous les caractères connaissent une augmentation entre la F0 et la F1, due à l'hétérosis direct : en particulier, le taux de réceptivité (10%). L'étude et l'exploitation de la variabilité génétique de la réceptivité sexuelle des lapines au moment de l'IA, pourraient être une voie d'amélioration des résultats d'insémination.

2. Méthodes d'induction de la réceptivité sexuelle des lapines

Les lapines étant généralement allaitantes au moment de l'insémination, un antagonisme partiel entre la lactation et la reproduction conduit les lapines allaitantes et non-réceptives à avoir des performances très faibles. L'amélioration et l'homogénéisation des performances de reproduction dans les élevages sont donc conditionnées par le choix du rythme de reproduction (aujourd'hui stabilisé à 42 jours; stade de lactation au moment de l'IA : 11 jours) et par l'utilisation de méthodes permettant d'induire et de synchroniser l'oestrus des lapines en particulier allaitantes. Il s'agit de traitements hormonaux ou de méthodes alternatives à l'utilisation d'hormones appelées "biostimulations".

2.1. Méthodes hormonales

Les traitements hormonaux ont été très utilisés ces dernières années. Ils consistent à administrer différents types et dosages d'hormones, 2-3 jours avant l'insémination.

2.1.1. Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG ou eCG)

Cette molécule est une glycoprotéine de poids moléculaire estimé entre 45 à 64 kD (Drion *et al.*, 1998). Elle est extraite du sérum de jument grévise. C'est une hormone dimérique à double activité FSH et LH. Son effet majeur FSH a été utilisé pour induire et multiplier les ovulations (superovulation) d'abord chez la vache (Avery *et al.*, 1962) puis les animaux de laboratoire (Chang et Pickworth, 1969) dont le lapin (Kennelly et Foote, 1965). Dans cette synthèse, nous ne considérerons pas les travaux relatifs à son utilisation à des fins de superovulation.

Chez les petits ruminants, les traitements hormonaux d'induction et de synchronisation de l'oestrus et de l'ovulation sont une condition préalable à une mise à la reproduction à contre-saison et à l'utilisation de l'insémination artificielle. Cependant, l'utilisation répétée de PMSG est généralement suivie d'une baisse de la fertilité chez certaines brebis et certaines chèvres traitées pour l'IA. Des travaux ont montré que ce phénomène est corrélé, chez les caprins comme chez les ovins, à l'apparition d'anticorps dans le plasma de certaines femelles traitées (Baril *et al.*, 1992 ; Bodin *et al.*, 1995 ; Roy *et al.*, 1995). La

PMSG est utilisée depuis une quinzaine d'années pour induire et synchroniser l'oestrus des lapines. Cependant, sa nature protéique et exogène associée à son poids moléculaire élevé a fait craindre un pouvoir immunogène important, réduisant chez la lapine aussi son efficacité en cas d'usage prolongé.

Sur des lapines allaitantes au stade 11 jours *post partum*, une injection de PMSG permet d'améliorer le pourcentage de lapines réceptives au moment de l'insémination, quelle que soit la dose (10 UI : Bonanno *et al.*, 1991, 20 UI : Bonanno *et al.*, 1990 ; Maertens, 1998, 25 UI : Theau-Clément et Lebas, 1996 ; Theau-Clément *et al.*, 1998c, 30 UI : Mirabito *et al.*, 1994b, 35 UI : Bourdillon *et al.* 1992, 40 UI : Castellini *et al.* 1991). De plus son effet positif est maintenu après plusieurs injections au cours de 7 (Boiti *et al.*, 1995), 9 (Theau-Clément et Lebas, 1996) ou 11 cycles de reproduction (Theau-Clément *et al.*, 1998c).

Une injection de PMSG avant l'insémination augmente généralement la fertilité des lapines mais son efficacité pourrait dépendre des conditions de traitement (dose, mode d'injection, intervalle entre l'injection et l'insémination). Dans les mêmes conditions expérimentales, Alabiso *et al.* (1994) n'ont pas mis en évidence d'amélioration de la fertilité quand la dose injectée augmente de 20 à 40 UI.

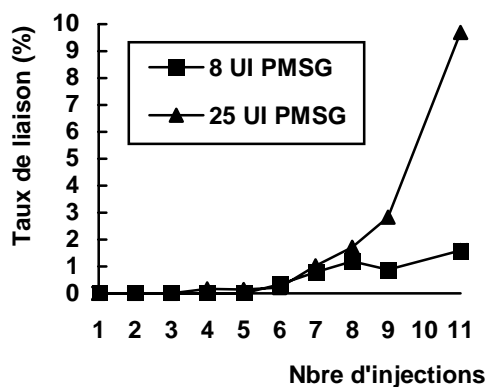
L'intervalle optimal entre l'injection de PMSG et l'IA n'a jamais été étudié précisément. Cependant, l'analyse de la bibliographie, montre que l'injection de 20 UI de PMSG (Bonanno *et al.*, 1993 ; Alabiso *et al.*, 1994, 1996) pratiquée 72 heures avant l'insémination ne conduit jamais à l'amélioration de la fertilité, alors que celle-ci est souvent décrite pour un intervalle de 48 heures.

L'efficacité du traitement dépend aussi de l'état physiologique des lapines au moment de l'insémination. Ainsi, la PMSG n'améliore pas la fertilité des nullipares (Castellini *et al.*, 1991; Parez, 1992; Alabiso *et al.*, 1994). A l'inverse, elle augmente la fertilité des lapines primipares (Bourdillon *et al.*, 1992; Davoust *et al.*, 1994; Maertens, 1998) et des allaitantes multipares (Davoust *et al.*, 1994; Mirabito *et al.*, 1994b; Theau-Clément and Lebas, 1996; Theau-Clément *et al.*, 1998c). L'injection de PMSG n'est pas justifiée sur des lapines non-allaitantes qui ont des potentialités de reproduction élevées. Quelques auteurs ont montré qu'un traitement de PMSG est susceptible d'augmenter les tailles de portée. Theau-Clément et Lebas, (1996) ont démontré que l'amélioration de la prolificité des lapines traitées n'est en fait associée qu'à l'augmentation du pourcentage de lapines réceptives.

L'immunogénicité de la PMSG a été démontrée pour la première fois par Canali *et al.* (1991) et confirmée par Boiti *et al.* (1995) suite à l'injection, respectivement de 40 et 20 UI. Selon ces auteurs, la concentration d'anticorps anti-PMSG dépend de l'intervalle entre injections ($r = -0,51$), elle augmente

après la 3^{ème} injection alors que simultanément, la fertilité diminue. Theau-Clément *et al.* (1998d) ont étudié l'évolution du taux d'anticorps consécutivement à l'administration de 8 ou 25 UI de PMSG à 124 lapines primipares pendant 11 séries d'insémination (intervalle entre injections : 35 jours). Des anticorps anti-PMSG (mesurés par le taux de liaison, figure 3) n'ont pu être détectés qu'après la 6^{ème} injection, cependant, l'intensité de la réaction immunitaire dépend de la dose administrée. A la fin de l'expérimentation, seulement 15 et 39 % des lapines traitées respectivement avec 8 ou 25 UI, avaient développé une immunité contre la PMSG. De plus, la productivité des lapines allaitantes est indépendante de la réponse immunitaires (hyperimmunes : 6.9 sevrés/IA, hypoimmunes : 7.0 sevrés/IA).

Figure 3. Ecart au témoin du taux de liaison en fonction du nombre d'injections de PMSG



Ainsi, en l'état actuel de nos connaissances, l'utilisation routinière de PMSG (20-25 UI, 48 heures avant l'insémination) des lapines allaitantes au stade 11 jours post partum, permet d'augmenter de façon durable le pourcentage de lapines réceptives au moment de l'insémination et en conséquence leur productivité (+ 47 % de lapereaux sevrés/IA) sans risque immunitaire important. Seulement 8 UI de PMSG suffisent pour stimuler efficacement les lapines au stade 4 jours post partum (Theau-Clément *et al.*, 1998cd). Cependant, il faut souligner que les conditions de traitement ont été peu étudiées, notamment la voie d'administration (sous-cutanée ou intramusculaire), le volume d'injection ainsi que l'intervalle entre l'injection et l'insémination.

2.1.2. La prostaglandine PGF2 α .

L'effet lutéolytique (régression des corps jaunes) des prostaglandines PGF2 α (naturelles ou synthétiques) a été utilisé afin d'induire et de synchroniser les mises bas ou pour induire la régression des corps jaunes de lapines pseudogestantes (McNitt, 1992). Un effet indirect de l'administration de PGF2 α au 29^{ème} jour de gestation pour synchroniser les mises bas, est l'augmentation de la réceptivité sexuelle et de la fertilité (+ 16 %, Ubilla et Rodriguez, 1988), quand les lapines sont inséminées à 7 jours *post partum*.

Différents auteurs ont étudié l'efficacité de la PGF2 α administrée 2-3 jours avant l'insémination, pour synchroniser l'oestrus des lapines. Les conclusions sont diverses. Stradaoli *et al.* (1993), n'ont pas mis en évidence, par rapport à un lot témoin, l'intérêt d'une injection de 200 μ g de PGF2 α 72 heures avant l'insémination, sur la réponse ovarienne (poids de l'ovaire, nombre de corps jaunes, follicules hémorragiques) et sur l'aptitude au développement embryonnaire précoce *in vitro*. A l'opposé, Facchin *et al.* (1992) et Alvarino *et al.* (1995), Alaphilippe et Bernard (1998) concluent que la PGF2 α administrée à des lapines inséminées 11 jours après la mise bas améliore les performances de reproduction.

Le fondement physiologique de ces travaux n'est pas précisé par les auteurs, cependant l'amélioration des performances de reproduction est parfois observée. On peut donc émettre l'hypothèse que la PGF2 α agit sur les lapines pseudogestantes, entraîne la régression des corps jaunes (levant l'inhibition de la progestérone notamment sur la sécrétion des oestrogènes) permettant ainsi un nouveau cycle de reproduction. De plus, des traitements simultanés de PMSG et d'analogues de PGF2 α sont proposés par Facchin *et al.* (1998). Il est vraisemblable que l'efficacité de cette association pharmacologique dépende du pourcentage de lapines pseudogestantes au moment de l'insémination. Cet aspect n'est jamais pris en compte par les auteurs.

Ainsi, les prostaglandines auraient une action indirecte sur l'induction de la réceptivité, seulement sur les lapines pseudogestantes, alors que la PMSG a une action directe sur l'ovaire (augmentation de la croissance folliculaire). Ces 2 hormones pourraient donc être complémentaires sur un troupeau comportant des lapines pseudogestantes.

2.2. Méthodes alternatives à l'utilisation d'hormones

L'évolution prévisible de la réglementation sur l'utilisation d'hormones exogènes engage à rechercher des méthodes alternatives pour améliorer la réceptivité sexuelle des lapines et en conséquence leur productivité. Pour ces raisons, un travail important a été réalisé ces dernières années, en particulier par l'I.R.R.G. (International Rabbit Reproduction Group) pour proposer des méthodes alternatives à l'utilisation d'hormones appelées "Biostimulations" (Boiti, 1998, Theau-Clément *et al.*, 1998e). Ces méthodes appliquées immédiatement avant l'insémination, doivent être faciles d'application, peu onéreuses, compatibles avec le bien-être animal et bien adaptées à la conduite en bande. Jusqu'à présent, différentes techniques ont été essayées telles que : la manipulation des animaux, une séparation courte de la mère et de sa portée, des programmes alimentaires, des programmes lumineux et la proximité des mâles. En effet, des modifications environnementales telles que la durée d'éclairage quotidien, la température, l'alimentation, le stress, des stimulations auditives ou olfactives peuvent modifier la balance endocrinienne

Tableau 1. Performances de reproduction des lapines allaitantes (11 jours *post partum*) momentanément séparées de leur portée (écart au témoin).

Système d'allaitement avant et après la séparation	Durée de la séparation	Auteurs	Réceptivité (%)	Fertilité (%)	Nés vivants /portée	Poids individuel sevrage	Poids sevrés /IA (%)
Allaitement libre	24 h	<i>Pavois et al. (1994)</i>	+ 26%	+ 13%	NS	-	+ 16% (nais.)
		<i>Alvariño et al. (1998)</i>	-	NS	NS	- 36 g	-
		<i>Theau-Clément et al. (1999)</i>	+ 8%	+ 13%	NS	- 34 g	+ 19%
		<i>Maertens et al. (2000)</i>	-	NS	-	NS	-
		<i>Theau-Clément et al. (2003)</i>	NS	NS	NS	NS	NS
<i>idem</i>	36 h	<i>Pavois et al. (1994)</i>	+ 23%	+ 11%	NS	NS	+ 14%
		<i>Alvariño et al. (1998)</i>	-	+ 11%	NS	-73 g	-
<i>idem</i>	40 h	<i>Maertens (1998)</i>	+ 38%	+ 11%	+ 1.1	- 47 g	+ 9%
<i>idem</i>	48 h	<i>Alvariño et al. (1998)</i>	-	NS	NS	- 68 g	-
		<i>Bonanno et al. (2000)</i>	+ 21%	+ 23%	NS	NS	+ 28%
		<i>Bonanno et al. (2002)</i>	NS	+ 24%	NS	- 38 g	(70j)
		<i>Bonanno et al. (2004)</i>	NS	+ 17%	NS	- 48 g	+ 54 %
		<i>Bonanno et al. (2005)</i>	+ 27%	+ 18%	NS	NS	+ 35%
<i>idem</i>	48 h	<i>Virag et al. (1999)</i>	-	+ 20%	NS	- 27 g	+ 25% + 20%
Allaitement contrôlé	48 h	<i>Szendrö et al. (1999)</i>	NS	NS	NS	- 34 g	-
		<i>Bonanno et al. (2000)</i>	NS	NS	NS	NS	+ 7% (70d)

NS: Non Significatif (P>0.05)

Tableau 2. Performances de reproduction des lapines allaitantes (11 jours *post partum*) quand le système d'allaitement libre est changé en allaitement contrôlé 2 ou 3 jours avant l'insémination (écart au témoin).

Durée de l'allaitement contrôlé ⁽¹⁾ avant AI	Durée de l'allaitement après IA	Auteurs	Réceptivité (%)	Fertilité (%)	Nés vivants /portée	Poids individuel sevrage	Poids sevrés/IA (%)
2 jours	0 jour	<i>Matics et al. (2004b)</i>	NS	NS	NS	NS	-
		<i>Eiben et al. (2004b)⁽²⁾</i>	-	+ 17%	NS	+ 29 g	+51%
		<i>Bonanno et al. (2004)</i>	NS	+ 15%	NS	NS	+44.%
		<i>Bonanno et al. (2005)</i>	+ 18%	+15%	NS	NS	+ 21%
2 jours	3 jours	<i>Eiben et al. (2004b)⁽²⁾</i>	-	+ 27%	+ 1.6	+ 34 g	+ 86%
		<i>Eiben et al. (2004b)⁽³⁾</i>	-	+ 26%	NS	+ 37 g	+ 76%
2 jours	7 jours	<i>Eiben et al. (2004a)⁽³⁾</i>	NS	NS	NS	- 67 g	+ 26%
3 jours	0 jour	<i>Matics et al. (2004b)</i>	+ 21%	NS	+ 1.2	NS	?
		<i>Szendrö et al. (2005b)</i>	-	+ 9%	NS	-20g	+ 5%

⁽¹⁾ 2 ou 3 jours avant l'IA, la boîte à nid est fermée pendant 24 heures (de 9 heures le jour X à 9 heures le jour X+1), à l'exception de 15 minutes pendant lesquelles la lapine allaite sa portée.

fermée après un allaitement contrôlé, 15 minutes après.

⁽²⁾ La boîte à nid est retirée (pas seulement fermée)

⁽³⁾ Un grillage est inséré pendant la séparation

de la lapine et faire varier les performances de reproduction. En effet, l'environnement joue un rôle important dans la régulation de la fonction de reproduction par l'intermédiaire du système nerveux et de l'axe hypothalamo-hypophysaire.

2.2.1. Manipulation des animaux.

L'efficacité de la manipulation d'animaux tels que le changement de cage (Lefèvre et Moret, 1978 ; Rebollar *et al.*, 1995 ; Luzi et Crimella, 1998 ; Rodriguez de Lara *et al.*, 2000, 2003) ou le regroupement des lapines avant l'insémination (Mirabito *et al.*, 1994a ; Duperray *et al.*, 1999) n'est pas clairement démontrée, les conclusions des divers travaux pouvant être opposées. De plus, ces méthodes sont difficiles d'application en élevage, dans la mesure où la gestion des animaux (et leur identification) ainsi que la maîtrise sanitaire, est rendue difficile par le changement fréquent de cages.

2.2.2. Séparation ponctuelle de la mère et sa portée.

Chez la truie, une séparation quotidienne de 6 à 12 heures entre 2 et 5 semaines *post partum*, induit l'oestrus chez 65 % des mères (vs 50 % dans le lot témoin ; Stevenson et Davis, 1984). Chez la lapine, une séparation mère-jeunes de 24 heures s'accompagne parfois d'une amélioration de la réceptivité sexuelle et de la fertilité des lapines allaitantes (Pavois *et al.*, 1994 ; Maertens, 1998 ; Theau-Clément et Mercier, 1999, tableau 1). Cependant dans certains cas, cette stimulation a été parfois insuffisante (Alvariño *et al.*, 1998 ; Maertens *et al.*, 2000, Theau-Clément et Mercier, 2003). A partir de 36 heures de séparation, le pourcentage de lapines réceptives et la fertilité sont généralement améliorés (écart de fertilité par rapport au témoin : de + 11 % à + 24 %). La séparation ponctuelle de la mère et sa portée n'influence généralement pas la taille de portée, elle n'augmente ni la fréquence des mammites des mères, ni la mortalité des jeunes lapereaux (Maertens, 1998 ; Bonanno *et al.* 1999ab, 2000, 2004). Même si la plupart des études montrent que la séparation s'accompagne de la diminution du poids au sevrage des jeunes lapereaux, de 36 à 48 heures de séparation améliore généralement la productivité globale (par rapport au lot témoin : 36h: +14%, Pavois *et al.*, 1994 ; 40h: +9%, Maertens, 1998 ; 48h: +28% Bonanno *et al.* 2000, +54% Bonanno *et al.* 2002, +35% Bonanno *et al.* 2004, +25% Bonanno *et al.*, 2005, +20% Virag *et al.*, 1999).

Cette stimulation doit être effectuée juste avant l'IA (Castellini *et al.*, 1998) et l'insémination doit être réalisée immédiatement après le 1^{er} allaitement qui suit la remise en présence de la mère et sa portée (Szendrő *et al.*, 1999). Cependant, l'effet positif de cette stimulation est net quand l'allaitement est libre avant et après la stimulation, il l'est moins quand un allaitement contrôlé est appliqué avant et après la stimulation (Szendrő *et al.*, 1999 ; Bonanno *et al.*, 2000, tableau 1).

L'allaitement contrôlé, qui consiste à fermer les boîtes à nid et ne les ouvrir que quelques minutes tous les jours, est une pratique courante dans les élevages. Afin de limiter l'effet d'une séparation sur la croissance des jeunes, l'effet de 2 ou 3 jours d'allaitement contrôlé avant l'IA a été étudié (tableau 2). Cette pratique correspond respectivement à 2 x 24 h ou 3 x 24 h de séparation mère-jeunes, permettant ainsi aux jeunes lapereaux de téter au moment de l'ouverture de la boîte à nid (de 15 à 30 minutes le matin). Parfois, l'allaitement contrôlé est prolongé de 3 à 7 jours après l'insémination. A l'exception de l'étude de Matics *et al.* (2004), qui obtenaient une fertilité élevée du troupeau témoin (78 %), un allaitement contrôlé 2 jours avant l'insémination augmente la fertilité (de 15 à 17 % : Eiben *et al.*, 2004b ; Bonanno *et al.*, 2004, 2005). Ainsi, quand les lapereaux sont allaités tous les jours, la croissance n'est plus déprimée et la productivité est systématiquement améliorée (en écart au témoin : Eiben *et al.*, 2004b : + 51 % ; Bonanno *et al.*, 2004 : + 44 % ; Bonanno *et al.*, 2005 : + 21 %).

Si l'allaitement est poursuivi 3 jours après l'insémination, Eiben *et al.* (2004b) ont observé un gain de fertilité et de prolificité, conduisant à une amélioration sensible de la productivité (+ 25-35 % de poids de lapereaux sevrés/IA, en comparaison avec seulement 2 jours d'allaitement contrôlé avant l'insémination).

L'allaitement contrôlé poursuivi 7 jours après l'insémination déprime la croissance des jeunes, cependant en comparaison avec un lot témoin caractérisé par une fertilité faible (33 %), la productivité est augmentée de 26 % (Eiben *et al.*, 2004a, 2005).

L'application d'un allaitement contrôlé 3 jours avant l'insémination donne des résultats variables (Szendrő *et al.*, 2005c : amélioration de la fertilité mais diminution de la croissance des jeunes, Matics *et al.*, 2004 : amélioration de la taille de portée à la naissance et au sevrage).

Eiben *et al.* (2004b) ont montré que la méthode de séparation peut aussi influencer la productivité. Une séparation grillagée (stimulation visuelle, olfactive et auditive) est moins efficace qu'une séparation faite d'un plateau métallique (pas de stimulation visuelle) ou le retrait des lapereaux (aucune stimulation).

L'efficacité d'une séparation mère-jeunes pourrait dépendre de la parité. Ainsi, Maertens (1998) et Virag *et al.* (1999) améliorent la fertilité essentiellement des primipares (respectivement, + 30 % et + 43 %). Bonanno *et al.* (2000, 2002 et 2005) observent une amélioration de la fertilité (de 19 à 35 %) consécutive à 48 heures de séparation lors des 3 premières portées, alors que la stimulation est inefficace sur les lapines de parité supérieure. Par ailleurs, Bonanno *et al.* (2002) démontrent que lorsque la séparation est appliquée sur des lapines ayant produit plus de 3 portées, la fertilité n'est plus améliorée par rapport au

lot témoin. Ce résultat suggère que l'effet d'une séparation de la mère et sa portée dépend du nombre de traitements successifs.

Il faut souligner dans ces études, la grande variabilité de la fertilité du lot témoin (de 33 à 82 %), malgré des conditions expérimentales similaires (rythme de reproduction : 42 jours, conduite en bande, insémination artificielle). Cette observation illustre la limite de nos connaissances de la physiologie de la lapine. De plus, on ne retrouve pas systématiquement la relation positive qui lie généralement la réceptivité à la fertilité. Ceci est vraisemblablement dû à la méthode d'appréciation de la réceptivité qui est souvent basée sur l'observation visuelle et donc subjective, de la couleur et de la turgescence de la vulve.

Au niveau physiologique, 48 heures de séparation s'accompagne d'une diminution de la sécrétion de prolactine 24 heures après le début de la stimulation, alors que la concentration plasmatique de 17β -oestradiol augmente le jour de l'IA (confirmé par Rebollar *et al.*, 2004, sur des lapines au stade 4 jours *post partum*), de plus la réponse LH au traitement GnRH est plus élevée (Ubilla *et al.*, 2000, 2001). Ce résultat suggère que la diminution de sécrétion de prolactine, due à l'absence d'allaitement, stimule la croissance folliculaire et la stéroïdogénèse, améliorant ainsi la réceptivité et la fertilité des lapines momentanément séparées de leur portée. Par ailleurs, la séparation pourrait agir comme un stress positif et influencer l'équilibre hormonal des lapines. En effet, une privation maternelle précoce influence le développement des lapereaux, réduit la mortalité sous la mère et améliore leur fertilité postérieure (Boiti *et al.*, 2001 ; Brecchia *et al.*, 2001).

*Pour un rythme de reproduction de 42 jours, dans une situation d'allaitement libre, une séparation de 36 heures entre la mère et sa portée est une alternative à l'utilisation d'hormones pour induire la réceptivité des lapines et améliorer en conséquence leur productivité (Maertens, 1998 ; Alvarino *et al.*, 1998 ; Bonanno *et al.*, 2005). Cette stimulation doit être appliquée juste avant l'insémination qui est pratiquée immédiatement après le premier allaitement suivant la séparation. Cependant, cette courte privation maternelle déprime la croissance des jeunes. Ainsi les études s'orientent plus vers la recherche de l'optimisation de l'allaitement contrôlé appliqué juste avant l'insémination. En l'état actuel de nos connaissances, quand l'allaitement libre est appliqué avant et après l'insémination, 2 jours d'allaitement contrôlé par fermeture des boîtes à nid, permet d'améliorer la productivité (au moins de 20 %) sans affecter la croissance des jeunes. Cette méthode permet d'obtenir le même niveau de productivité que 48 heures de séparation ou l'injection préalable de 20 UI de PMSG (Bonanno *et al.*, 2005). L'intérêt de poursuivre l'allaitement contrôlé après l'insémination doit être confirmé car utilisé plus longuement, il est susceptible de déprimer les performances. Cependant, d'autres questions restent posées, notamment la durabilité de l'effet de cette stimulation en relation avec le nombre de traitements successifs et la parité des lapines.*

2.2.3. Programmes alimentaires.

Chez la brebis, le poids avant la saillie reflète le statut nutritionnel et a une influence déterminante sur le taux d'ovulation, la fertilité et la prolificité (Theriez, 1984). Ainsi, l'augmentation du poids avant la saillie a un effet positif sur les performances de reproduction. Inversement, un déficit nutritionnel avant la saillie déprime le taux d'ovulation et la viabilité embryonnaire. Ainsi le "flushing" qui consiste à augmenter la ration alimentaire (énergie) juste avant la saillie est couramment pratiqué.

Chez la lapine, sans restriction alimentaire préalable, Fortun-Lamothe (1998) suggère qu'un "flushing" alimentaire est susceptible d'améliorer la fertilité. A l'inverse, elle démontre qu'une restriction alimentaire déprime la réceptivité et le poids de portée des lapereaux. Maertens (1998) n'a pas amélioré les performances de reproduction des lapines allaitantes recevant un flushing alimentaire 4 jours avant l'insémination. A l'opposé, Luzzi *et al.* (2001) améliorent la fertilité et la productivité des lapines en administrant un flushing énergétique (2 % de propylène glycol dans l'eau de boisson) 4 jours avant l'insémination.

Suite à une restriction alimentaire durant deux semaines, Gosálvez *et al.* (1995) ont amélioré le pourcentage des lapines qui ovulent (à l'âge de 17 semaines) après un flushing alimentaire, 4 jours avant l'injection de LHRH. Brecchia *et al.* (2004) ont étudié les effets de 24 à 48 heures de jeûne suivi d'une stimulation qui consistait à alimenter à nouveau les lapines 2 heures avant l'insémination. En comparaison avec un lot témoin nourri *ad libitum*, le flushing alimentaire n'a pas été suffisant pour améliorer les performances de reproduction des lapines. Au niveau physiologique, ces auteurs ont montré que ce programme alimentaire réduit l'expression des récepteurs au 17β -oestradiol au niveau du complexe hypothalamo-hypophysaire, la fréquence et l'amplitude de la sécrétion des oestrogènes, le pic de LH et la concentration plasmatique de leptine.

Un flushing alimentaire après une période de restriction pourrait améliorer les performances de reproduction, au moins chez les jeunes lapines. S'il est clairement démontré que des programmes alimentaires sont susceptibles de déprimer les performances de reproduction, à l'inverse, aucune étude ne débouche sur la proposition d'un programme susceptible d'améliorer les performances de reproduction sans déprimer la croissance des lapereaux.

2.2.4. Programmes lumineux.

Sous nos latitudes, Hammond et Marshall (1925) et Boyd (1986) rapportent que le lapin sauvage (*Oryctolagus cuniculus*) a un cycle de reproduction saisonnier bien défini : la plupart des gestations se situent entre le mois de février et le début du mois d'août, avec un pic en mai. La fertilité est donc maximale en jours croissants. Walter *et al.* (1968) ont montré chez le lapin domestique, que 16 heures d'éclairement artificiel quotidien et continu pendant

toute l'année, réduit les problèmes de reproduction normalement associés aux périodes de jours décroissants. A l'opposé, Schüddemage *et al.* (1999) ont montré sur une durée expérimentale de 1 an, que les lapines placées sous 8 heures d'éclairement artificiel quotidien, produisent +5 % de nés vivants par portée, que celles placées sous 16 heures d'éclairement. Dans une étude récente, Theau-Clément et Mercier (2004) ont montré que sous un éclairage constant, le choix de 8 ou 16 heures de lumière influence peu la productivité. Cependant, sous 16 heures de lumière, les lapines de production de chair (INRA 0067) sont plus réceptives et les lapereaux ont une meilleure croissance.

Le passage brutal de 8 à 16 heures de lumière par jour, 8 jours avant l'insémination améliore, par rapport à un lot témoin (éclairage continu de 16 heures de lumière/jour), la réceptivité sexuelle (Theau-Clément *et al.* 1990b) et la fertilité (Mirabito *et al.*, 1994b) des lapines. Cependant, les portées sont plus légères au sevrage. La stimulation lumineuse doit être suffisante : en effet, appliquée seulement 5 jours avant l'insémination, le passage brutal de 10 à 16 heures de lumière n'améliore pas les performances de reproduction (Maertens et Luzi, 1995).

Toutefois, chez le lapin, le mode d'action de la photopériode est mal connu. Chez les mammifères, la connaissance des effets de la photopériode sur le système neuroendocrinien et sur la fonction de reproduction a permis l'application de traitements lumineux pour contrôler l'activité saisonnière de la reproduction (Chemineau *et al.*, 1992).

Les résultats de ces quelques expérimentations sont encourageants et illustrent la nécessité d'étudier les effets du photopériodisme sur la reproduction du lapin. Szendrő et al. (2005a) ont montré que les programmes lumineux interagissent avec le moment de l'allaitement. Il est vraisemblable qu'ils influencent la production laitière des mères, la consommation et la croissance des jeunes. Faciles d'application et peu coûteux, les programmes lumineux seront d'autant plus efficaces que les lapines sont au même état physiologique. Ils sont donc parfaitement adaptés à la conduite en bande.

2.2.5. Proximité des mâles.

Dans différentes situations physiologiques, la présence du mâle peut influencer les sécrétions hormonales et le comportement des femelles chez beaucoup d'espèces ongulées. Chez la brebis (Mauléon et Dauzier, 1965), la vache (Signoret, 1980), la truie, (Rowlinson et Bryant, 1974), l'introduction de mâles dans le troupeau réduit la durée de l'anoestrus de lactation et avance l'ovulation consécutive à l'apparition de l'oestrus (Lindsay *et al.*, 1975 ; Poindron et Le Neindre, 1980), en avançant le pic pré-ovulatoire de LH (Martin et Scaramuzzi, 1983). Chez des brebis de différentes races en anoestrus saisonnier, l'introduction des mâles (après une période d'isolation) induit et synchronise l'oestrus (Oldham *et al.*, 1978). De même

l'introduction de boucs dans un troupeau de chèvres induit des ovulations synchrones les jours suivants (Chemineau, 1987).

Pour certaines espèces d'élevage, "l'effet mâle" a été utilisé pour contrôler la reproduction et apparaît comme une alternative biologique aux traitements hormonaux, au moins à certaines périodes de l'année. Nous ne savons pas si des mécanismes similaires peuvent être transposés à une espèce telle que le lapin dont l'ovulation est provoquée par l'accouplement. Certains auteurs font l'hypothèse, que la lapine émet des signaux spécifiques qui attirent les mâles et contiennent l'information de son état sexuel (Vodemayer, 1989 ; Hudson et Distel, 1990 ; McNitt, 1992). A l'opposé, la nature des échanges olfactifs entre le mâle et la femelle sont mal connus. Les phéromones sécrétées par les glandes sébacées des mâles pourraient induire la réceptivité sexuelle des lapines (Frank, 1966). Chez les nullipares, la présence de mâles contribue à augmenter le taux d'acceptation de l'accouplement (Lefèvre *et al.*, 1976) et améliore la fertilité (Berepudo *et al.*, 1993). Cependant, ni la présence de mâles, ni leur proximité pendant une période de 4 ou 48 heures (Bonanno *et al.*, 2003), 3 ou 4 jours (Kustos *et al.*, 2000 ; Eiben, *et al.*, 2001) avant l'insémination, n'améliore la réceptivité, et la fertilité des lapines allaitantes.

Ces premiers résultats sont décevants, de plus ces pratiques sont trop laborieuses pour être mises en oeuvre dans les exploitations cunicoles.

Conclusion

Dans un élevage, à un instant donné, la productivité d'un troupeau de bon état sanitaire sera d'autant plus importante et homogène qu'il comprendra une proportion élevée de lapines réceptives et un minimum de lapines allaitantes et non-réceptives et/ou pseudogestantes. Il est donc pertinent de rechercher des méthodes d'induction de la réceptivité susceptibles d'améliorer non seulement la fertilité, mais aussi la productivité globale des lapines, sans déprimer la croissance des jeunes sous la mère. Bien sûr, l'utilisation de systèmes plus extensifs permettrait de s'affranchir totalement de l'antagonisme entre la lactation et la reproduction, ils doivent être cependant économiquement viables pour l'éleveur.

L'utilisation routinière de PMSG sur des lapines allaitantes permet d'augmenter de façon durable la proportion de lapines réceptives au moment de l'IA et en conséquence leur productivité, sans risque immunitaire important. Appliquées juste avant l'IA, des méthodes alternatives à l'utilisation d'hormones ont été étudiées. Une manipulation des animaux (changement de cage ou le regroupement des lapines avant l'insémination) ou la proximité des mâles n'améliorent pas clairement les performances de reproduction des lapines. De plus, ces méthodes sont coûteuses en temps et difficiles à gérer dans les élevages. Une séparation de 36 heures de la mère et sa

portée pourrait être une alternative aux traitements hormonaux, si elle est appliquée juste avant l'insémination, sur des lapines préalablement en situation d'allaitement libre. Cependant, l'application d'un allaitement contrôlé 2 à 3 jours avant l'insémination permet de préserver la croissance des jeunes sous la mère pour une efficacité identique sur la fertilité. Les programmes alimentaires (flushing) ou des stimulations lumineuses ouvrent des perspectives de recherche intéressantes.

Si certaines de ces méthodes améliorent la fertilité, elles sont susceptibles parfois de diminuer la croissance des lapereaux (programmes lumineux, séparation ponctuelle de la mère et sa portée...). En conséquence, pour une application raisonnée dans les élevages, il est important de considérer des critères de productivité globale et d'étudier la durabilité des effets. Par ailleurs, l'étude et l'exploitation de la variabilité génétique de la réceptivité sexuelle des lapines au moment de l'insémination, pourrait aussi être une voie d'amélioration des résultats d'insémination. Cependant, une meilleure connaissance des mécanismes physiologiques sous-jacents permettrait également d'améliorer le contrôle de la reproduction dans les élevages.

Références

- ALABISO M., BONANNO A., ALICATA M.L., PORTALANO B. 1994. Trattamento "differenziato" con PMSG su coniglie inseminate artificialmente. *Rivista di Coniglicoltura* 31(1/2), 25-30.
- ALABISO M., BONANNO A., ALICATA M.L., LETO G., TODARO M. 1996. Productivity of rabbit does subjected to artificial insemination and natural mating. *6th World Rabbit Congress*, 9-12 July, 1996, Toulouse, France, Vol. 2, 29-35.
- ALAPHILIPPE A., BERNARD F. 1998. Effets d'une administration de prostaglandines F_{2α} naturelles sur la fertilité et la prolificité des femelles et la viabilité des lapereaux produits. *7^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, Lyon 13-14 mai, 229-231.
- ALVARIÑO J.M.R., REBOLLAR P.G., ARCO J.A., TORRES R. 1995. Estimulación ovárica en la coneja mediante prostaglandina F_{2α} y PMSG. *Información Técnica Económica Agraria, VI Jornadas sobre la Producción Animal*, Vol Extra 16, Tomo I.
- ALVARIÑO J.M.R., DEL ARCO J.A., BUENO A. 1998. Effect of mother-litter separation on reproductive performance of lactating rabbit females inseminated on day 4 or 11 post partum. *World Rabbit Science*, Vol.6(1), 191-194.
- AVERY T.L., FAHNING M.L., GRAHAM E.F. 1962. Investigations associated with the transplantation of bovine ova. II. Superovulation. *Journal of Reproduction and Fertility*, 3, 212.
- BARIL G., REMY B., VALLET J.C. BECKERS J.F. 1992. Effect of repeated use of progestagen-PMSG treatment for oestrus control in dairy goats out of breeding season. *Reproduction in Domestic Animals*, 27(3), 161-168.
- BATTAGLINI, M., BOITI, C., CANALI, C., COSTANTINI, F. 1986. Parametri riproduttivi di coniglie New Zealand White fecondate artificialmente in relazione allo stato endocrino-sessuale al momento della somministrazione di GnRH. *Atti del 6° Congresso Nazionale Associazione Scientifica di Produzione Animale, Italia*, 455-459.
- BEREPUDO N.A., NODU M.B., MONSI A., AMADI E.N. 1993. Reproductive response of prepubertal female rabbit to photoperiod and/or male presence. *World Rabbit Science*, Vol.1(2), 83-87.
- BEYER C. ET RIVAUD N. 1969. Sexual behavior in pregnant and lactating domestic rabbits. *Physiology and Behavior*, 4, 753-757.
- BODIN L., BRICE G., REMY B., MAUREL M.C., BECKERS J.F. 1995. Effects of repeated PMSG treatments on sheep reproduction. *46th Annual Meeting of the European Association for Animal Reproduction*, 4-7 septembre, 1995, Prague, Abstract.
- BOITI C., CASTELLINI C., CANALI C., ZAMPINI D., MONACI M. 1995. Long term effect of PMSG on rabbit does reproductive performance. *World Rabbit Science*, 3(2), 51-56.
- BOITI C., CANALI C., MONACI M., STRADAIOLI G., VERINI SUPPLIZI A., VACCA C., CASTELLINI C., FACCHIN E. 1996. Effect of postpartum progesterone levels on receptivity, ovarian response, embryo quality and development in rabbits. *6th World Rabbit Congress*, 9-12 July, 1996, Toulouse, France, Vol 2, 45-50.
- BOITI C. 1998. International collaboration in rabbit reproduction research: presentation of the IRRG group. *World Rabbit Science*, Vol.6(1), 175-178.
- BOITI, C., CANALI, C., BRECCHIA, G., ZANON, F., FACCHIN, E. 1999. Effects of induced endometritis on the life-span of corpora lutea in pseudopregnant rabbits and incidence of spontaneous uterine infections related to fertility of breeding does. *Theriogenology*, 52, 1123-1132.
- BOITI C., BONANNO A., BRECCHIA G., ALABISO M., DI GRIGOLI A., ZAMPINI D. 2001. Influence d'une séparation mère-jeunes pendant 48 heures, sur la croissance et la sensibilité à un stress des lapereaux. *9^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, 167-170, Paris.
- BOITI C. 2004. Underlying physiological mechanisms controlling the reproductive axis of rabbit does. *8th World Rabbit Congress*, September 7-10, 2004, Puebla, Mexico, 186-206.
- BOITI C., BRECCHIA G., MARANESI M., DELL'AGLIO C., GOBBETTI A., ZERANI M. 2005. 212 °F at Perugia: what inside the Petri dish. *COST Meeting, Palermo, Italy*, 23-25 June, 2005, 32.
- BONANNO A., BUDETTA G., ALABISO M., ALICATA M.L. 1990. Effetti del trattamento PMSG-GnRH sull'efficienza ovulatoria delle coniglie. *Acta Medica Veterinaria*, 36, 441-451.
- BONANNO A., ALABISO M., ALICATA M.L. 1991. Effetti del trattamento sincronizzante con PMSG su coniglie inseminate artificialmente. *Rivista di Coniglicoltura*, 28(11), 29-32.
- BONANNO A., ALABISO M., ALICATA M.L., PORTOLANO B. 1993. Prestazioni riproduttive di coniglie sincronizzate con 20 U.I di PMSG e sottoposte ad I.A. *Rivista di Coniglicoltura*, 30(2), 37-40.
- BONANNO A., ALABISO M., DI GRIGOLI A., ALICATA M.L. 1999a. Effect of change of cage and/or mother-litter separation on productivity of non-receptive lactating rabbit does. Preliminary investigations. *World Rabbit Science*, Vol.7(2), 107-111.
- BONANNO A., ALABISO M., DI GRIGOLI A., ALICATA M.L. 1999b. Effect of a 48h delayed insemination with or without a 48h doe-litter separation on performance of non-receptive does. *World Rabbit Science*, Vol.7(3), 171-175.
- BONANNO A., ALABISO M., DI GRIGOLI A., ALICATA M.L., MONTALBANO L. 2000. Effect of a 48-hour doe-litter separation on performance of free or controlled nursing rabbit does. *Proceedings 7th World Rabbit Congress*, Valencia, Spain, Vol. A, 97-103.

- BONANNO A., DI GRIGOLI A., ALABISO M., BOITI C. 2002. Parity and number of repeated doe-litter separation treatments affect differently the reproductive performances of lactating does. *World Rabbit Science*, Vol. 10(2), 63-70.
- BONANNO A., MAZZA F., ALABISO M., DI GRIGOLI A., ALICATA M.L. 2003. Effects of bio-stimulation induced by contact with buck on reproductive performance of rabbit does. *Proceedings of the A.S.P.A. 15th Congress. Italian J. of Animal Science*, Vol. 2 –Supplement 1, 133-135.
- BONANNO A., MAZZA F., DI GRIGOLI A., ALABISO M. 2004. Effects of a split 48-hour doe-litter separation on productivity of free nursing does and their litters. *Livestock Production Science*, 89, 287-295.
- BONANNO A., MAZZA F., DI GRIGOLI A., TORNAMBÈ G. 2005. Both 48-hour doe-litter separation and 2-day controlled suckling improved fertility of 11-day lactating does similarly to 20 IU of PMSG. *Cost Action 848. Joint Scientific Meeting: Management and housing of rabbit does: reproductive efficiency and welfare interactions. June 23-25, 2005, Palermo, Italy.*
- BOURDILLON A., CHMITELIN F., JARRIN D., PAREZ V., ROUILLERE H. 1992. Effect of PMSG treatment on breeding result of artificial inseminated rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 15, 530-537.
- BOYD I. L. 1986. Effect of daylength on the breeding season in male Rabbit. *Mammalian Review*, 16, 125-130.
- BRECCIA G., ZAMPINI D., GUELFI G., MAZZA F., BONANNO A., BOITI C. 2001. Effects of early maternal deprivation on the neuroendocrine responses of young rabbits. *4th International Conference on Farm Animal Endocrinology, Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, Vol 5, 49.
- BRECCIA G., BONANNO A., GALEATI G., DALL'AGLIO C., DI GRIGOLI A., PARRILLO F., BOITI C. 2004. Effects of a short and long term fasting on the ovarian axis and reproductive performance of rabbit does. *8th World Rabbit Congress, September 7-10, 2004, Puebla, Mexico*, 231-236.
- BROWNING J.Y., KEYES P.F., WOLF R.C., 1980. Comparison of serum progesterone, 20-alpha-dihydroprogesterone, and estradiol-17-beta in pregnant and pseudopregnant rabbits: Evidence for postimplantation recognition of pregnancy. *Biology of Reproduction*, 23, 1014-1019.
- BRUN, J.M., BOLET, G., THEAU-CLEMENT, M., ESPARBIE, J., FALIERES, J. 1999. Constitution d'une souche synthétique de lapines à l'INRA : 1. Evolution des caractères de reproduction et du poids des lapines dans les premières générations. *8^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, 9-10 Juin, 1999, Paris, France, 123-126.
- CANALI, C., BOITI, C., CASTELLINI, C., ZAMPINI, D. 1991. Riposta anticorpale delle coniglie trattate ripetutamente con PMSG nella pratica della sincronizzazione degli estri. *2^o Meeting Nazionale Studio della efficienza riproduttiva degli animali di interesse zootecnico, Bergamo, Italia 24 novembre, 1989*, 103-108.
- CASTELLINI, C., CANALI, C., BOITI, C., BATTAGLINI, M. 1991. Effetto del PMSG sulle prestazioni riproduttive di coniglie fecondate artificialmente. *Atti IX Congresso Nazionale ASPA, Roma, Italia*, 679-683.
- CASTELLINI C., CANALI C., BOITI C. 1998. Effect of mother-litter separation for 24 hours by closing the nestbox or change of cage, on rabbit doe reproductive performance. *World Rabbit Science*, Vol.6(1), 199-203.
- CASTELLINI C. AND LATTAIOLI P. 1999. Effect of motile sperms inseminated on reproductive performance of rabbit does. *Anim. Reprod. Sci.*, 57, 111-120.
- CHANG, M.C. ET PICKWORTH, S. 1969. Egg transfer in the laboratory animal. In *The Mammalian Oviduct* (ed. E. S. E. Hafez and R. J. Blandau), University of Chicago. Press, Chicago.
- CHEMINEAU P. 1987. Possibilities of using Bucks to stimulate ovarian and oestrus cycles in anovulatory goats- A review. *Livestock Production Science*, 17, 135-147.
- CHEMINEAU P., MALPAUX B., DELGADILLO J.A., GUERIN Y., RAVAUULT J.P., THIMONIER J., PELLETIER J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*, 30, 157-184.
- CHMITELIN, F., ROUILLERE, R., BUREAU, J. 1990. Performances de reproduction des femelles en insémination artificielle en post partum. *5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 12-13 Décembre, 1990, Paris, France*. Tome I, Comm. 4.
- DAVOUST, C. 1994. Résultats techniques d'une conduite en IA à 35 jours. *Cuniculture* n° 115, 21(1), 25-40.
- DAVOUST, C., SALEIL, G., THEAU-CLEMENT, M., ROUSTAN, A. 1994. Influence de l'association PMSG-hCG sur la productivité numérique de lapines allaitantes conduites en bande unique à 35 jours (en insémination artificielle). *6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 6-7 Décembre, 1994, La Rochelle, France*. Vol 1, 145-152.
- DELAVEREAU, L. 1978. Chez la lapine, difficultés d'obtenir des saillies fécondantes. *Cuniculture* n° 22, 5(4), 159-160.
- DIAZ, P., GOSALVEZ, L.F., RODRIGUEZ, J.M. 1988. Sexual Behaviour in the Postpartum Period of Domestic Rabbits. *Animal Reproduction Science*, 17, 251-257.
- DRION, P.V., REMY, B., HOUTAIN, J.Y., MC NAMARA, M., BARIL, G., HEYMAN, Y., COGNIE, Y., THEAU-CLEMENT, M., LEBOEUF, B., ECTORS, F., SEGERS, K., BECKERS, J.F. 1998. Utilisation répétée des gonadotropines exogènes dans le contrôle de la reproduction : justifications, relations structure-activité biologique, effets secondaires potentiels. Une synthèse. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 142, 373-396.
- DUPERRAY J., ECKENFELDER B., THEBAULT T., PROVOST J.P. 1999. Effet du regroupement des lapines avant l'insémination sur leurs performances de reproduction. *8^{èmes} Journ. Rech. Cunicole Fr., Paris, 1999*, 167-170.
- EIBEN CS., KUSTOS K., SZENDRO ZS., THEAU-CEMENT M., GÓDOR-SURMANN K. 2001. Effect of male presence before artificial insemination on the receptivity and prolificacy in lactating rabbit does. *12th Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furbearing Animals and Pet Animals, Celle*, 1-6.
- EIBEN CS., KUSTOS K., GÓDOR-SURMANN K., THEAU-CLÉMENT M., SZENDRŐ Zs. 2004a. Effect of change in nursing method on the performance of rabbit does. *World Rabbit Science*, Vol. 12, (3), 173-183.
- EIBEN CS., KUSTOS K., GÓDOR-SURMANN K., KOTÁNY SZ., THEAU-CLÉMENT M., SZENDRŐ Zs. 2004b. Effect of nursing methods on productivity in lactating rabbits. *8th World Rabbit Congress, September 7-10, 2004, Puebla, Mexico*, 263-269.
- EIBEN CS., TÓBIÁS G., KUSTOS K., GÓDOR-SURMANN K., KOTÁNY SZ., GULYÁS B., SZIRA G. 2005. Changing of nursing as biostimulation: effect of contact between rabbit doe and its litter. *Cost Action 848. Joint Scientific Meeting: Management and housing of rabbit does: reproductive efficiency and welfare interactions. June 23-25, 2005 – Palermo, Italy.*
- FACCHIN, E., CASTELLINI, C., RASETTI, G., BALLABIO, R. 1992. L'impiego di prostaglandina sintetica (alfaprostol) e di PMSG nella sincronizzazione degli estri e dei parti nella coniglia. *Rivista di Zootecnia e Veterinaria* 20(2): 11-14.
- FACCHIN E., CASTELLINI C., ZANON F., CANALI C., BOITI C. 1998. Infertilità della coniglia: effetto del trattamento associato alfaprostol + PMSG sulle performances riproduttive delle coniglie "ritorno". *Rivista di ZOOTECHNIA E VETERINARIA*, 26, 3-7.
- FORTUN-LAMOTHE, L. et BOLET, G. 1995. Les effets de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine. *INRA Productions Animales*, 8(1), 49-56.

- FORTUN-LAMOTHE L. 1998. Effects of pre-mating energy intake on reproductive performance of rabbit does. *Animal Science*, 66, 263-269.
- FOXCROFT, G.R. ET HASNAIN, H. 1973. Effect of suckling and time to mating after parturition on reproduction in domestic rabbits. *Journal of Reproduction and Fertility*, 33, 367-377.
- FRANK H. 1966. Ablation des bulbes olfactifs chez la lapine impubère. Répercussions sur le tractus génital et le comportement sexuel. *Soc. Biol.*, 160, 389-390.
- GARCIA, F. ET PEREZ, A. 1989. Efectos de la lactacion y numero de lactantes sobre la monta, ovulacion y supervivencia fetal hasta el parto, evaluados per laparoscopia, en conejas multiparas. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 80, 3-10.
- GOSALVEZ L.F., ALVARIÑO J.M.R., DIAZ P., TOR M. 1995. Influence of age, stimulation by PMSG or flushing on the ovarian response to LHRHa in young rabbit females. *World Rabbit Science*, Vol.2(2), 41-45.
- HAMMOND J. and MARSHALL F.H.A. 1925. Reproduction in the rabbit. Ed: Olivier and Boyd, Edinburgh, 210 p.
- HARNED, M.A. ET CASIDA, L.E. 1969. Some post partum reproductive phenomena in the domestic rabbit. *Journal of Animal Science*, 28, 785-788.
- HUDSON R. and DISTEL H. 1990. Sensitivity of female rabbits to changes in photoperiod as measured by pheromone emission. *Journal of Comparative Physiology*, 167, 2, 222-230.
- HULOT, F. et MATHERON, G. 1979. Analyse des variations génétiques entre trois races de lapins, de la taille de portée et de ses composantes biologiques en saillie post partum. *Annales de Génétique et de Sélection Animale*, 11, 53-77.
- HULOT, F. et MATHERON, G. 1981. Effets du génotype, de l'âge et de la saison sur les composantes de reproduction chez la lapine. *Annales de Génétique et de Sélection Animale*, 13, 131-150.
- KENNELLY, J.J. ET FOOTE, R.H. 1965. Superovulatory responses of pre-and postpuberal rabbits to commercially available gonadotrophins. *Journal of Reproduction and Fertility*, 9, 177-188.
- KERMABON A.Y., BELAIR L., THEAU-CLEMENT M., SALESSE R., DJIANE J. 1994. Effect of anoestrus and bromocryptine treatment on the expression of prolactin and LH receptors in the rabbit ovary during lactation. *Journal of Reproduction and Fertility*, 102, 131-138.
- KUSTOS K., EIBEN Cs., SZENDRŐ Zs., THEAU-CLÉMENT M., GÓDOR S-NÉ, JOVÁNCZAI Zs. 2000. Effect on reproductive traits of male presence among rabbit does before artificial insemination (Preliminary results). *7th World rabbit Congress, 4-7 July 2000, Valencia Spain*, 161-166.
- LANGE K., et SCHLOLAUT, W. 1988. The influence of postpartum insemination on litter size and growth of the New Zealand White rabbits. *4th World Rabbit Congress, 10-14 October, 1988, Budapest, Hungary*, Vol 1, 130-134.
- LEFÈVRE B., MARTINET L., MORET B. 1976. Environnement et comportement d'oestrus. *1er Congrès International Cunicole, Dijon (France)*, Communication n°61.
- LEFÈVRE B. and MORET B. 1978. Influence d'une modification brutale de l'environnement sur l'apparition de l'oestrus chez les lapines nullipares. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 18 (3), 695-698.
- LINDSAY D.R., COGNIÉ Y., PELLETIER J., SIGNORET J.P. 1975. Influence of the presence of rams on the timing of ovulation and discharge of LH in ewes. *Physiol. Behav.*, 15, 423-426.
- LUZI F. and CRIMELLA C. 1998. Effect of change of cage 2 days before artificial insemination on reproductive performance of rabbit does. *World Rabbit Science*, Vol.6(1), 195-198.
- LUZI F., BARBIERI S., LAZZARONI C., CAVANI C., ZECCHINI M., CRIMELLA C. 2001. Effets de l'addition de propylène glycol dans l'eau de boisson sur les performances de reproduction des lapines. *World Rabbit Science*, (9)1: 15-18.
- MAERTENS, L. ET OKERMAN, F. 1987. Reproduction, croissance et qualité de carcasse. Possibilités d'un rythme de reproduction intensif en cuniculture. *Revue de l'Agriculture*, 5(40), 1157-1169.
- MAERTENS L. and LUZI F., 1995a. Effect of diluent and storage time of rabbit semen on the fertility of does reared under two different lighting schedule. *World Rabbit Science*, 3, 57-61.
- MAERTENS L. 1998. Effect of flushing, mother-litter separation and PMSG on the fertility of lactating does and the performance of their litter. *World Rabbit Science*, Vol.6(1), 185-190.
- MAERTENS L., BOUSSELMI H., PANDEY V.S. 2000. Efficiency of different methods to synchronize the oestrus in artificially inseminated, lactating does. *Proc. 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain*, 185-190.
- MARTIN B.G. and SCARAMUZZI R.J. 1983. The induction of oestrus and ovulation in seasonally anovular ewes by exposure to rams. *J. Steroid Biochem.*, Vol.19(1), 869-875.
- MATICS Zs., SZENDRŐ Zs., THEAU-CLÉMENT M., BIRÓ-NÉMETH E., RADNAI I., GYOVAI M., OROVA Z., EIBEN Cs. 2004b. Modification of the nursing system as a biostimulation method. *World Rabbit Congress, Puebla City*, 298-302.
- MAULEON P. and DAUZIER L., 1965. Variations de durée de l'anoestrus de lactation chez les brebis de race Ile-de-France. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 5, 131-143.
- MCNITT J.I. 1992. Endocrinological approaches for commercial rabbit production. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15, 364-397.
- MIRABITO L., GALLIOT P., SOUCHET C. 1994a. Effet d'un regroupement des lapines avant l'I.A sur les performances de reproduction. *6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle*, Vol I, 505-510.
- MIRABITO L., GALLIOT P., SOUCHET C. 1994b. Effet de l'utilisation de la PMSG et de la modification de la photopériode sur les performances de reproduction de la lapine. *6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle*, Vol I, 169-178.
- OLDHAM C. M., MARTIN G.B., KNIGHT T.W. 1978. Stimulation of seasonally anovular Merino ewes by rams. I. The time from introduction of the rams to the preovulatory LH surge and ovulation. *Anim. Reprod. Sci.* 1 (1978) 283-290.
- PAREZ, V. 1992. Fertamate : pour une utilisation performante et sûre de la PMSG. *L'Éleveur de lapin*, novembre-décembre, 43-44.
- PARIGI-BINI R. and XICCATO G. 1993. Recherches sur l'interaction reproduction et lactation chez la lapine. Une revue. *World Rabbit Science*, 1, 155-161.
- PAVOIS V., LE NAOUR J., DUCEP O., PERRIN G., DUPERRAY J. 1994. Une méthode naturelle pour améliorer la réceptivité et la fertilité des lapines allaitantes en insémination artificielle. *6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle*, Vol. II, 528-535.
- PERRIER, G., THEAU-CLEMENT, M., POUJARDIEU, B., DELHOMME, G. 1998. Essai de conservation de la semence de lapin pendant 72 heures. *7^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 13-14 Mai, 1998, Lyon, France*, 237-240.
- PERRIER, G., THEAU-CLEMENT, M., JOUANNO, M., DROUET, J.P. 2000. Reduction of the GnRH dose and inseminated rabbit doe reproductive performance. *7th World Rabbit Congress, 4-7 July, 2000, Valencia, Espagne*. Vol A, 225-230.

- POINDRON P. AND LE NEINDRE P. 1980. Endocrine and sensory regulation of maternal behavior in the ewe. *Adv. Study Behav.*, 11, 75-119.
- PRUD'HON M., ROUVIER R., CAEL J., BEL L. 1969. Influence de l'intervalle entre la parturition et la saillie sur la fertilité et la prolificité des lapins. *Annales de Zootechnie*, 18(3), 317-329.
- REBOLLAR P.G., UBILLA E., RODRIGUEZ J.M. 1992a. Influence of the parturition – Insemination interval on the conception rate in rabbits artificially inseminated with fresh semen. *Journal of Applied Rabbit Research*, 15, 407-411.
- REBOLLAR P.G., UBILLA E., ALVARIÑO J.M.R., ILLERA J.C., SILVAN G. 1992b. Effect of degree of sexual receptivity on post-partum plasma oestradiol and ovulatory response in rabbits. *Revista Española de Fisiología*, 48(1), 13-18.
- REBOLLAR P.G., ALVARIÑO, J.M.R., DEL ARCO, J.A., BUENO A. 1995. Control de celo en conejas nulpáras: manejo y tratamiento con PMSG. *Inf. Tech. Eco. Agr.*, Vol. Extra 16 Tomo I, 455-457.
- REBOLLAR P.G., MILANÉS A., ESQUIFINO A.I., MILLÁN P., LORENZO, P.L. 2004. Plasma oestradiol and prolactin in synchronized multiparous rabbit does. *8th World Rabbit Congress, September 7-10, 2004, Puebla, Mexico*, 330-335.
- RODRIGUEZ, J.M. et UBILLA, E. 1988. Effect of sexual receptivity on ovulation response in rabbit does induced with GnRH. *IVth Congress of World Rabbit Science Association, 10-14 October, 1988, Budapest, Hungary*, Tome II, 504-508.
- RODRIGUEZ, J.M., AGRASAL, C., ESQUIFINO, A. 1989. Influence of Sexual Receptivity on LH, FSH and Prolactin Release after GnRH Administration in Female Rabbits. *Animal Reproduction Science*, 20, 57-65.
- RODRIGUEZ DE LARA, R. ET FALLAS, L.M. 1999. Environmental factors and physiological factors influencing kindling rates and litter size at birth in artificially inseminated doe rabbits. *World Rabbit Science*, 7(4), 191-196.
- RODRIGUEZ DE LARA, R., FALLAS, L.M., RANGEL, S.R. 2000. Influence of body live weight and relocation on kindling rate and prolificacy in artificially inseminated nulliparous doe rabbits. *7th World Rabbit Congress, 4-7 July, 2000, Valencia, Espagne*. Vol A, 251-257.
- RODRÍGUEZ-DE LARA R., LÓPEZ-FALLAS M., RANGEL-SANTOS R., MARISCAL-AGUAYO V., 2003. Influence of short-term relocation and male exposure on sexual receptivity and reproduction in artificially inseminated lactating doe rabbits. *Anim. Reprod. Sci.*, 78, 111-121.
- ROUSTAN, A. et MAILLOT, D. 1990. Comparaison des résultats de fertilité et de productivité numérique à la naissance de deux groupes de lapines conduites en insémination artificielle et en saillie naturelle. Analyse de quelques facteurs de variation. *5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 12-13 Décembre, 1990, Paris, France*. Tome I, Comm. 3.
- ROWLINSON R. and BRYANT M.J. 1974. Un système permettant de maîtriser l'anoestrus de lactation. Effet du mâle. In *Congr. int. Med. vét. porc.*, Lyon, C5.
- ROY, F., MAUREL, M.C., COMBARNOUS, Y., BRIOIS, J.P., POBEL, T., DELETANG, F. 1995. Etude de la réponse immunitaire observée chez les ovins et les caprins traités avec PMSG dans le cadre de l'insémination artificielle. *Rencontres Recherches Ruminants*, 3, 395-398.
- SCHÜDDEMEGE M., LANGE K., HOY S. 1999. Investigations on influence of different artificial light regimes in comparison to natural daylight on reproductive parameters in female rabbits. *11th symposium on housing and diseases of rabbits, furbear animals and pet animals. Celle (Germany)*, 19-20 May 1999.
- SIGNORET J.P. 1980. Effet de la présence du mâle sur les mécanismes de reproduction chez la femelle des mammifères. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 20 (2), 457-468.
- STEVENSON J.S. and DAVIS D.L. 1984. Influence of reduce litter size and daily litter separation on fertility of sows at 2 to 5 weeks postpartum. *Journal of Animal Science*, 59, 2, 284-293.
- STRADAIOLI, G., MONACI, M., VERINI SUPPLIZI, A., CANALI, C., VACCA, C., BOITI, C. 1993. Recovery rate and embryo quality in New Zealand White (NZW) rabbits treated with PMSG and PGF2 α . *Association Européenne de Transfert Embryonnaire, 10-11 Septembre, 1993, Lyon, France*, 282-283.
- SZENDRŐ, Z.S., BIRO-NEMETH, E. 1991. Factors affecting results with artificial insemination of rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*, 14, 72-76.
- SZENDRŐ Zs., JOVANCZAI Zs., THEAU-CLÉMENT M., RADNAI I., BIRO-NEMETH E., MILISITS G. 1999. The effect of doe-litter separation on production performance in rabbit does and their kits. *World Rabbit Science*, Vol.7(3), 165-169.
- SZENDRŐ Zs., MATICS Zs., GERENCSE Zs., GYOVAI M., BIRÓ-NÉMETH E., RADNAI I. 2005a. Effect of lighting and biostimulation on performance of rabbit does. 2. Effect of nursing method. *17th Hungarian Conference on Rabbit production, Kaposvár*, 79-82.
- SZENDRŐ Zs., MATICS Zs., GERENCSE Zs., GYOVAI M., BIRÓNÉ NÉMETH E., RADNAI I. 2005b. Effect of lighting program and biostimulation on performance of rabbit does. *Cost Action 848. Joint Scientific Meeting: Management and housing of rabbit does: reproductive efficiency and welfare interactions. June 23-25, 2005, Palermo, Italy*.
- THERIEZ M. 1984. Influence de l'alimentation sur les performances de reproduction des ovins. *9^{èmes} Journées de la Recherche ovine et caprine*, 294-326.
- THEAU, M. et ROUSTAN, A. 1980. L'insémination chez la lapine. Techniques utilisées, quelques résultats. *2nd World Rabbit Congress, April, 1980, Barcelone, Spain*, Tome I, 333-342.
- THEAU-CLEMENT, M., BOLET, G., ROUSTAN, A., MERCIER, P. 1990a. Comparaison de différents modes d'induction de l'ovulation chez les lapines multipares en relation avec leur stade physiologique et la réceptivité au moment de la mise à la reproduction. *5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 12-13 Décembre, 1990, Paris, France*. Tome I, Comm. 6.
- THEAU-CLEMENT M., POUJARDIEU B., BELLEREAUD J. 1990b. Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et états physiologiques sur la productivité de lapines multipares. *5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 12-13 Décembre, 1990, Paris, France*, Tome I: Comm. 7.
- THEAU-CLÉMENT M. and ROUSTAN A. 1992. A study on relationships between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performances. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15, 412-421, 1992.
- THEAU-CLEMENT, M., ET LEBAS, F. 1994a. Etude de l'efficacité de la Ciclogonine (PMSG) pour induire la réceptivité chez la lapine. *Cuniculture*, 115, 21(1), 5-11
- THEAU-CLEMENT, M. et POUJARDIEU, B. 1994b. Influence du mode de reproduction, de la réceptivité et du stade physiologique sur les composantes de la taille de portée des lapines. *6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 6-7 Décembre, 1994, La Rochelle, France*, Vol 1, 187-194.
- THEAU-CLEMENT, M. 1996. Antagonismo tra lattazione e riproduzione sulla produttività di coniglie inseminate artificialmente. *Atti della giornata scientifica sulla riproduzione del coniglio : dalla ricerca alla applicazione pratica. Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche – Brescia, Italia*, 9-16.
- THEAU-CLEMENT, M. et LEBAS, F. 1996. Effect of a systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 4(2), 47-56.

- THEAU-CLEMENT M., CASTELLINI C., MAERTENS L., BOITI C. 1998a. Biostimulations applied to rabbit reproduction : theory and practice. *World Rabbit Science*, 6(1), 179-184.
- THEAU-CLEMENT, M., SALEIL, G., CORNET, P., UNGAR, R., UNGAR, J.C. 1998b. Etude de l'efficacité du Dermojet automatique® pour induire l'ovulation des lapines. *Cuniculture* n°143, 25(5), 234-236.
- THEAU-CLEMENT M., LEBAS F., POUJARDIEU B., MERCIER P. 1998c. Effet de différentes doses de PMSG sur l'induction de la réceptivité sexuelle et la productivité des lapines conduites en insémination artificielle. *7èmes Journées de la Recherche Cunicole en France*, Lyon, 1998, 221-223.
- THEAU-CLEMENT M., LEBAS F., DRION P., BECKERS J.F. 1998d. Evolution de la production d'anticorps anti-PMSG en fonction de la dose et du nombre d'injections : relation avec la productivité des lapines. *7èmes Journées de la Recherche Cunicole en France*, Lyon, 1998, 225-228.
- THEAU-CLEMENT M., CASTELLINI C., MAERTENS L., BOITI C. 1998e. Biostimulations applied to rabbit reproduction: theory and practice. *World Rabbit Science*, Vol.6(1), 179-184.
- THEAU-CLEMENT M. et MERCIER. P. 1999. Effect of a 24h doe-litter separation on rabbit doe reproductive performance and growth of the young. *World Rabbit Science*, Vol.7(3), 177-179.
- THEAU-CLEMENT M., BOITI C., MERCIER P., FALIERES J., 2000. Description of the ovarian status and fertilising ability of primiparous rabbit does at different lactation stage, *Proceedings of the 7th World Rabbit Congress Valencia Spain*, Vol A, 259-266.
- THEAU-CLEMENT, 2001. Etude de quelques facteurs de contrôle de l'interaction entre la lactation et la reproduction chez la lapine conduite en insémination artificielle. Thèse, doctorat, Institut National Polytechnique, Toulouse, 103 pages.
- THEAU-CLEMENT M. et MERCIER. P. 2003. Comparaison de l'effet d'une séparation mère-jeunes de 24 heures et d'un traitement PMSG, sur la réceptivité sexuelle et la productivité des lapines allaitantes. *10^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, 19-20 novembre. 2003, Paris, 65-68.
- THEAU-CLEMENT M. et MERCIER. P. 2004. Influence of lighting programs on the productivity of rabbit does of two genetic types. *8th World Rabbit Congress*, September 7-10, 2004, Puebla, Mexico, 358-363.
- UBILLA, E. et RODRIGUEZ, J.M. 1988. Influence of systematic induction of parturition in the rabbit during its reproductive life, with a synthetic analogue of PGF2 alpha (Etiproston). *4th World Rabbit Congress*, 10-14 October, Budapest, Hungary, Vol 2, 494-503.
- UBILLA, E., REBOLLAR, P.G. 1995. Influence of the postpartum day on plasma estradiol-17 beta levels, sexual behaviour and conception rate in artificially inseminated lactating rabbits. *Animal Reproduction Science*, 38(4), 337-344.
- UBILLA E., REBOLLAR P.G., PAZO D., ESQUIFINO A.I., ALVARIÑO J.M. 2000. Pituitary and ovarian response to transient doe-litter separation in nursing rabbits. *J. Reprod. Fertil.* 118, 361-366.
- UBILLA E., REBOLLAR P.G., PAZO D., ESQUIFINO A.I., ALVARIÑO J.M. 2001. Endocrine profiles during doe-litter separation and subsequent pregnancy in rabbits. *J. Physiol. Biochem.*, 57, 23-29.
- VIRAG GY., KUSTOS K., SZABO L. 1999. Effect of a 48 hours doe-litter separation on rabbit doe's reproductive performance and offspring's growth. *World Rabbit Science*, Vol.7(3), 155-159.
- VODERMAYER T. 1989. Interactions between photoperiod, pheromones and oestrous behaviour in female rabbits. Ludwig-Maximilians-Universität München, German Federal Republic, 1989. 101p.
- WALTER M.R., MARTINET L., MORET B., THIBAUT C. 1968. Régulation photopériodique de l'activité sexuelle chez le lapin mâle et femelle. *Archives d'Anatomie d'Histologie et d'Embryologie*, 51, 773-780.