



HAL
open science

Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins

Bénédicte Grimard, P. Humblot, Andrew A. A. Ponter, Sylvie S. Chastant-Maillard, Fabienne F. Constant, J.P. Mialot

► **To cite this version:**

Bénédicte Grimard, P. Humblot, Andrew A. A. Ponter, Sylvie S. Chastant-Maillard, Fabienne F. Constant, et al.. Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. *Productions Animales*, 2003, 16 (3), pp.211-227. hal-02683621

HAL Id: hal-02683621

<https://hal.inrae.fr/hal-02683621>

Submitted on 1 Jun 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.

Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins

Les traitements de maîtrise des cycles permettent, chez les bovins, de synchroniser les chaleurs et d'inséminer des groupes d'animaux en aveugle, le même jour. Le travail est ainsi simplifié et les périodes de vêlages peuvent être planifiées. L'intérêt de ces traitements est cependant limité par la variabilité de la fertilité à l'oestrus induit. Une part de cette variabilité est due au mécanisme d'action du traitement lui-même. Une autre dépend de facteurs liés à l'animal ou à l'environnement. La connaissance de ces paramètres devrait permettre d'améliorer les résultats.

Résumé

En France, trois types de traitements hormonaux permettent de synchroniser les chaleurs chez les bovins. Les traitements à base de prostaglandine $F_2\alpha$ ou de ses analogues (2 injections à 11-14 jours d'intervalle), les traitements associant GnRH et $PGF_2\alpha$ (Ovsynch : GnRH à J0, $PGF_2\alpha$ à J7, GnRH à J9), les traitements à base de progestagènes (dispositif libérant de la progestérone ou du norgestomet associé à un œstrogène et/ou à des $PGF_2\alpha$ et de l'eCG). La prostaglandine $F_2\alpha$ et ses analogues provoquent la lutéolyse et les chaleurs qui suivent la deuxième injection s'étalent sur plusieurs jours ; l'insémination sur chaleurs observées après ce traitement améliore les résultats de fertilité. Les associations GnRH et prostaglandine et progestagène/œstrogène/eCG agissent à la fois sur la croissance folliculaire et sur la lutéolyse ; les chaleurs qui apparaissent après traitement sont bien groupées et il est possible d'inséminer en aveugle. Compte tenu de leur mécanisme d'action, le premier traitement est réservé aux animaux cyclés alors que les deux traitements GnRH + prostaglandine (Ovsynch) et progestagènes peuvent être utilisés sur des animaux cyclés ou non (anoestrus). La fertilité à l'oestrus induit est variable, de 20 à 70 % sur de grands lots d'animaux. Certains facteurs de variation sont connus mais non maîtrisables dans la pratique au moment de la mise à la reproduction (jour du cycle au moment du traitement, cyclicité avant traitement, rang de vêlage, conditions de vêlage, note d'état corporel...). D'autres peuvent être utilisés pour améliorer la fertilité des animaux à risque (allonger l'intervalle vêlage-traitement, pratiquer un flushing, séparer temporairement le veau). Ainsi, une bonne connaissance des mécanismes physiologiques expliquant l'effet de chaque traitement, une évaluation des facteurs de risque présentés par les animaux à synchroniser et l'application de mesures correctrices devraient permettre d'adapter les traitements aux situations rencontrées (cyclées, anoestrus, suboestrus, troupeau laitier ou allaitant ...), afin d'améliorer la fertilité et de réduire la variabilité de la réponse au traitement.

Les traitements de synchronisation des chaleurs permettent, chez les bovins, de rationaliser le travail au moment de la mise à la reproduction. Après un traitement hormonal, les animaux sont inséminés sur chaleurs observées ou, mieux, à l'aveugle. Il est donc possible, dans certains cas, de s'affranchir de la détection des chaleurs et d'inséminer tous les animaux synchronisés le même jour. Si la technique est séduisante, le taux de fertilité à l'oestrus induit varie grandement entre les élevages mais aussi au sein d'un même élevage d'un lot à l'autre, d'une année à l'autre (Odde 1990, Diskin *et al* 2001, Thatcher *et al* 2001).

Une partie de cette variabilité tient au traitement lui-même. Une bonne connaissance des mécanismes physiologiques expliquant la synchronisation et parfois l'induction des ovulations permet de comprendre en partie les limites des traitements disponibles à l'heure actuelle. Nous nous attacherons dans cet article à décrire les mécanismes d'action impliqués dans les traitements les plus utilisés en France : prostaglandine $F_2\alpha$ et ses analogues (appelés par la suite dans cet article « les $PGF_2\alpha$ »), combinaison GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) et $PGF_2\alpha$, traitement à base de progestagène.

Une autre partie de la variabilité est due aux animaux traités. Il est très important de distinguer les utilisations zootechniques de ces traitements (application à des animaux en bonne santé, voire à des animaux sélectionnés sur leurs aptitudes à la reproduction) des utilisations thérapeutiques (application à des animaux malades, en anœstrus ou en subœstrus). Il est illusoire d'espérer obtenir les mêmes résultats dans les deux cas. Cela tient en partie aux facteurs clairement identifiés de la fertilité à l'œstrus induit. Nous nous attachons lors de la présentation des résultats à distinguer le plus souvent possible ces populations, à décrire et à expliquer lorsque ce sera possible l'effet des facteurs liés à l'animal qui peuvent affecter la fertilité.

Enfin, une autre partie de la variabilité est liée à la conduite d'élevage. La majeure partie de l'effet élevage retrouvé dans les études épidémiologiques n'est pas expliquée à ce jour. On l'attribue aux conditions pédo-climatiques propres à la ferme, à l'effet logement, à l'effet éleveur... Mais certains paramètres de la conduite d'élevage ont des effets connus. Il sera possible de les utiliser pour améliorer la fertilité des animaux à risque.

Enfin, l'utilisation des hormones en élevage n'a pas bonne presse aujourd'hui. Nous discuterons aussi des modifications probables des traitements et des alternatives envisageables dans un proche avenir.

1 / Les traitements de synchronisation des chaleurs, modes d'action et résultats

Remarque préliminaire : les résultats des études présentées dans cet article sont donnés par rapport à l'ensemble des animaux traités (vaches gestantes/vaches traitées = pregnancy rate en anglais). La fertilité des vaches inséminées (vaches gestantes/vaches inséminées = conception rate en anglais) est parfois indiquée mais cela est alors explicitement précisé. Ce dernier taux peut en effet être sensiblement différent du précédent.

De récentes revues bibliographiques font le point sur les principes des traitements de maîtrise des cycles et leur intérêt (Odde 1990, Nebel et Jobst 1997, Diskin *et al* 2001, Driancourt 2001, Thatcher *et al* 2001). Ce chapitre s'appuie en grande partie sur ces articles.

Le contrôle de la durée du cycle sexuel s'appuie sur deux principes : le contrôle de la croissance folliculaire et le contrôle de la durée de vie du corps jaune ou de la phase d'imprégnation progestéronique. De nombreuses hormones, utilisées seules ou associées, permettent de synchroniser et parfois d'induire l'ovulation afin d'obtenir une fécondation en inséminant sur chaleurs observées ou à l'aveugle à des moments bien précis après l'arrêt du traitement.

1.1 / Les prostaglandines $F_2\alpha$

L'effet lutéolytique de la prostaglandine $F_2\alpha$ est connu depuis 1972/1973 (Lauderdale *et al* 1974). La $PGF_2\alpha$ administrée entre J5 et J17 du cycle sexuel provoque la régression du corps jaune. La fréquence des pulsés de LH augmente alors, provoquant une élévation significative de la sécrétion d'œstradiol par le follicule dominant, l'apparition de l'œstrus et l'ovulation. Malgré la lutéolyse rapide (24 heures), l'intervalle entre l'injection et les chaleurs est variable et dépend du stade de croissance du follicule au moment du traitement. Les animaux qui possèdent un follicule dominant au moment de l'injection présentent des chaleurs dans les 2 à 3 jours. Si l'injection a lieu pendant la phase de recrutement, le follicule dominant se forme en 2 à 4 jours et l'intervalle entre l'injection et l'œstrus est plus long et plus variable.

La prostaglandine $F_2\alpha$ ou ses analogues n'étant efficaces qu'entre J5 et J17, seuls 60 % des individus d'un lot d'animaux cyclés sont susceptibles de répondre correctement à une injection. Aussi les protocoles de synchronisation conseillés comprennent-ils 2 injections à 11-14 jours d'intervalle, toutes les femelles étant alors en phase de dioestrus au moment de la deuxième injection. La plupart des animaux expriment des chaleurs entre 48 et 96 h après l'arrêt du traitement et peuvent être inséminés à l'aveugle à 72 et 96 h (figure 1).

Cependant, la synchronisation n'est pas optimale. Le pourcentage de vaches en œstrus dans les 5 à 7 jours varie de 38 à 97 % (Mc Intosh *et al* 1984, Odde 1990, Laverdière 1994). Pour Mialot *et al* (1998a) par exemple, seules 60 % des vaches laitières inséminées 72 et 96 h après 2 injections de $PGF_2\alpha$ à 11 jours d'intervalle présentaient une progestéronémie compatible avec la phase œstrale au moment des inséminations artificielles (IA). En effet, si les $PGF_2\alpha$ agissent sur la durée de vie du corps jaune, elles n'ont pas d'effet direct sur la croissance folliculaire. Au moment de la lutéolyse, le follicule dominant présent sur l'ovaire n'est pas à un stade précis de développement, ce qui explique l'étalement des chaleurs après traitement (Mialot *et al* 1999, Driancourt 2001 ; figure 2). Ceci explique que la fertilité soit généralement meilleure après insémination sur chaleurs observées que lors d'insémination systématique.

Figure 1. Protocole de synchronisation des chaleurs à base de prostaglandine $F_2\alpha$.

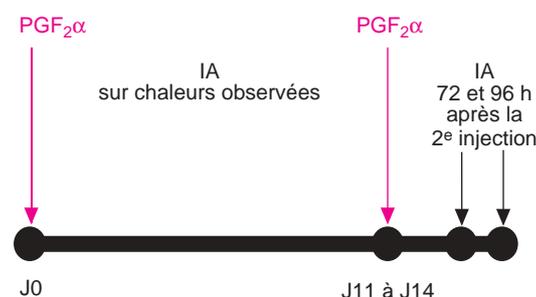
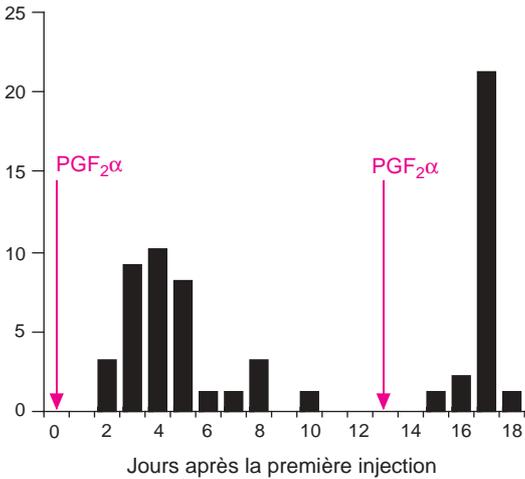


Figure 2. Répartition des chaleurs après traitement à base de prostaglandine $F_2\alpha$ et IA sur chaleurs observées chez des vaches laitières en subœstrus avant traitement (73,5 % de vaches détectées, Mialot et al 1999).

Nombre de vaches en chaleur



De plus, toutes les vaches ne sont pas vues en chaleurs après traitement (55,5 %, Stevenson et al 1999 ; 68 %, Mialot et al 1999). Ainsi, on conseille de réaliser une insémination sur

chaleurs observées après la première injection de $PGF_2\alpha$. Si l'animal n'est pas venu en chaleur, la deuxième injection est réalisée et l'animal inséminé sur chaleurs observées ou de façon systématique 72 et 96 h après la deuxième injection s'il n'est de nouveau pas vu en chaleurs. Ceci permet de réduire le coût du traitement et des inséminations.

Les taux de gestation (nombre de femelles gestantes/nombre de femelles traitées) calculés sur de grands lots d'animaux ($n > 100$) varient de 22 à 58 % (tableau 1).

L'évaluation de l'utilisation systématique de ces traitements en élevage laitier montre qu'il existe un intérêt économique (intervalle vêlage-insémination plus court à taux de gestation global constant, Lucy et al 1986), surtout lorsque le taux de détection des chaleurs avant mise en place est faible (inférieur à 55 % ; Heuwieser et al 1995, Pankowski et al 1995, Mateus et al 2001).

Le traitement à base de $PGF_2\alpha$ se révèle être le moins coûteux (surtout si de nombreuses vaches sont fécondées après la première injection), mais ne peut être utilisé que si les vaches sont cyclées. Les résultats seront

Tableau 1. Taux de gestation après utilisation de traitement de synchronisation des chaleurs à base de prostaglandines $F_2\alpha$. Légende : 2 PG à 13 j = 2 injections de prostaglandine à 13 jours d'intervalle.

| Référence | Traitement | Nombre d'animaux | Taux de gestation des vaches | |
|---------------------------|--|--|------------------------------|----------|
| | | | en chaleur | traitées |
| Génisses viande | | | | |
| Lauderdale (1979) | 2 PG à 10-12 j, IA sur œstrus observé | 462 | 55 | 38 |
| | 2 PG à 10-12 j, IA 80 h | 469 | | 36 |
| Lauderdale et al (1980) | 2 PG à 10-12 j, IA sur œstrus observé | 880 | | 22 |
| Kastelic et al (1999) | 2 PG à 11 j, IA sur œstrus observé ou 84 h après PG2 | 16 | 50,0 | 35,7 |
| Vaches allaitantes | | | | |
| Lauderdale (1979) | 2 PG à 10-12 j, IA sur œstrus observé | 531 | 61 | 34 |
| | 2 PG à 10-12 j, IA 80 h | 642 | | 35 |
| Lauderdale et al (1980) | 2 PG à 10-12 j, IA sur œstrus observé | 500 | | 46 |
| Kastelic et al (1999) | 2 PG à 11 j, IA sur œstrus observé ou 84 h après PG2 | 25 | | 52 |
| Génisses laitières | | | | |
| Logue et al (1991) | 2 PG à 10 j | 37 | | 51 |
| Pursley et al (1997b) | 2 PG à 14 j, IA sur œstrus observé ou 72-80 h après PG2 | 78 | | 74,4 |
| Stevenson et al (2000) | 2 PG à 14 j, IA sur œstrus observé ou 72 h après PG2 | 23 | 86,9 | 69,6 |
| | | 101 | | 52,5 |
| | | 131 | 89,3 | 58,0 |
| Vaches laitières | | | | |
| Pursley et al (1997b) | 2 PG à 14 j, IA sur œstrus observé ou 72-80 h après PG 2 | 126 | 46,0 | 37,6 |
| Stevenson et al (1999) | 2 PG, IA sur œstrus observé | 101 (cyclées) | 52,2 | 31,7 |
| Mialot et al (1998b) | 2 PG à 11 j, IA sur œstrus observé ou 72 et 96 h après PG2 | 90 (en subœstrus) | | 37,0 |
| Mialot et al (1999) | 2 PG à 13 j, IA sur œstrus observé ou 72 et 96 h après PG2 | 83 (en subœstrus) | | 32,5 |
| | | 75 (en subœstrus) | | 53,3 |
| Jemmeson (2000) | 2 PG à 14 j, IA sur œstrus observé | 421 (choisies sur VIA ⁽¹⁾ et note d'état) | | 56,3 |

⁽¹⁾ Intervalle vêlage-insémination

Le traitement à base de prostaglandine $F_2\alpha$, le moins coûteux de tous, est à réserver aux vaches cyclées des élevages où les chaleurs sont bien détectées.

d'autant meilleurs que la détection des chaleurs est bonne au sein de l'élevage, une partie des animaux pouvant alors être inséminés sur chaleurs observées.

1.2 / Les associations GnRH/ PGF₂α

L'idée de synchroniser la folliculogénèse avant l'administration de PGF₂α a amené à utiliser le GnRH. Le protocole, maintenant classique, est le suivant : injection de GnRH à J0, PGF₂α 7 jours plus tard, GnRH 48 h après l'injection de PGF₂α (Twagiramungu *et al* 1994 et 1995, Pursley *et al* 1995). En fonction du stade de croissance du follicule dominant, le GnRH provoque soit l'atrésie soit l'ovulation ou la lutéinisation des gros follicules présents dans l'ovaire au moment du traitement et une nouvelle vague de croissance folliculaire émerge dans les 3-4 jours. Une injection de PGF₂α pratiquée 7 jours après la première injection de GnRH entraîne la lutéolyse au moment où un follicule dominant est présent et celui-ci devient préovulatoire. L'injection de GnRH réalisée 48 h après l'injection de PGF₂α provoque un pic de LH et l'ovulation 24 à 32 h plus tard pour 87 à 100 % des vaches (Pursley *et al* 1995 et 1998, Thatcher *et al* 2001). L'insémination peut être pratiquée entre 12 et 24 h après la seconde injection de GnRH (12-18 h, Chastant-Maillard *et al* 2002 ;

16 h, Diskin *et al* 2001 ; 16-20 h : Pursley *et al* 1997, Cartmill *et al* 2001 ; 16-24 h, Mialot *et al* 2003 ; 16-24 h, Moreira *et al* 2000a ; figure 3).

La synchronisation des chaleurs est alors meilleure qu'avec les PGF₂α seules et permet l'insémination systématique sans détection des chaleurs (Pursley *et al* 1997a).

L'utilisation dans le cadre du traitement du suboestrus en France (Mialot *et al* 1999) a montré que l'expression des chaleurs est faible : seuls 30 % des animaux sont vus en chaleurs lors de l'insémination systématique à J10. De plus, un petit pourcentage d'animaux (15 %) vient en chaleurs en dehors de J10 (figure 4). Il est alors conseillé de les inséminer ou de les réinséminer sur chaleurs observées.

Figure 4. Répartition des chaleurs après traitement de synchronisation associant GnRH et prostaglandine F₂α plus IA systématique chez des vaches laitières en suboestrus avant traitement (40 % de vaches détectées, Mialot *et al* 1999).

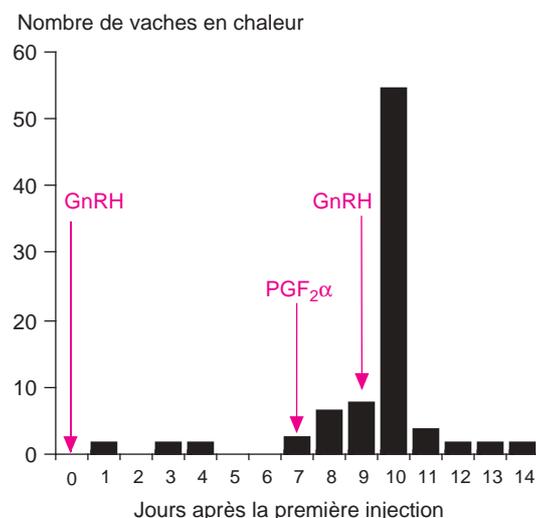


Figure 3. Protocole de synchronisation associant GnRH et prostaglandine F₂α (Ovsynch).

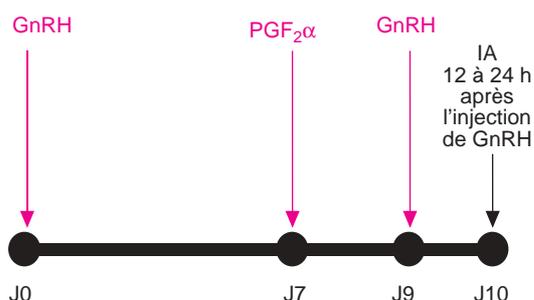


Tableau 2. Taux de gestation après utilisation de traitement de synchronisation des chaleurs GnRH-PG-GnRH. Légende : GnRH0-PG7-GnRH9, IA 16-24 h = GnRH à J0, Prostaglandine à J7, GnRH à J9, IA entre 16 et 24 h après le 2^e GnRH. GnRH0-PG7-GnRH9, IA10 = GnRH à J0, Prostaglandine à J7, GnRH à J9, IA à J10.

| Référence | Traitement | Nombre d'animaux | Taux de gestation des vaches en chaleur | |
|-------------------------------|------------------------------------|--|---|--------------|
| | | | en chaleur | traitées |
| Vaches allaitantes | | | | |
| Mialot <i>et al</i> (2002) | GnRH0-PG7-GnRH9, IA 16-24 h | 166 (80,1 % cyclées) | | 46,3 |
| Génisses laitières | | | | |
| Pursley <i>et al</i> (1997b) | GnRH0-PG7-GnRH30-36h, IA 16-20 h | 77 | | 35,1 |
| Vaches laitières | | | | |
| Burke <i>et al</i> (1996) | GnRH0-PG7-GnRH9, IA 16 h | 171 | 26,5 | 26,5 |
| Stevenson <i>et al</i> (1999) | GnRH-PG-GnRH | 76 | 31,9 | 31,9 |
| Pursley <i>et al</i> (1997b) | GnRH0-PG7-GnRH 30-36 h, IA 16-20 h | 156 | 37,8 | 37,8 |
| Mialot <i>et al</i> (1999) | GnRH0-PG7-GnRH9, IA10 | 97 (en suboestrus) 93 (en suboestrus) | | 36,1 53,7 |
| Stevenson <i>et al</i> (1999) | GnRH0, PG7-GnRH9, IA16-18 h | 68 (cyclées) | | 22,1 |
| Jemmeson (2000) | GnRH0 - PG7-GnRH9, IA 16-20 h | 419 (choisies sur VIA ⁽¹⁾ et note d'état) | | 38,9 |

⁽¹⁾ Intervalle vêlage-insémination

L'adjonction de GnRH à un traitement PGF₂α agit sur la croissance folliculaire, ce qui conduit à une meilleure synchronisation et permet l'insémination sans détection des chaleurs.

Les taux de fertilité (tableau 2) vont de 26 à 46 % pour les lots de plus de 100 animaux.

L'utilisation systématique de ces traitements en élevage laitier aux Etats-Unis a amélioré les résultats de reproduction par rapport à l'IA sur chaleurs observée après injection de $\text{PGF}_2\alpha$ (Pursley *et al* 1997a). En France, ce traitement est plus coûteux que ceux à base de $\text{PGF}_2\alpha$ ou de progestagènes.

1.3 / Les associations œstrogènes/progestagènes/eCG

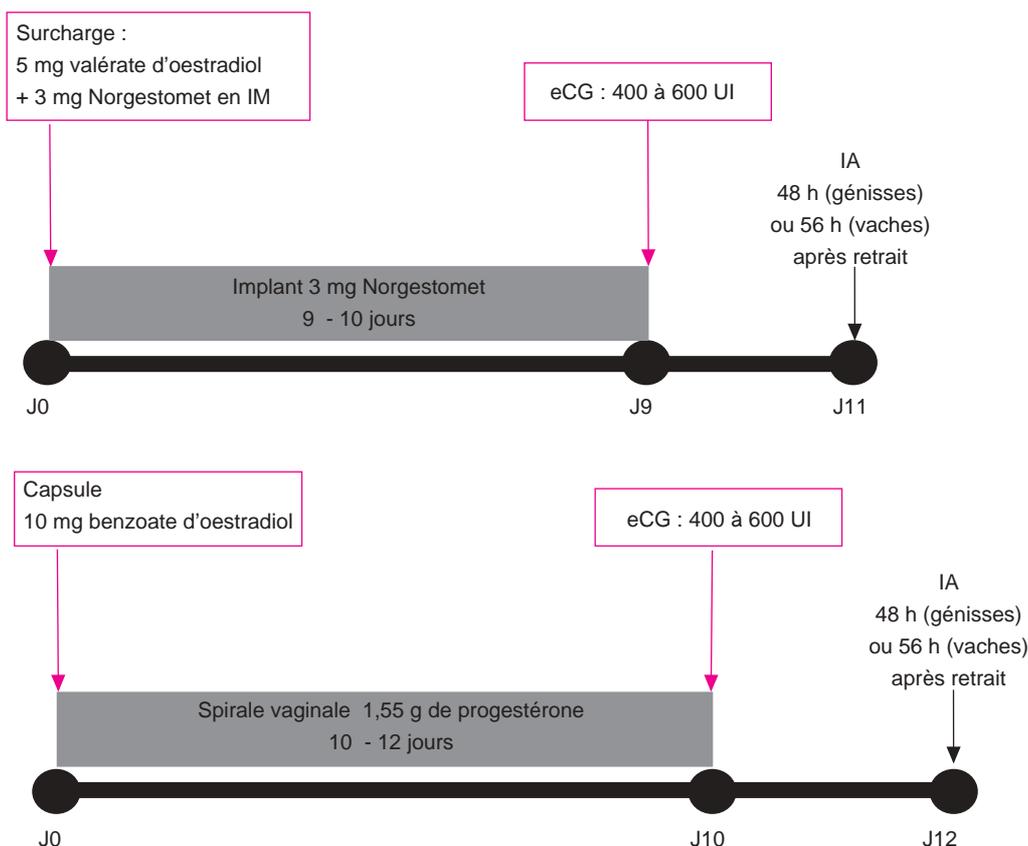
Deux dispositifs diffusant des progestagènes sont disponibles en France. L'implant Crestar® (Intervet, 3 mg de norgestomet), la spirale vaginale PRID® (Progesterone Intravaginal Device, Ceva, 1,55 g de progestérone). Ces dispositifs sont mis en place pendant 9 à 12 jours. Le traitement est complété par l'administration d'un œstrogène en début de traitement (injection de 5 mg de valérate d'œstradiol par voie intra-musculaire (IM) dans le cas du Crestar®, capsule contenant 10 mg de benzoate d'œstradiol associée au dispositif intravaginal pour le PRID® ; figure 5) et d'une surcharge de progestagène dans le cas du Crestar (3 mg de norgestomet par voie IM).

L'association œstrogène + progestagène agit à la fois sur la croissance folliculaire et sur la durée de vie du corps jaune (Chupin *et al* 1974, Driancourt 2001).

Administrés en début de cycle, les œstrogènes ont une activité antilutéotrope, ils pro-

voquent la disparition d'un corps jaune en début de formation qui pourrait persister après le retrait du dispositif et ainsi diminuer le taux de synchronisation des chaleurs. Administrés en présence d'un corps jaune fonctionnel, les œstrogènes ont une activité lutéolytique. L'introduction de ces hormones en début de protocole a permis de réduire la durée du traitement progestatif et d'améliorer la fertilité à l'œstrus induit (Diskin *et al* 2001). Cependant, cette activité antilutéotrope et lutéolytique n'est pas efficace à 100 %. Si le traitement commence entre J0 et J4 du cycle, le corps jaune peut persister dans 14 à 85 % des cas. Ce pourcentage est inférieur à 20 % si le traitement commence entre J5 et J8 (Miksh *et al* 1978, Humblot *et al* 1980, Pratt *et al* 1991, Burns *et al* 1993, Kesler *et al* 1997). De plus, l'activité antilutéotrope semble plus importante avec les fortes concentrations d'œstradiol atteintes grâce aux présentations intra-musculaires qu'avec les capsules intravaginales (Gyawu *et al* 1991). C'est pourquoi associer une injection de $\text{PGF}_2\alpha$ au moment du retrait ou, mieux, 48 h avant le retrait du dispositif peut améliorer la synchronisation des chaleurs et la fertilité des vaches cyclées avant traitement (Chupin *et al* 1977a sur vaches laitières, Mialot *et al* 1998b sur vaches allaitantes). Cet effet améliorateur n'est cependant pas toujours observé (Grimard *et al* 2000 sur vaches allaitantes cyclées). L'utilisation des $\text{PGF}_2\alpha$ permet de plus de réduire la durée de traitement à 7 jours chez les vaches cyclées (Beggs *et al* 2000, Lucy *et al* 2001, Mialot *et al* 2002).

Figure 5. Protocoles de synchronisation à base de progestagènes.



L'association œstrogène + progestérone en début de traitement exerce une rétro-action négative et diminue les concentrations circulantes de FSH (effet des œstrogènes) et LH (effet de la progestérone) provoquant l'atréxie du follicule dominant. Ceci permet le redémarrage d'une nouvelle vague de croissance folliculaire 3 à 5 jours plus tard (Bo *et al* 1991, 1993, 1994 et 2000, Yelich *et al* 1997, Burke *et al* 2000, Rhodes *et al* 2002). Après le retrait du dispositif, les ovulations sont mieux synchronisées et la fertilité est meilleure qu'en l'absence d'œstrogènes (Ryan *et al* 1995). Cette action sur la croissance folliculaire est plus importante avec les fortes concentrations plasmatiques atteintes par les injections d'œstrogènes (15-20 pg/ml avec 0,75 mg de benzoate d'œstradiol IM, 40-60 pg/ml avec 10 mg de benzoate d'œstradiol IM, 40 pg/ml avec 5 mg de valérate d'œstradiol IM) qu'avec les capsules intra-vaginales (2-4 pg/ml avec les capsules de 10 mg de benzoate d'œstradiol, Chupin et Saumande 1981, O'Rourke *et al* 1998, Bo *et al* 2000).

C'est l'association d'œstrogènes, de progestagènes et d'eCG qui donne les meilleurs résultats lorsqu'une partie des femelles est en anoestrus.

L'administration chronique de progestérone permet d'augmenter le nombre de récepteurs à LH présents sur le follicule dominant et sa sensibilité au pic de LH qui va précéder l'ovulation (Inskeep *et al* 1988). Cette sensibilité à LH persiste sur le corps jaune après l'ovulation puisque l'imprégnation par la progestérone diminue la fréquence des phases lutéales courtes observées lors d'induction d'ovulation chez les vaches en anoestrus post-partum avant traitement (Troxel *et al* 1993, Riviera *et al* 1998).

Enfin les œstrogènes favorisent l'absorption vaginale de la progestérone ce qui permet d'atteindre des concentrations élevées en début de traitement avec les spirales vaginales PRID® sans injection supplémentaire de progestérone (Roche et Ireland 1981, Munro 1987).

Une injection d'eCG (Equine Chorionic Gonadotropin, anciennement PMSG) est conseillée au moment du retrait du dispositif, surtout si les vaches sont en anoestrus avant traitement (400 à 600 UI selon l'âge, le type génétique et la saison). L'effet FSH et LH de l'eCG va soutenir la croissance folliculaire terminale, la production endogène d'œstrogènes et va favoriser l'ovulation (Chupin *et al* 1977b, Petit *et al* 1979, Deletang 1983). L'association œstrogènes-progestagènes-eCG est alors susceptible d'induire l'ovulation chez les animaux non cyclés avant traitement. L'injection d'eCG n'est pas indispensable si les animaux sont cyclés avant traitement, comme c'est le cas la plupart du temps chez les génisses et les vaches laitières.

Après le traitement de synchronisation, 85 % environ des vaches qui expriment des chaleurs le font entre 36 et 60 heures (Diskin *et al* 2001). Il est alors possible d'inséminer en aveugle une fois 56 h après retrait ou deux fois 48 et 72 h après retrait. Chez les génisses, cet intervalle est plus court (Beal *et al* 1984) et moins variable : on conseille de les inséminer une seule fois 48 h après retrait (figure 6). Les taux de gestation observés sur de grands lots d'animaux vont de 26 à 68 % (tableau 3).

Le traitement permet d'avancer les vêlages par rapport à des inséminations sur chaleurs observées, que ce soit chez la vache laitière (Drew *et al* 1982 : gain de 15 jours sur l'intervalle vêlage-insémination fécondante) ou allaitante (Grimard *et al* 1997b : intervalle vêlage-vêlage réduit de 43 jours chez les primipares, pas d'effet sur celui des multipares). Le traitement permet aussi d'améliorer le regroupement des vêlages (Grimard *et al* 1997b). En France, le coût des traitements associant œstrogène-progestagène et eCG est intermédiaire entre celui des deux autres. Il

Figure 6. Répartition des chaleurs après utilisation de traitement de synchronisation à base de progestagène dans des conditions expérimentales (Crestar + prostaglandine 24 h avant retrait, 81 % de vaches détectées, Beal *et al* 1984). Les chaleurs ne sont pas détectées pendant les périodes marquées d'un rectangle hachuré.

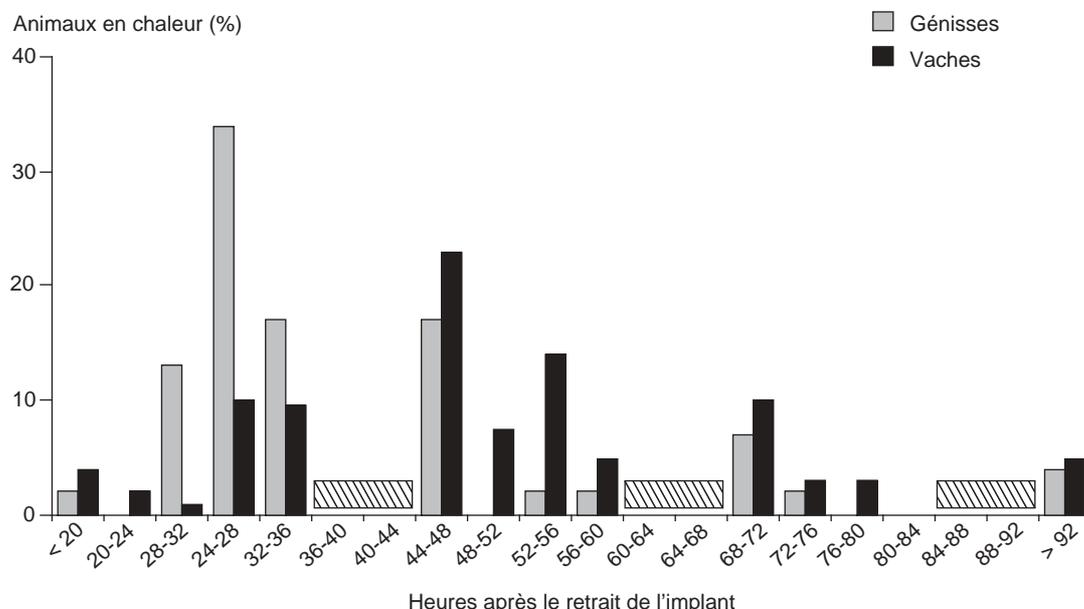


Tableau 3. Taux de gestation après utilisation de traitement de synchronisation des chaleurs à base de progestagènes. Légende : No = Norgestomet, Vo = Valérate d'œstradiol, Bo = Benzoate d'œstradiol. No+Vo 0, implant No 11 j, eCG, IA 48 h = Norgestomet + Valérate d'œstradiol à J0, implant 11 jours, eCG au retrait, IA 48 h après retrait. CIDR 7 j, PG 6 = CIDR pendant 7 jours, prostaglandine à J6. L'eCG est toujours injectée au retrait du dispositif.

| Référence | Traitement | Nombre d'animaux | Vaches en chaleur (%) | Taux de gestation |
|-----------------------------------|--|---|--------------------------------|--|
| Génisses viande | | | | |
| Kastelic <i>et al</i> (1999) | No+Vo 0, Implant No 11 j, eCG 11, IA sur oestrus observé ou 48 et 72 h | 15 | 66,7 | 41,7 |
| Lucy <i>et al</i> (2001) | CIDR 7 j, PG 6 CIDR 7 j, PG 6 | 105 (en anoestrus) 116 (cyclées) | 48 en 3 jours 80 en 3 jours | 28 ^a 49 ^b |
| Grimard <i>et al</i> (2001) | No+Vo 0, implant No 9-10 j, eCG, IA 48 h | 130 | | 60,8 |
| Grimard <i>et al</i> (2002) | No+Vo 0, implant No 9-10 j, eCG, IA 48 h No+Vo 0, implant No 9-10 j, eCG, IA 48 et 72 h | 239 237 | | 59,4 56,1 |
| Vaches allaitantes | | | | |
| Grimard <i>et al</i> (1992) | No+Vo 0, implant No 9-10 j, eCG, IA 48 et 72 h | 448 | | 40,2 |
| Chevallier <i>et al</i> (1996) | No+Vo 0, implant No 9-10 j, eCG, IA 48 et 72 h ou Bo 0, PRID 10-12 j, eCG, IA 60 h | 428 | | 50,7 |
| Humblot <i>et al</i> (1996) | No+Vo 0, implant No 9-10 j, eCG, IA 48 et 72 h | 723 | | 42 |
| Penny <i>et al</i> (1997) | No+Vo 0, Implant No 10 j, PG 8, eCG, IA 56 h | 48 69 | | 56 58 |
| Mialot <i>et al</i> (1998a) | PRID 12 j, PG 10, eCG 12, IA 56h PRID 7 j, PG5, eCG 12, IA 56h | 106 (72,4% cyclées) 98 (78,3% cyclées) | | 62,5 68,4 |
| Mialot <i>et al</i> (1998c) | PRID 12 j, eCG12 PRID 12 j, PG 10, eCG12 | 127 127 | | 54,3 ^a 67,8 ^b |
| Kastelic <i>et al</i> (1999) | No+Vo 0, implant No 11 j, IA sur oestrus observé ou 48 et 72 h No+Vo 0, implant No 11 j, eCG 11 j, IA sur oestrus observé ou 48 et 72 h | 28 28 | 67,8 75 | 67,8 82,1 |
| Lucy <i>et al</i> (2001) | CIDR 7 j, PG 6 CIDR 7 j, PG 6 | 142 (en anoestrus) 140 (cyclées) | 45 en 3 jours 72 en 3 jours | 26 ^a 46 ^b |
| Mialot <i>et al</i> (2002) | Bo 0 PRID 7 j, PG5, IA à 56 h | 174 | | 53,8 |
| Génisses laitières | | | | |
| Wishart <i>et al</i> (1977) | No+Vo 0, implant No 9 j, IA 48 et 60 h No+Vo 0, implant No 9 j, IA 48 et 72 h No+Vo 0, implant No 9 j, IA 48 et 72 h | 1010 420 399 | | 59,6 55,7 66,2 |
| De Fontaubert <i>et al</i> (1989) | No+Vo 0, implant No 10 j, IA 48 h | 124 | | 55 |
| Logue <i>et al</i> (1991) | No+Vo 0, implant NO 9 j | 37 | | 70 |
| Lucy <i>et al</i> (2001) | CIDR 7 j, PG 6 | 130 | 84 en 3 jours | 45 |
| Vaches laitières | | | | |
| Aguer <i>et al</i> (1982) | No+Vo 0, implant No 9-10 j, PG 7-8, eCG, 1 IA à 54-56 h ou 2 IA 48 et 72h | 264 126 122 40 57 | | 60,0 56,0 61,0 50,0 47,0 |
| Mialot <i>et al</i> (1998b) | Bo 0, CIDR 10 j, PG6, eCG, IA 48 et 72 h | 104 | | 40,3 |
| De Fontaubert <i>et al</i> (1989) | No+Vo 0, implant No 9 j, PG7, eCG, IA 56h | 391 | | 44,8 |
| Beggs <i>et al</i> (2000) | Bo 0, CIDR 7 j, PG7, IA sur oestrus observé | 947 | | 51 |

a vs b : P<0,05

augmente si on ajoute une injection de PGF_{2α} en fin de traitement.

Les mécanismes d'action des traitements de maîtrise des cycles peuvent être relativement complexes. Les effets sur la croissance folliculaire et la durée de vie du corps jaune vont, de plus, dépendre de la situation physiolo-

gique des animaux quand les hormones sont injectées (anoestrus, stade du cycle, stade de la vague de croissance folliculaire, stade de développement du corps jaune). Ces variations expliquent la plus ou moins bonne synchronisation des venues en chaleur et, en partie, les écarts de fertilité qui peuvent être observés sur le terrain. Mais des facteurs liés

à l'environnement peuvent aussi avoir un effet sur la fertilité à l'œstrus induit.

2 / Facteurs de variation de la fertilité à l'œstrus induit

2.1 / Stade physiologique de l'animal en début de traitement

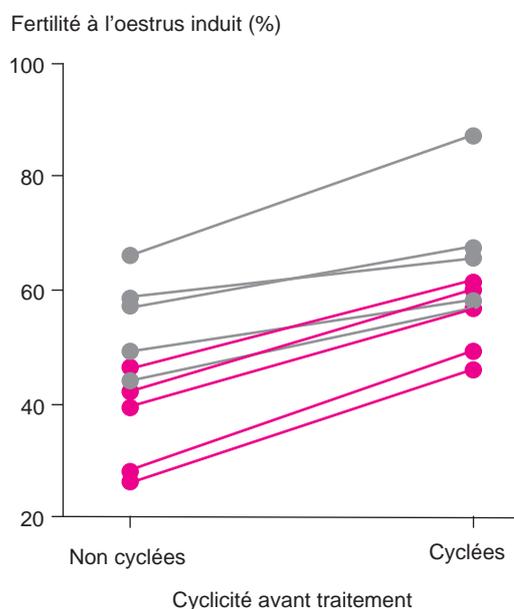
a / Cyclicité avant traitement

Les traitements à base de $\text{PGF}_{2\alpha}$ ne sont efficaces que chez les animaux cyclés avant traitement. Chez les animaux en anœstrus vrai, ils seront donc sans effet.

Les traitements combinant GnRH et $\text{PGF}_{2\alpha}$ sont susceptibles d'induire les chaleurs chez des vaches non cyclées avant traitement. Si certaines études ne montrent pas de différences de fertilité entre vaches cyclées et vaches en anœstrus avant traitement (Cordoba et Fricke 2001), d'autres montrent que la fertilité est plus faible chez les vaches en anœstrus que chez des vaches cyclées avant traitement. Cette différence peut être supérieure ou égale à 10 points de taux de gestation (49 % vs 59 %, Geary *et al* 1998, n=214 vaches allaitantes ; 53 % vs 66 %, Thatcher *et al* 2001, n=473 vaches allaitantes). Pour Mialot *et al* (2002), le traitement GnRH-PG-GnRH n'induit l'ovulation que pour 45,5 % des vaches allaitantes en anœstrus avant traitement alors que l'ovulation est correctement synchronisée pour 85,0 % des vaches cyclées.

Pour un traitement adapté aux animaux cyclés, la fertilité variera avec le stade du cycle au moment du traitement.

Figure 7. Fertilité à l'œstrus induit en fonction de la cyclicité avant traitement associant oestrogènes/progestagènes et eCG (effet significatif en rouge : Grimard *et al* 1992a, Kabandana *et al* 1993, Humblot *et al* 1996, Haddada *et al* 2000, Lucy *et al* 2001 ; effet non significatif en gris : Chevallier *et al* 1996, Ribon 1996, Roux 1997, Saives 1998, Mialot 1998b).



Le traitement à base de progestagène est le traitement de choix pour induire les chaleurs chez les vaches en anœstrus. Il est alors impératif d'inclure l'injection d'eCG dans le traitement. Cependant, certaines vaches non cyclées ne répondent pas au traitement. De plus, la fertilité des ovulations induites est plus faible que la fertilité des ovulation synchronisées (Chupin 1977, Grimard *et al* 1992b). La fertilité à l'œstrus induit sera donc plus élevée chez les vaches cyclées avant traitement que chez les vaches en anœstrus, même si les différences observées ne sont pas toujours significatives (figure 7).

b / Stade du cycle en début de traitement

Les $\text{PGF}_{2\alpha}$ ne sont efficaces qu'entre J5 et J17. Lors de l'utilisation de deux injections à 11-14 jours d'intervalle, la deuxième injection sera bien pratiquée pour tous les animaux en phase lutéale quel que soit le stade du cycle en début de traitement. Cependant, la fertilité après la deuxième injection est liée à la progestéronémie avant injection (<5 ng/ml dans le plasma, fertilité 36 % ; >5 ng/ml dans le plasma, fertilité 75 % ; Folman *et al* 1990). Si l'injection est effectuée pendant une période de moindre sensibilité du corps jaune (début de cycle ou corps jaune de fin de cycle déjà en régression) le traitement est moins efficace. Ainsi, il n'est pas possible de réduire l'intervalle entre les deux injections sous peine de voir la fertilité diminuer. L'intervalle de 14 jours entre les deux injections permet, chez la vache, d'obtenir de meilleurs résultats que l'intervalle de 11 jours. Il est aussi plus pratique à mettre en œuvre en élevage puisque les injections se font le même jour de la semaine.

Le traitement associant GnRH et $\text{PGF}_{2\alpha}$ a une efficacité optimale s'il commence lorsqu'un follicule dominant susceptible d'ovuler suite à la première injection de GnRH est présent (par exemple J5 ou J18 du cycle pour une vache présentant deux vagues de croissance folliculaire). Si le traitement commence au moment du recrutement des follicules d'une cohorte, le GnRH ne va pas agir sur le développement du follicule dominant qui va se développer au-delà de J7. Au moment de la deuxième injection de GnRH il sera âgé (plus de 5 jours de dominance) et l'ovocyte qu'il va expulser sera moins fertile. Si la première injection de GnRH est réalisée en fin de vague de croissance folliculaire, une nouvelle vague est généralement initiée, mais le développement du follicule ne sera pas suffisamment avancé au moment de l'injection de $\text{PGF}_{2\alpha}$ et de la deuxième injection de GnRH. Il sera généralement trop petit pour ovuler et se transformer en corps jaune normal. Pour Thatcher *et al* (2001), les meilleurs résultats de fertilité sont obtenus quand la 1^{ère} injection de GnRH a lieu entre J5 et J12 ou entre J18 et J20. Pour Vasconcelos *et al* (1999), l'utilisation du protocole Ovsynch au début (J1-J4) et à la fin du cycle (J17-J21) chez des vaches laitières donne de plus mauvais résultats qu'entre J5 et J9 du cycle. Pour Moreira *et al* (2000a), le nombre (2-3) et la durée des vagues de croissance folliculaires (7-9 jours) expliqueraient ces variations de l'efficacité du protocole associant GnRH et $\text{PGF}_{2\alpha}$.

Lors de l'utilisation de traitement à base de progestagènes, l'initiation du traitement pendant la deuxième partie du cycle (après J11, Brink et Kiracofe 1988 ; après J14, Beal *et al* 1988) a pour conséquence une diminution de la fertilité. Dans ce cas, c'est la durée trop longue de l'imprégnation par les progestagènes qui est mise en cause. En effet, chez les vaches cyclées, le progestagène prend le relais du corps jaune naturel mais n'inhibe pas totalement la sécrétion de LH, le follicule dominant devient persistant, ce qui nuit à la fertilité de l'ovocyte expulsé au moment de l'ovulation (Driancourt 2001). Comme nous l'avons détaillé plus haut, si le traitement commence en début de cycle, l'effet antilutéotrope des oestrogènes peut être insuffisant, le corps jaune naturel peut alors persister après retrait du progestagène. Les vaches ne seront pas correctement synchronisées, l'environnement hormonal au moment des inséminations pratiquées à l'aveugle ne sera pas propice à la fécondation. Cet écueil peut être contourné en ajoutant une injection de PGF₂α en fin de traitement.

En définitive, lors d'utilisation de traitement de synchronisation à l'aveugle dans un lot, certains animaux ne seront pas au moment optimal en début de traitement ce qui explique que les résultats de fertilité vont plafonner quel que soit le traitement utilisé.

2.2 / Facteurs de variation liés à l'animal

a / Age/parité

Les PGF₂α peuvent être utilisées chez les génisses et chez les vaches pourvu que les femelles soient cyclées avant traitement. Folman *et al* (1990) signalent un effet du rang de lactation sur la fertilité à l'œstrus induit après deux injections de PGF₂α à 14 jours d'intervalle : le taux de gestation est de 58,8 % en première lactation, 45,8 % en lactation 2 et 3 puis de 28,6 % en lactation 4 ou plus (P<0,05).

Les traitements associant GnRH et PGF₂α ne sont pas conseillés sur génisses (Pursley *et al* 1997b). Pour Pursley *et al* (1998), les résultats sont meilleurs sur des vaches laitières en deuxième lactation (48 % de fertilité) que sur les primipares (37 %) ou les vaches plus âgées (35 %). Cependant, dans cette étude, l'effet du rang de vêlage n'est significatif que si les IA sont réalisées moins de 100 jours post-partum.

Les traitements à base de progestagène donnent de bons résultats sur génisses (tableau 3). Dans certaines études effectuées chez des vaches allaitantes, la fertilité est plus élevée chez les multipares que chez les primipares (Chupin 1977, Grimard *et al* 1992b, Ponsart *et al* 1996) ce qui peut sans doute s'expliquer en partie par le taux de cyclicité avant traitement, généralement plus faible en première lactation. En effet, pour Aguer (1981), le taux de gestation des vaches cyclées avant traitement n'est pas affecté par le rang de vêlage.

b / Conditions du vêlage précédent

Les effets des conditions de vêlage ont surtout été explorés chez les vaches allaitantes dans le cadre de l'utilisation des traitements à base de progestagènes. L'effet des conditions de vêlage n'a pas été, à notre connaissance, mis en évidence sur la fertilité à l'œstrus induit avec d'autres types de traitement, mais certains auteurs excluent les animaux ayant eu un vêlage difficile (extraction forcée ou césarienne) des études (Mialot *et al* 1999 et 2002, Lucy *et al* 2001).

Lorsque ces effets sont mis en évidence, une assistance au vêlage, même légère (aide facile), est associée à une diminution du taux de gestation par rapport au vêlage sans aide. Mais ce sont surtout l'extraction forcée et la césarienne qui affectent la fertilité (écarts de 15 à 30 points de fertilité entre vêlage sans aide et extraction forcée + césarienne : Rochereau 1994, Humblot *et al* 1996, Ponsart *et al* 1996). Cet effet peut s'expliquer en partie par un effet sur le taux d'ovulation après traitement qui est plus faible chez les vaches ayant eu un vêlage difficile que chez les vaches ayant vêlé seules (écarts de 15 à 20 points sur le taux d'ovulation, Grimard *et al* 1992b, Ribon 1996). Les mécanismes reliant difficulté de vêlage et fertilité à l'œstrus induit sont actuellement inconnus mais il peut exister une relation entre le faible taux d'ovulation et l'infection utérine qui altère la sécrétion de PGF₂.

2.3 / Facteurs de variation liés à la conduite d'élevage

a / Saison/date de vêlage

En France, dans les systèmes allaitants traditionnels avec vêlage de fin d'automne ou début d'hiver, la fertilité à l'œstrus induit après traitement à base de progestagène est élevée en début de saison, elle baisse en fin d'hiver puis remonte après la mise à l'herbe (Chupin 1977, Pelot *et al* 1977, Aguer 1981, Grimard *et al* 2001).

Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer cet effet saison : l'évolution concomitante du pourcentage de vaches cyclées avant traitement, la sous-alimentation en fin d'hiver, le stress lors de la mise à l'herbe, l'influence de la température.

En France, dans les troupeaux avec vêlages de fin d'été et d'automne, le pourcentage de vaches cyclées lors de la mise à la reproduction en automne est généralement très élevé, entre 70 et 80 % (Mialot *et al* 1998a et 1998b), et la fertilité à l'œstrus induit est très élevée avec l'association progestagène-PGF₂α-eCG. Dans ces conditions, les autres facteurs de variation n'influencent pratiquement pas les résultats.

Alnimer *et al* (2002) n'ont pas observé d'effet de la saison (hiver vs été) sur le taux de gestation à l'œstrus induit par des protocoles à base de PGF₂α ou associant GnRH et PGF₂α sur des vaches laitières en Italie, bien que

celles-ci aient présenté une augmentation de la température rectale entre les deux saisons. Cependant, l'effet de la température a été significatif sur le taux de gestation cumulé après 3 IA post-traitement (hiver 81,0 % vs été 56,3 %, $P < 0,05$).

b / Intervalle vêlage-traitement

Le respect d'un intervalle minimum entre le vêlage et le traitement est une des conditions de réussite chez les vaches. Ceci est très vraisemblablement en rapport avec l'influence bien établie de l'intervalle vêlage-insémination sur la fertilité à la suite d'IA sur oestrus naturel.

Pour les traitements à base de $\text{PGF}_2\alpha$ il est bien évidemment nécessaire d'attendre que tous les animaux soient cyclés.

Dans le cas du traitement associant GnRH et $\text{PGF}_2\alpha$, la fertilité à l'oestrus induit est plus élevée si l'intervalle entre le vêlage et l'IA est supérieur à 75 jours que s'il est inférieur (taux de gestation : 36 % pour les vaches inséminées entre 50 et 75 j post-partum, 47 % entre 76 et 100 j post-partum, 43 % à plus de 100 j post-partum, $P < 0,05$; Pursley *et al* 1998).

Pour les traitements à base de progestagène, l'effet de l'intervalle vêlage-traitement est fréquemment cité (Pelot *et al* 1977, Petit *et al* 1979, Aguer 1981, Grimard *et al* 1992a, Chevallier *et al* 1996, Humblot *et al* 1996). Par exemple, pour Humblot *et al* (1996), la fertilité de vaches allaitantes primipares est de 23,8 % si les animaux sont inséminés moins de 60 jours post-partum, 38,0 % entre 60 et 70 jours, 49,2 % après 70 jours. Ces observations amènent à conseiller de ne commencer les traitements qu'après 60 jours post-partum chez les multipares allaitantes et 70 jours chez les primipares (Grimard *et al* 1996a).

Cet effet de l'intervalle vêlage-traitement va pouvoir être utilisé dans la pratique. En effet, si après examen des animaux il s'avère qu'un grand nombre présentent des facteurs de risque d'infertilité, on pourra retarder la mise en place des traitements. Cette mesure, qui permet aussi d'augmenter le pourcentage de vaches cyclées avant traitement, aura un effet bénéfique sur la fertilité.

c / Alimentation

Les effets de la note d'état corporel, du poids vif et de leurs variations entre le vêlage et la mise à la reproduction ont fréquemment été mis en évidence dans les enquêtes épidémiologiques. Expérimentalement, ces effets peuvent être reproduits en modulant le niveau alimentaire des animaux (variation concomitante des apports énergétiques et protéiques), voire en modulant uniquement les apports énergétiques. Dans ce dernier cas, même si les apports protéiques alimentaires restent élevés, les protéines digestibles par le ruminant se trouvent réduites par la carence en énergie. Nous parlerons donc par la suite d'effet du niveau alimentaire.

Dans le cas des apports protéiques, des effets néfastes des excès d'azote soluble dans

la ration sur la fertilité ont été mis en évidence expérimentalement. Mais ces effets n'apparaissent qu'avec des taux de protéines solubles considérés comme toxiques en France (apports d'urée supérieurs à 50 g/100 kg de poids vif par exemple). Dans les études épidémiologiques, les relations entre taux d'urée du lait et fertilité chez la vache laitière, par exemple, sont plutôt positifs (Ponter *et al* 1999). Cependant, les excès peuvent intervenir dans le cas d'erreur de rationnement, de mauvaise conservation de fourrage ou au moment de la mise à l'herbe. Ils seront donc développés ci-après.

Niveau alimentaire

Les effets de l'alimentation sur la fertilité à l'oestrus induit ont surtout été explorés pour les traitements à base de progestagène (revues de Grimard *et al* 1996a et 1996b). Ces effets apparaissent fréquemment dans les études comprenant des vaches non cyclées avant traitement, moins fréquemment lorsque les taux de cyclicité avant traitement sont élevés (Mialot *et al* 1998b et 2002), ce qui tend à suggérer qu'une partie de l'effet du niveau alimentaire s'explique par son effet sur la durée de l'anœstrus post-partum.

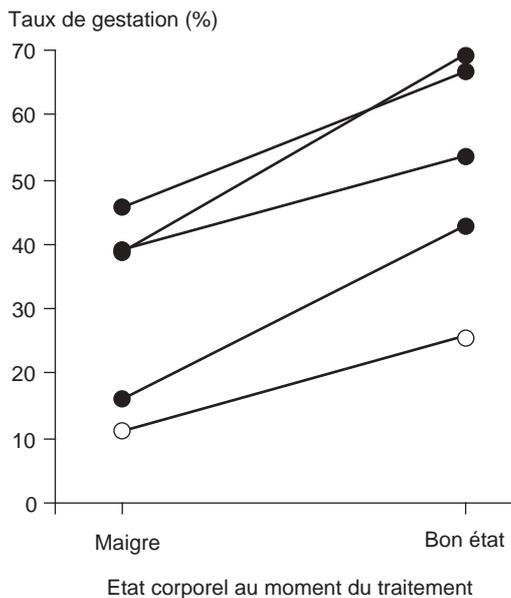
Dans le cas des traitements à base de $\text{PGF}_2\alpha$ ou associant GnRH et $\text{PGF}_2\alpha$, les effets des facteurs alimentaires sont rarement recherchés. Lorsqu'ils le sont (Mialot *et al* 1998b, 1999 et 2002, Moreira *et al* 2000b), les effets des facteurs alimentaires ne sont pas toujours significatifs, sans doute là encore parce que la population d'animaux étudiée présente un fort taux de cyclicité avant traitement.

Quoi qu'il en soit, les observations réalisées dans le cadre d'enquêtes épidémiologiques à grande échelle ont pu être confirmées par des études expérimentales sur de petits nombres d'animaux. Les mécanismes reliant alimentation et fertilité à l'oestrus induit sont en partie élucidés.

Les animaux les plus légers au moment de la mise en place des traitements répondent moins bien au traitement à base de progestagène. Ceci est valable aussi bien pour les génisses (Grimard *et al* 2001), que pour les vaches (Chevallier *et al* 1996, Grimard *et al* 2000). Une perte de poids de 30 kg entre le vêlage et la mise à la reproduction réduit le taux d'ovulation après traitement (Grimard *et al* 1992a, Rochereau 1994).

La note d'état corporel au vêlage et au début du traitement de synchronisation affecte la fertilité à l'oestrus induit par les traitements à base de progestagène (figure 8). Pour Burke *et al* (1996), il existe une corrélation positive entre la note d'état corporel et le taux de gestation : une augmentation de 1 point de la note est accompagnée d'une augmentation de 13 % du taux de gestation. Une perte de plus de 0,5 point de note d'état corporel entre le vêlage et le traitement diminue le taux de gestation. Ceci a amené Grimard *et al* (1996a) à recommander une note de 2,5 à la mise à la reproduction pour les vaches allai-

Figure 8. Fertilité à l'œstrus induit en fonction de la note d'état corporel au moment du traitement (● Progestagènes : Kabandana et al 1993, Chevallier et al 1996, Humblot et al 1996, Ribon 1996 ; ○ GnRH/PG/GnRH : Moreira et al 2000).



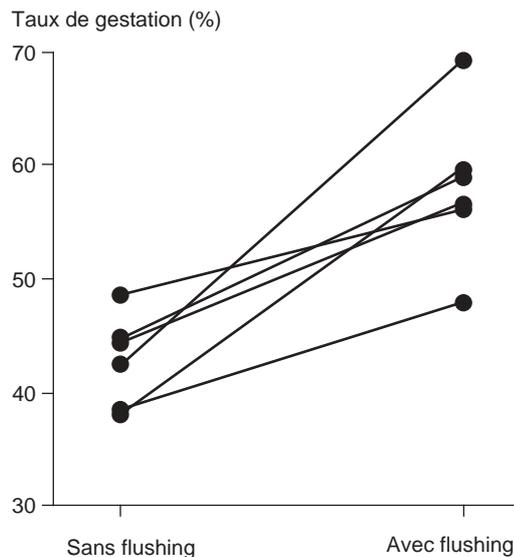
tantes multipares, 3 pour les primipares. Une note de 2,5 semble aussi être un optimum pour les génisses (Grimard *et al* 2001). Pour Moreira *et al*, (2000b) la note d'état corporel affecte aussi la fertilité des vaches laitières synchronisées à l'aide du protocole associant GnRH et PGF₂α (11,1 % pour une note < 2,5 vs 25,6 pour une note ≥ 2,5 ; P<0,05).

Chez la vache allaitante, le statut énergétique au moment des IA réalisées après traitement semble être déterminant. Si les animaux sont en bilan énergétique négatif, la sécrétion de LH, la croissance folliculaire et la stéroïdogénèse sont réduites et certaines vaches, en anœstrus avant traitement, n'ovulent pas après traitement (Grimard *et al* 1995 et 1997a). En revanche, si les vaches ont rééquilibré leur balance énergétique, la fertilité est bonne, même si la note d'état corporel est faible (Grimard *et al* 1994).

Ces effets de la sous-alimentation peuvent être reliés à la baisse de la glycémie, de l'insulinémie et des concentrations circulantes d'IGF-1 observée chez les animaux en phase de mobilisation des réserves corporelles. Les effets augmentent avec le niveau de mobilisation (corrélations négatives entre les concentrations plasmatiques d'acides gras non estérifiés, témoins de la lipolyse, la taille du plus gros follicule et le nombre de pics de LH/h ; Grimard *et al* 1995 et 2002a).

Le flushing, c'est-à-dire une période courte d'augmentation des apports énergétiques (2 UF supplémentaires), réalisé pendant la période de traitement et poursuivi trois semaines après IA, améliore la fertilité à l'œstrus induit des vaches maigres (figure 9). Cet effet positif peut s'expliquer par l'effet sur le bilan énergétique, amélioré en quelques jours (Easdon *et al* 1985) qui se traduit par un effet en 9 à 10 jours sur la croissance folliculaire et

Figure 9. Effet du flushing sur la fertilité à l'œstrus induit de vaches allaitantes traitées à l'aide de progestagène (Pelot et al 1977, Drew et al 1979, Chupin et al 1980, Aguer 1981, Paccard et Grimard 1988, Kabandana et al 1993).



semble diminuer la mortalité embryonnaire (Khireddine *et al* 1998). Le flushing peut être réalisé en distribuant des concentrés (céréales le plus fréquemment), mais aussi des fourrages de bonne qualité (ensilage de maïs, Ponsart *et al* 2000).

Chez la vache laitière, les relations entre statut énergétique et croissance folliculaire sont moins nettes et leurs interactions avec la production laitière méritent d'être étudiées. Mialot *et al* (1998b) observent un effet de la production laitière moyenne sur la fertilité (diminution de la fertilité pour les vaches produisant plus de 8100 kg par rapport à celles produisant moins de 7200 kg) dans une étude comparant synchronisation par progestagène ou PGF₂α.

En pratique, si la note d'état corporel des animaux au moment de la mise en place du traitement est trop faible (inférieure à 3 pour les primipares, inférieure à 2,5 pour les génisses et les multipares) on pourra conseiller de retarder la mise en place du traitement de 10 jours et de pratiquer un flushing dans le même temps (arrêter 3 semaines après IA). Les vaches vont ainsi bénéficier des effets positifs de l'intervalle vêlage-traitement et de la modification du bilan énergétique.

Qualité des protéines de la ration

Dans les conditions expérimentales, un excès important d'azote soluble dans la ration entraîne une diminution de la fertilité chez la génisse et la vache laitière (Butler 1998). Ceci s'expliquerait par une diminution du pH utérin (Elrod et Butler 1993), une diminution de la production de progestérone (Jordan et Swanson 1979), une diminution de la qualité des embryons (Blanchard *et al* 1990), ce qui conduirait à une augmentation de la mortalité embryonnaire (Erold et Butler 1993).

De bons résultats de fertilité à l'œstrus induit nécessitent une note d'état corporel d'au moins 2,5 pour les vaches allaitantes multipares. Si la note est plus faible, un flushing est conseillé afin d'améliorer le bilan énergétique des vaches au moment de l'IA.

Ces excès d'azote soluble sont rarement recherchés (taux d'urée du lait ou urémie sanguine) lors d'enquête épidémiologique sur des animaux synchronisés, mais sont évoqués pour expliquer la diminution du taux de fertilité observée après la mise à l'herbe. Dans une étude concernant 31 primipares de race Limousine synchronisées à l'aide d'implants de progestagène, Saives (1998) a effectivement constaté une augmentation du taux plasmatique d'urée après la mise à l'herbe ($< 0,10 + 0,01$ g/l avant la mise à l'herbe *vs* $> 0,32 + 0,01$ g/l 15 jours après mise à l'herbe ; $P < 0,05$). Le taux plasmatique d'urée a été plus faible à la pose de l'implant chez les vaches gestantes après traitement que chez les vaches non gestantes ($0,20 + 0,02$ g/l *vs* $0,28 + 0,02$ g/l ; $P < 0,05$). Cependant, pour Butler (1998), les taux qui ont été associés à une diminution de la fertilité sont supérieurs à 0,4 g/l.

Ainsi, les excès d'azote soluble, possibles à la mise à l'herbe ou lors de consommation excessive d'urée ou d'ensilage d'herbe mal conservé, peuvent sans doute être mis en cause pour expliquer certains échecs, mais ils ne semblent pas être souvent à l'origine d'infertilité en France.

d / Sevrage temporaire du veau

Chez la vache allaitante, le retrait temporaire du veau avant les inséminations peut augmenter la fertilité (tableau 4). Un retrait du veau de 24 h semble être insuffisant mais une séparation de 48 h a parfois des effets positifs sur la fertilité (Peterson *et al* 1979, Kiser *et al* 1980, McVey et Williams 1989, Thatcher *et al* 2001). Pendant la séparation temporaire, les veaux perdent du poids mais la différence avec les animaux non sevrés n'existe plus au sevrage (Fanning *et al* 1995).

Pour Warren *et al* (1988), l'effet du sevrage temporaire serait surtout important chez les vaches maigres (note $\leq 1,5$) au moment du traitement. Au moment du retrait du veau, l'action inhibitrice de l'allaitement sur la sécrétion de LH est levée et les taux circulants de LH augmentent (Walters *et al* 1982). Les effets de l'allaitement sont probablement liés à des effets neuro-endocrines mais aussi à des effets centraux (la vue et la présence du veau, sans tétée, ont des effets inhibiteurs sur

la sécrétion de LH, Williams 1990). L'arrêt temporaire de l'allaitement pourrait aussi agir de façon indirecte en améliorant temporairement le bilan énergétique (diminution des besoins de production).

Dans la pratique, le sevrage temporaire pourra être envisagé sur les vaches maigres afin d'augmenter les chances de fécondation. Il n'est cependant pas facile à mettre en œuvre...

e / Taureau utilisé pour les IA

Certains auteurs citent un effet du taureau d'IA sur la fertilité à l'œstrus induit (Chupin 1977, Chupin *et al* 1977, Pelot *et al* 1977, De Fontaubert 1986). Les écarts pourraient aller jusqu'à 20 points de fertilité (mesure sur de petits effectifs, 56 à 144 femelles par mâle). Dans des études plus récentes, le nombre faible d'IA par taureau utilisé n'autorise pas les comparaisons (Grimard *et al* 2001), mais il est probable que les différences de fertilité observées après insémination sur chaleurs naturelles se retrouvent après synchronisation.

2.4 / Effet cumulatif des facteurs

Les effets des facteurs de variation de la fertilité à l'œstrus induit sont cumulatifs comme l'ont observé Humblot *et al* (1996) sur des vaches allaitantes primipares pour les facteurs intervalle vêlage-traitement, condition de vêlage et note d'état corporel. Malheureusement, ce sont souvent les mêmes animaux qui présentent plusieurs facteurs de risque (par exemple : primipare, maigre, vêlage difficile et non cyclée).

Dans ce cas deux options sont possibles : soit on écarte ces animaux des traitements de synchronisation et l'on se place dans le cadre d'une utilisation zootechnique des traitements, soit on tente d'augmenter la fertilité de ces animaux en considérant que l'on se situe plutôt dans le cadre d'une utilisation thérapeutique du traitement de maîtrise des cycles. Il est possible alors de jouer sur l'intervalle vêlage-traitement (augmenter le délai de mise à la reproduction sur les animaux à risque), sur le bilan énergétique (conseiller un flushing ou l'arrêt temporaire de l'allaitement chez les animaux maigres), sur le traitement en lui-même (utiliser progestagènes + eCG)

Tableau 4. Effet du sevrage temporaire du veau sur la fertilité à l'œstrus induit.

| Référence | Traitement | n | Témoins | Sevrées 24 h | Sevrées 48 h |
|------------------------------|--------------|------|-------------------|-----------------|-------------------|
| Kaltenbach et Dunn (1979) | Progestagène | 139 | | 43 | 51 |
| | | 185 | | 33 | 41 |
| | | 300 | | 51 | 42 |
| | | 122 | | 47 | 47 |
| | | 179 | | 55 | 45 |
| Peterson <i>et al</i> (1979) | Progestagène | 257 | 37 ^a | | 54 ^b |
| | | 1200 | | 49 | 45 |
| Kiser <i>et al</i> (1980) | Progestagène | 243 | 32 ^a | 28 ^a | 46 ^b |
| McVey et Williams (1989) | Progestagène | 290 | 27,5 ^a | | 50,9 ^b |
| Fanning <i>et al</i> (1995) | Progestagène | 59 | 37 | | 45 |
| Thatcher <i>et al</i> (2001) | GnRH/PG/GnRH | 247 | 52 ^c | | 61 ^d |

a vs b : $P < 0,05$ - c vs d : $P = 0,09$

sur les modalités d'IA (2 IA à l'aveugle ou IA sur œstrus observé) pour améliorer la fertilité des animaux traités.

3 / Perspectives d'utilisation des traitements de synchronisation des chaleurs

L'utilisation systématique des traitements de synchronisation des chaleurs existe dans les grands troupeaux laitiers à l'étranger (Beggs *et al* 2000, Jemmeson 2000). La comparaison des traitements sur de grands nombres d'animaux montre dans ce cas que les traitements combinant progestagènes-œstrogènes et PGF₂α donnent en moyenne de meilleurs résultats que les traitements à base de PGF₂α seules (Beggs *et al* 2000), qui sont eux-mêmes plus efficaces que les traitements à base de GnRH et PGF₂α (Jemmeson 2000). Mais les différences ne vont pas toutes dans le même sens dans tous les élevages. Ceci est probablement dû aux caractéristiques des troupeaux soumis à l'expérimentation. Dans les troupeaux où certaines vaches sont en anœstrus au moment de la mise à la reproduction, les traitements combinants progestagènes-œstrogènes et PGF₂α donneront les meilleurs résultats. Dans les troupeaux où les animaux sont cyclés mais où la détection des chaleurs est déficiente, l'association GnRH-PGF₂α-GnRH apportera un plus par rapport à l'utilisation des PGF₂α seules. Ainsi, l'identification des problèmes de reproduction rencontrés dans le troupeau va orienter le choix du traitement de synchronisation à mettre en place afin d'en tirer le maximum de bénéfice.

Dans les pays européens, l'utilisation systé-

matique des traitements de synchronisation n'est pas très répandue même si les troupeaux s'agrandissent. L'utilisation des hormones n'a pas bonne presse et la gestion de l'image « naturelle » de l'élevage des bovins auprès du consommateur freine et freinera probablement cette utilisation dans l'avenir.

L'utilisation des œstrogènes a été remise en cause (Berg 2001). Sa suppression risquait de diminuer l'efficacité des traitements à base de progestagènes. La suppression de l'injection d'œstrogène en début de traitement entraîne en effet une diminution de la fertilité à l'œstrus induit (Ryan *et al* 1995). Des traitements alternatifs existent. Ils consistent à ajouter une injection de GnRH en début de traitement (atrézie du follicule dominant), une injection de PGF₂α en fin de traitement (lyse d'un corps jaune éventuellement présent en fin de traitement) et, éventuellement, une injection de GnRH juste avant ou au moment de l'insémination systématique pour mieux synchroniser les ovulations (tableau 5). Mais ces modifications entraînent une augmentation du coût du traitement et une baisse de l'efficacité.

Conclusion

Nous disposons actuellement en France de trois types de traitement de synchronisation des chaleurs. Chacun a ses caractéristiques, son coût. Une bonne connaissance des mécanismes d'action de ces traitements permet d'en comprendre les points forts et les limites. Ils ne sont pas destinés aux mêmes types d'animaux ni aux mêmes élevages. Dans les troupeaux où la détection des chaleurs est bonne et où les animaux à syn-

Tableau 5. Comparaison de la fertilité à l'œstrus induit avec et sans utilisation d'œstrogène, alternatives à l'utilisation des œstrogènes. Légende : Bo 0 caps, PRID 8 j, PG7 = capsule de Benzoate d'oestradiol à J0, PRID 8 jours, Prostaglandines à J7. Vo+P 0, CIDR 7 j, PG7, Bo8, IA9 = Valérate d'oestradiol + progestérone à J0, CIDR 7 jours, Prostaglandine à J7, Benzoate d'oestradiol à J8, IA à J9.

| Référence | Traitement | Nombre d'animaux | Vaches en chaleur (%) | Taux de gestation |
|------------------------------------|--|------------------|-----------------------|-------------------|
| Génisses viande | | | | |
| Broadbent <i>et al</i> (1993) | Bo 0 caps, PRID 7 j, PG6 PRID 7 j, PG6 | 263 | | 51,5 46,6 |
| Lane <i>et al</i> (2001) | Bo 0, PRID 10 j | 41 | 92,7 | |
| | Bo 0, PRID 8 j, PG7 | 40 | 100 ^a | |
| | GnRH0, PRID 8 j, PG7 | 42 | 90,5 ^b | |
| Martinez <i>et al</i> (2002) | pLH0, PG7, pLH9, IA 12 h | 49 | | 37,5 ^a |
| | pLH0, CIDR 7 j, PG7, pLH9, IA 12 h | | 64,7 | |
| | Vo+P 0, CIDR 7 j, PG7, Bo8, IA9 | | 75,0 ^b | |
| Vaches allaitantes | | | | |
| DoValle <i>et al</i> (1996) | Implant No 8 j, PG7 | 182 | 85 ^a | 31 ^a |
| | Implant No 8 j, PG7, GnRH 30 h après retrait | 171 | 97 ^b | 44 ^b |
| Vaches laitières | | | | |
| Tjondronegoro et Williamson (1987) | Bo 0 caps, PRID 12 j | | | 51,4 |
| | CIDR 9 j | | | 57,7 |
| | CIDR 12 j | | | 59,4 |
| Ryan <i>et al</i> (1995) | CIDR 10 j, PG10, IA sur œstrus observé | 522 | | 46,6 ^a |
| | Bo 10 mg IM 0, CIDR 10 j | 520 | | 60,5 ^b |
| | GnRH 0, CIDR 10 j, PG10 | 517 | | 57,9 ^b |

a vs b : P<0,05

chroniser sont cyclés, on privilégiera l'utilisation des $\text{PGF}_2\alpha$, le traitement le moins coûteux. Dans les troupeaux de vaches laitières, l'association GnRH et $\text{PGF}_2\alpha$ permettra de pallier en partie une détection des chaleurs défectueuse si les vaches sont cyclées, mais le coût est élevé. Mais, si une partie des femelles est en anœstrus, le traitement le plus adapté est celui à base de progestagène. Ainsi, une analyse des problèmes du troupeau et un examen gynécologique des animaux à synchroniser s'impose si l'on veut utiliser au mieux ces traitements.

Il existe de nombreux facteurs de variation de la réponse aux traitements de maîtrise des cycles. Au moment de la mise en place du traitement, l'identification des animaux à risque doit permettre d'appliquer des mesures

ciblées visant à augmenter la fertilité à l'œstrus induit.

Enfin, les attentes des consommateurs doivent être prise en compte. La disparition potentielle de l'oestradiol doit amener à rechercher des alternatives efficaces à moindre coût. Les possibilités actuelles sont coûteuses et freineraient sans doute l'utilisation des traitements de maîtrise des cycles en élevage allaitant. Elles pourraient être réservées à certains types d'animaux (vaches en anœstrus), ce qui mérite d'être étudié en France.

Remerciements

Remerciements à Jean Saumande pour les compléments de bibliographie.

Références

- Aguer D., 1981. Les progestagènes dans la maîtrise des cycles sexuels chez les bovins. *Rec. Med. Vet.*, 157, 53-60.
- Aguer D., Pelot J., Chupin D., 1982. Comment utiliser les progestagènes pour rompre l'anœstrus post-partum chez les vaches laitières ou allaitantes. In : Journées ITEB-UNCEIA, 19-34. ITEB, Paris.
- Alnimer M., De Rosa G., Grasso F., Napolitano F., Bordi A., 2002. Effect of climate on the response to three oestrus synchronisation techniques in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 71, 157-168.
- Beal W.E., Good G.A., Peterson L.A., 1984. Estrus synchronization and pregnancy rates in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with synchro-mate B or norgestomet and alfaprostol. *Theriogenology*, 22, 59-66.
- Beal W.E., Chenault J.R., Day M.L., Corah L.R., 1988. Variation in conception rates following synchronization of estrus with melengestrol acetate and prostaglandin F_2 . *J. Anim. Sci.*, 66, 599-602.
- Beggs D.S., Hamblin M.C., Wraight M.D., Macmillan K.L., 2000. Comparison of a whole herd synchrony programme using two prostaglandin injections given 14 days apart with a programme using oestradiol benzoate, progesterone and prostaglandin in seasonal calving dairy herds. In : Proceedings of the World Buiatrics Congress, [CD Rom], Sidney, World Buiatrics Society Ed.
- Berg C., 2001. Contrôle de la reproduction bovine. Quelles sont les alternatives à l'oestradiol ? *Le Point Vétinaire*, 32, 10-11.
- Blanchard T., Ferguson J., Love L., Takeda T., Henderson B., Hasler J., Chalupa W., 1990. Effect of dietary crude protein type on fertilization and embryo quality in dairy cattle. *Am. Vet. Res.*, 51, 905-908.
- Bo G.A., Pierson R.A., Mapletoft R.J., 1991. The effect of oestradiol valerate on follicular dynamics and superovulatory response in cows with synchro-mate-B implants. *Theriogenology*, 36, 169-183.
- Bo G.A., Adams G.P., Nasser L.F., Pierson R.A., Mapletoft R.J., 1993. Effect of estradiol valerate on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating gonadotropins in heifers. *Theriogenology*, 40, 225-239.
- Bo G.A., Adams G.P., Pierson R.A., Tribulo H.E., Caccia M., Mapletoft R.J., 1994. Follicular wave dynamics after estradiol-17 β treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*, 41, 1555-1569.
- Bo G.A., Bergfelt D.R., Brogliatti G.M., Pierson R.A., Adams G.P., Mapletoft R.J., 2000. Local versus systemic effects of exogenous estradiol-17 beta on ovarian follicular dynamics in heifers with progestogen implants. *Anim. Reprod. Sci.*, 59, 141-157.
- Brink J.T., Kiracofe G.H., 1988. Effect of oestrus cycle stage at synchro-mate B treatment on conception and time to estrus in cattle. *Theriogenology*, 29, 513-519.
- Broadbent P.J., Tregaskes L.D., Dolman D.F., Franklin M.F., Jones R.L., 1993. Synchronization of estrus in embryo transfer recipients after using a combination of PRID of CIDR-B plus $\text{PGF}_2\alpha$. *Theriogenology*, 39, 1055-1065.
- Burke J.M., de la Sota R.L., Risco C.A., Staples C.R., Schmitt E.J.P., Thatcher W.W., 1996. Evaluation of timed insemination using a gonadotrophin-releasing hormone agonist in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 79, 1385-1393.
- Burke C.R., Day M.L., Bunt C.R., Macmillan K.L., 2000. Use of a small dose of estradiol benzoate during diestrus to synchronize development of the ovulatory follicle in cattle. *J. Anim. Sci.*, 78, 145-151.
- Burns P.D., Spitzer J.C., Bridges Jr W.C., Henricks D.M., Plyler B.B., 1993. Effects of metestrous administration of a norgestomet implant and injection of norgestomet and oestradiol valerate on luteinizing hormone release and development and function of corpora lutea in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.*, 71, 983-988.
- Butler W.R., 1998. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 81, 2533-2539.
- Cartmill J.A., El-Zarkouny S.Z., Hensley B.A., Lamb G.C., Stevenson J.S., 2001. Stage of cycle, incidence, and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. *J. Dairy Sci.*, 84, 1051-1059.
- Chastant-Maillard S., Balandraud J., Jegou L., Kessler T., Quinton H., Constant F., Mialot J.P., 2002. Actualités dans le traitement de l'infécondité chez la vache : autour du GnRH. In : Conduite à tenir de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal. Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires, 217-224. SNGTV Ed, Paris.
- Chevallier A., Vandewinkel E., Boudjennah H., Cosquer R., Grimard B., Humblot P., 1996. Facteurs de variation des taux d'ovulation et de gestation après synchronisation de l'oestrus chez des femelles charolaises et limousines dans la région Centre-Ouest. *Elevage et Insémination*, 276, 8-22.
- Chupin D., 1977. Maîtrise de la reproduction chez les bovins : Principes, résultats, limites. *Ann. Med. Vet.*, 121, 329-338.
- Chupin D., Saumande J., 1981. Effect of exogenous prostaglandin and/or estrogen on luteolysis after electrocauterization of the largest follicles at the end of the bovine estrous cycle. *Theriogenology*, 16, 497-504.
- Chupin D., Deletang F., Petit M., Pelot J., Le Provost F., Ortavant R., Parez M., Mauléon P., 1974. Use of progestagens in subcutaneous implants for the control of sexual cycles in the cow. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.*, 14, 27-39.
- Chupin D., Pelot J., Mauléon P., 1977a. Improvement of the oestrous control in adult dairy cows. *Current Topics Vet. Med.*, 1, 546-561.
- Chupin D., Pelot J., Petit M., 1977b. Induction et synchronisation de l'ovulation chez les femelles de race à viande. In : Physiologie et pathologie de la reproduction, Journées ITEB-UNCEIA, 45-49. ITEB, Paris.

Chupin D., Pelot J., Petit M., 1980. Maîtrise des cycles chez les vaches allaitantes. Quoi de neuf ? Bulletin technique de l'insémination artificielle, 15, 25-31.

Cordoba M.C., Fricke P.M., 2001. Evaluation of two hormonal protocols for synchronization of ovulation and timed artificial insemination in dairy cows managed in grazing-based dairies. *J. Dairy Sci.*, 84, 2700-2708.

De Fontaubert Y., 1986. La maîtrise des cycles sexuels chez les bovins : le point en 1986. Bulletin technique de l'insémination artificielle, 42, 5-12.

De Fontaubert Y., Cochaud J., Terqui M., 1989. Synchronisation des chaleurs chez la vache laitière : bilan de l'utilisation du Syncro-Mate B pendant cinq années successives. *INRA Prod. Anim.*, 2, 317-323.

Deletang F., 1983. Objectif et réussite de la synchronisation des chaleurs chez la vache laitière et allaitante. In : Synchronisation de l'oestrus chez les femelles domestiques, C1-C3. Ass. Etude Reprod. Anim., Lyon.

Diskin M.G., Sreenan J.M., Roche J.F., 2001. Controlled breeding systems for dairy cows. In : M.G. Diskin (ed), Fertility in the high producing dairy cow, Occasional publication n°26, 175-193. British Society of Animal Science, Edinburgh.

DoValle E.R., Cruz L.C., Kesler D.J., 1996. Gonadotropin-releasing hormone enhances the calving rate of beef females administered norgestomet and alfaprostol for estrus synchronization. *J. Anim. Sci.*, 75, 897-903.

Drew S.B., Wishart D.F., Young I.M., 1979. Fertility of the norgestomet treated suckled cows. *Vet. Rec.*, 104, 523-525.

Drew S.B., Gould C.M., Dawson C.M., Altman J.F.B., 1982. Effect of progesterone treatment on the calving-to-conception interval in Friesian dairy cows. *Vet. Rec.*, 111, 103-106.

Driancourt M.A., 2001. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*, 55, 1211-1239.

Easdon M.P., Chesworth J.M., Aboul-Ela M.B.E., Henderson G.D., 1985. The effect of undernutrition of beef cows on blood hormone and metabolite concentrations post partum. *Reprod. Nutr. Develop.*, 25, 113-126.

Elrod C.C., Butler W.R., 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Anim. Sci.*, 71, 694-701.

Fanning M.D., Lunt D.K., Forrest D.W., 1995. Reproductive performance of synchronized beef cows as affected by inhibition of suckling with nose tag or temporary calf removal. *Theriogenology*, 44, 715-723.

Folman Y., Kaim M., Herz Z., Rosenberg M., 1990. Comparison of methods for the synchronization of estrus cycles in dairy cows. 2. Effects of progesterone and parity on conception. *J. Dairy Sci.*, 73, 2817-2825.

Geary T.W., Whittier J.C., Downing E.R., LeFever D.G., Silcox R.W., Holland M.D., Nett T.M., Niswender G.D., 1998. Pregnancy rates of postpartum beef cows that were synchronized using Syncro-Mate-B or the Ovsynch protocol. *J. Anim. Sci.*, 76, 1523-1527.

Grimard B., Humblot P., Parez V., Mialot J.P., Thibier M., 1992a. Synchronisation de l'oestrus chez la vache Charolaise : Facteurs de variation de la cyclicité prétraitement, du taux d'ovulation après traitement et du taux de fertilité à l'oestrus induit. *Elevage et Insémination*, 250, 5-17.

Grimard B., Humblot P., Thibier M., 1992b. Synchronisation de l'oestrus chez la vache Charolaise : Effets de la parité et de la cyclicité prétraitement sur les taux d'induction et de gestation. *Elevage et Insémination*, 247, 9-15.

Grimard B., Humblot P., Mialot J.P., Sauvant D., Thibier M., 1994. Effects of energy restriction on response to oestrus synchronization treatment in postpartum Charolais suckled beef cows. *J. Reprod. Fert.*, Abstract series, 14, abstract 33.

Grimard B., Humblot P., Ponter A.A., Mialot J.P., Sauvant D., Thibier M., 1995. Influence of energy restriction on energy status, plasma LH and oestradiol secretion and follicular development in suckled beef cows. *J. Reprod. Fert.*, 104, 173-179.

Grimard B., Humblot P., Mialot J.P., 1996a. Conditions de réussite de la synchronisation des chaleurs chez les vaches allaitantes. In : Pathologie et Nutrition, Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires, 203-210. SNGTV Ed, Paris.

Grimard B., Ponter A.A., Ponsart C., Mialot J.P., 1996b. Nutrition énergétique et fécondité chez la vache allaitante au cours du post-partum. *Le Point Vétérinaire*, 28, 99-106.

Grimard B., Humblot P., Mialot J.P., Jeanguyot N., Sauvant D., Thibier M., 1997 a. Absence of response to oestrus induction and synchronisation treatment is related to lipid mobilization in suckled beef cows. *Reprod. Nutr. Dev.*, 37, 129-140.

Grimard B., Leroy C.F., Ponsart C., Bendali F., Khireddine B., Humblot P., 1997b. Effets d'un traitement de maîtrise des cycles sur la date de vêlage, l'intervalle vêlage-vêlage et la répartition des vêlages chez la vache allaitante de race Charolaise. *Elevage et Insémination*, 278, 12-24.

Grimard B., Ponter A.A., Rosso V., Wissocq B., Humblot P., 2000. Effect of prostaglandin F_{2α} injection 48 hours before CRESTAR[®] implant removal on fertility at induced oestrus in cyclic beef cows bred in winter. 14th International Congress on Animal Reproduction, Stockholm, 2-6 July 2000, Abstracts, Vol 1, 14:38.

Grimard B., Benoit-Valiergue H., Ponter A.A., Maurice T., Humblot P., 2001. Conduite en bandes de vaches allaitantes : bilan de 3 ans de fonctionnement en exploitation. *Elevage et Insémination*, 302, 3-15.

Grimard B., Ponsart C., Khireddine B., Constant C., Chastant S., Nuttinck F., Ficheux C., Mialot J.P., Humblot P., Ponter A.A., 2002a. Effect of undernutrition on blood metabolites and hormones, follicular growth, LH and oestradiol secretion in postpartum suckled beef cows. Annual Congress of European Association for Domestic Animal Reproduction, Septembre, Parme.

Grimard B., Quinton H., Deweale M., 2002b. Effet du nombre d'IA sur la fertilité à l'oestrus induit de génisses Charolaises synchronisées à l'aide d'implants de norgestomet. *Rencontres Recherches Ruminants*, 9, 161.

Gyawu P., Ducker M.J., Pope G.S., Saunders R.W., Wilson G.D.A., 1991. The value of progesterone, oestradiol benzoate and cloprostenol in controlling the timing of oestrus and ovulation in dairy cows and allowing successful fixed-time insemination. *Br. Vet. J.*, 147, 171-182.

Haddada B., Grimard B., Ponter A.A., Mialot J.P., 2000. Performances de reproduction des vaches Santa Gertrudis en élevage extensif de type ranch au Maroc. *Rencontres Recherche Ruminants*, 7, 231-234.

Heuwieser W., Oltenacu P.A., Lednor A.J., Foote R.H., 1995. Evaluation of different protocols for prostaglandin synchronization to improve reproductive performance in dairy herds with low estrus detection efficiency. *J. Dairy Sci.*, 80, 2766-2774.

Humblot P., Petit M., Jeanguyot N., Thibier M., 1980. Maîtrise des cycles sexuels. *Elevage et Insémination*, 176, 26-32.

Humblot P., Grimard B., Ribon O., Khireddine B., Dervishi V., Thibier M., 1996. Sources of variation of postpartum cyclicity, ovulation and pregnancy rates in primiparous charolais cows treated with norgestomet implant and PMSG. *Theriogenology*, 46, 1085-1096.

Inskeep E.K., Braden T.D., Lewis P.E., Garcia-Winder M., Niswender G.D., 1988. Receptors for luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in largest follicles of postpartum beef cows. *Biol. Reprod.*, 38, 587-591.

Jemmeson A., 2000. Synchronising ovulation in dairy cows with either two treatments of gonadotropin-releasing hormone and one of prostaglandin, or two treatments of prostaglandins. *Aust. Vet. J.*, 78, 108-111.

Jordan E.R., Swanson L.V., 1979. Serum progesterone and luteinizing hormone in dairy cattle fed varying levels of crude protein. *J. Anim. Sci.*, 48, 1154-1158.

Kabandana F., Grimard B., Humblot P., Thibier M., 1993. Effet d'une supplémentation alimentaire sur l'efficacité des traitements d'induction et de synchronisation de l'oestrus chez la vache allaitante : Références particulières aux primipares non cyclées. *Elevage et Insémination*, 258, 1-26.

Kaltenbach C.C., Dunn T.G., 1979. Effect of 24- vs 48-hr calf removal in progesterone synchronized beef cows. *J. Anim. Sci.*, 49, (Suppl 1), 307 (Abstr).

Kastelic J.P., Olson W.O., Martinez M., Cook R.B., Mapletoft R.J., 1999. Synchronization of estrus in beef cattle with norgestomet and estradiol valerate. *Can. Vet. J.*, 40, 173-178.

Kesler D.J., Tyson T.S., Summers R.N., Steckler T.L., Nash T.G., 1997. Effects of PGF_{2a} treatment before norgestomet and oestradiol valerate treatment on regression, formation, and function of corpora lutea in beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.*, 47, 281-289.

Khireddine B., Grimard B., Ponter A.A., Ponsart C., Boudjenah H., Mialot J.P., Sauvant D., Humblot P., 1998. Influence of flushing on LH secretion, follicular growth and the response to estrus synchronization treatment in suckled beef cows. *Theriogenology*, 49, 1409-1423.

- Kiser T.E., Dunlap S.E., Benyshek L.L., Mares S.E., 1980. The effect of calf removal on oestrus response and pregnancy rate of beef cows after Synchron-Mate B treatment. *Theriogenology*, 13, 381.
- Lane E.A., Austin E.J., Roche J.F., Crowe M.A., 2001. The effect of estradiol benzoate or a synthetic gonadotropin-releasing hormone used at the start of a progesterone treatment on estrous response in cattle. *Theriogenology*, 56, 79-90.
- Lauderdale J.W., 1979. Efficacy of lutalyse sterile solution. In: J.W. Lauderdale and J.H. Sokolowski (eds), *Proceedings of the lutalyse symposium*, 17-32. Upjohn Co., Kalamazoo.
- Lauderdale J.W., Seguin B.E., Stellflug J.R., Chenault J.R., Thatcher W.W., Vincent C.K., Loyancano A.F., 1974. Fertility of cattle following PGF₂α injection. *J. Anim. Sci.*, 38, 964-967.
- Lauderdale J.W., McAllister J.F., Moody E.L., Kratzer D.D., 1980. Pregnancy rate in beef cattle injected once with PGF₂α. *J. Anim. Sci.*, 51 (Suppl. 1), 296 (Abstr).
- Laverdière G., 1994. Comparaison de l'effet de deux analogues de la prostaglandine F₂α sur la synchronisation de l'oestrus chez la vache de boucherie. *Can. J. Anim. Sci.*, 74, 29-36.
- Logue D.N., Salaheddine M., Renton J.P., 1991. A comparison of two techniques for the synchronisation of oestrus in dairy heifers. *Vet. Rec.*, 129, 171-173.
- Lucy M.C., Stevenson J.S., Call E.P., 1986. Controlling first service and calving interval by prostaglandin F₂ alpha, gonadotropin-releasing hormone, and timed insemination. *J. Dairy Sci.*, 69, 2186-2194.
- Lucy M.C., Billings H.J., Butler W.R., Ehnis L.R., Fields M.J., Kesler D.J., Kinders J.E., Mattos R.C., Short R.E., Thatcher W.W., Wettemann R.P., Yelich J.V., Hafis H.D., 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF₂α for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, periparturient beef heifers, and dairy heifers. *J. Anim. Sci.*, 79, 982-995.
- Martinez M.F., Kastelic J.P., Adams G.P., Cook B., Olson W.O., Mapletoft R.J., 2002. The use of progestins in regimens for fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Theriogenology*, 57, 1049-1059.
- Mateus L., Da Costa L.L., Cardos J.J., Silva J.R., 2001. Treatment of unobserved oestrus in a dairy cattle herd with low oestrus detection rate up to 60 days post-partum. *Reprod. Domest. Anima.*, 37, 57-60.
- McIntosh D.A., Lewis J.A., Hammond D., 1984. Conception rates in dairy cattle treated with cloprostenol and inseminated at observed oestrus. *Vet. Rec.*, 115, 129-30.
- McVey W.R., Williams G.L., 1989. Effects of temporary calf removal and osmotic pump delivery of gonadotropin-releasing hormone on synchronized estrus, conception to a timed artificial insemination and gonadotropin secretion in Norgestomet-estradiol valerate treated cattle. *Theriogenology*, 32, 969-978.
- Mialot J.P., Noel F., Puyalto C., Laumonier G., Sauveroché B., 1998a. Traitement de l'anoestrus post-partum chez la vache laitière par le CIDR-E ou la prostaglandine F₂α. *Bulletin Technique des GTV*, 2, 29-38.
- Mialot J.P., Ponsart C., Gipoulou C., Bihoreau J.L., Roux M.E., Deletang F., 1998b. The fertility of autumn calving suckler beef cows is increased by the addition of prostaglandin to progesterone and eCG estrus synchronization treatment. *Theriogenology*, 49, 1353-1363.
- Mialot J.P., Laumonier G., Ponsart C., Fauxpoint H., Barassin E., Ponter A.A., Deletang F., 1999. Postpartum subestrus in dairy cows: comparison of treatment with prostaglandin F₂α or GnRH + prostaglandins F₂ alpha + GnRH. *Theriogenology*, 52, 901-911.
- Mialot J.P., Constant F., Dezeaux P., Grimard B., Deletang F., Ponter A.A., 2003. Estrus synchronization in beef cows: comparison between GnRH + PGF₂α + GnRH and PRID + PGF₂α + eCG. *Theriogenology*, 60, 319-330.
- Miksh E.D., Lefever D.G., Mukembo G., Spitzer J.C., Wiltbank J.N., 1978. Synchronization of estrus in cattle II. Effect of an injection of norgestomet and an estrogen in conjunction with a norgestomet implant in heifers and cows. *Theriogenology*, 10, 201-218.
- Moreira F., de la Sota R.L., Diaz T., Thatcher W.W., 2000a. Effect of day of the estrous cycle at the initiation of a timed artificial insemination protocol on reproductive responses in dairy heifers. *J. Anim. Sci.*, 78, 1568-76.
- Moreira F., Risco C., Pires M.F.A., Ambrose J.D., Drost M., DeLorenzo M., Thatcher W.W., 2000b. Effect of body condition on reproduction efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. *Theriogenology*, 54, 1305-1319.
- Munro R.K., 1987. Concentrations of plasma progesterone in cows after treatment with 3 types of progesterone pessaries. *Australian Vet. J.*, 64, 385-386.
- Nebel R.L., Jobst S.M., 1997. Evaluation of systematic breeding programs for lactating dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.*, 81, 1169-1174.
- Odde K.G., 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.*, 68, 817-830.
- O'Rourke M., Diskin M.G., Sreenan J.M., Roche J.F., 1998. Effect of different concentrations of oestradiol administered during the first follicle wave in association with PRID insertion on follicle wave dynamics and oestrus response in beef heifers. *J. Reprod. Fertil.*, Abstract series, 21, Abstr 15.
- Paccard P., Grimard B., 1988. La maîtrise de la reproduction des vaches allaitantes. *Rec. Méd. Vét.*, 164, 531-538.
- Pankowski J.W., Galton D.M., Erb H.N., Guard C.L., Grohn Y.T., 1995. Use of prostaglandin F₂α as a postpartum reproductive management tool for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 78, 1477-1488.
- Pelot J., Chupin D., Petit M., 1977. Influence de quelques facteurs sur la fertilité à l'oestrus induit. In: *Physiologie et pathologie de la reproduction*, Journées ITEB-UNCEIA, 49-52. ITEB, Paris.
- Penny C.D., Lowman B.G., Scott N.A., Scott P.R., 1997. Repeated oestrus synchrony and fixed time artificial insemination in beef cows. *Vet. Rec.*, 5, 496-498.
- Peterson L.A., Mares S.F., Henderson E.A., Davenport M.E., 1979. Effect of calf separation time on pregnancy rate of cows synchronized with Synchron-Mate B (SMB). *J. Anim. Sci.*, 49 (Suppl. 1), 326.
- Petit M., M'Baye M., Palin C., 1979. Maîtrise des cycles sexuels. *Elevage et Insémination*, 170, 7-27.
- Ponsart C., Sanaa M., Humblot P., Grimard B., Jeanguyot N., Ponter A.A., Viel J.F., Mialot J.P., 1996. Variation factors of pregnancy rates after estrus synchronization treatment in French Charolais beef cows. *Vet. Res.*, 27, 227-239.
- Ponsart C., Khireddine B., Ponter A.A., Humblot P., Sauvart D., Mialot J.P., Grimard B., 2000. Influence of the type of energy supply on LH secretion, follicular growth and response to estrus synchronization treatment in feed restricted suckler beef cows. *Theriogenology*, 54, 1373-1387.
- Ponter A.A., Grimard B., Ficheux C., Beduneau J.M., Deletang F., Mialot J.P., 1999. Milk urea concentrations and pregnancy rate in dairy cows. In: *Fertility in the high producing dairy cow*, British Society of Animal Science Ed, Galway, 55, Poster.
- Pratt S.L., Spitzer J.C., Burns G.L., Plyler B.B., 1991. Luteal function, estrous response, and pregnancy rate after treatment with norgestomet and various dosages of estradiol valerate in suckled cows. *J. Anim. Sci.*, 69, 2721-2726.
- Pursley J.R., Mee M.O., Wiltbank M.C., 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF₂α and GnRH. *Theriogenology*, 44, 915-923.
- Pursley J.R., Kosorok M.R., Wiltbank M.C., 1997a. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *J. Dairy Sci.*, 80, 301-306.
- Pursley J.R., Wiltbank M.C., Stevenson J.S., Ottobre J.S., Gaverick H.A., Abderson L.L., 1997b. Pregnancy rate per artificial insemination for cows and heifers inseminated at synchronized ovulation or synchronized estrus. *J. Dairy Sci.*, 80, 295-300.
- Pursley J.R., Silcox R.W., Wiltbank C.W., 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 81, 2139-2144.
- Rhodes F.M., Burke C.R., Clarck B.A., Day M.L., MacMillan K.L., 2002. Effect of treatment with progesterone and oestradiol benzoate on ovarian follicular turnover in postpartum anestrous cows and cows which have resumed oestrous cycles. *Anim. Reprod. Sci.*, 69, 139-150.
- Ribon O., 1996. Contribution à l'étude de facteurs de variation de la synchronisation des chaleurs des vaches primipares allaitantes Charolaises. *Thèse Doc. Vet.*, Alfort-Créteil, 128 p.

Riviera G.M., Goni C.G., Chaves M.A., Ferrero S.B., Bo G.A., 1998. Ovarian follicular wave synchronization and induction of ovulation in postpartum beef cows. *Theriogenology*, 49, 1365-1375.

Roche J.F., Ireland J.J., 1981. Effect of exogenous progesterone on time of occurrence of the LH surge in heifers. *J. Anim. Sci.*, 52, 580-586.

Rochereau P., 1994. Contribution à l'étude des traitements de maîtrise des cycles chez la vache Charolaise : pose de deux implants successifs chez les primipares. Thèse Doc. Vét., Alfort-Créteil, 135 p.

Roux M-E., 1997. Contribution à l'étude des traitements de maîtrise des cycles chez les bovins allaitants en vêlage d'automne : Adjonction de la prostaglandine $F_2\alpha$ à un traitement aux progestagènes. Thèse Doc. Vét., Alfort-Créteil, 97 p.

Ryan D.P., Snijders S., Yaakub H., O'Farrell K.J., 1995. An evaluation of estrus synchronization programs in reproductive management of dairy herds. *J. Anim. Sci.*, 73, 3687-3695.

Saives H., 1998. Facteurs de variation de la cyclicité avant traitement et de la fertilité à l'œstrus induit de primipares Limousines relations avec des paramètres métaboliques témoins du statut énergétique. Thèse Doc. Vét., Alfort-Créteil, 72 p.

Stevenson J.S., Kobayashi Y., Thomson K.E., 1999. Reproductive performance of dairy cows in various programmed breeding systems including OvSynch and combinations of gonadotrophin-releasing hormone and prostaglandin F_2 alpha. *J. Dairy Sci.*, 82, 506-515.

Stevenson J.S., Smith J.F., Hawkins D.E., 2000. Reproductive outcomes for dairy heifers treated with combinations of prostaglandin $F_2\alpha$, Norgestomet, and gonadotropin-releasing hormone. *J. Dairy Sci.*, 83, 2008-2015.

Thatcher W.W., Patterson D.J., Moreira F., Pancardi M., Jordan E.R., Risco C.A., 2001. Current concepts for estrus synchronization and timed insemination. In : American Association of Bovine Practitioner, AABP Ed, Vancouver, 95-105.

Tjondronegoro S., Williamson P., 1987. Effects of progesterone intravaginal devices on synchronization of estrus in post-partum dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 70, 2162-2167.

Troxel T.R., Cruz L.C., Ott R.S., Kesler D.J., 1993. Norgestomet and gonadotropin-releasing hormone enhance corpus luteum function and fertility of postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.*, 71, 2579-2585.

Twagiramungu H., Guibault L.A., Proulx J.G., Dufour J., 1994. Influence of corpus luteum and induced ovulation on ovarian follicular dynamics in postpartum cyclic cows treated with buseriline and cloprostenol. *J. Anim. Sci.*, 72, 1796-1805.

Twagiramungu H., Guibault L.A., Dufour J.J., 1995. Synchronization of ovarian follicular waves with a gonadotropin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in cattle: A review. *J. Anim. Sci.*, 73, 3141-3151.

Vasconcelos J.L., Silcox R.W., Rosa G.J., Pursley J.R., Wiltbank M.C., 1999. Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 52, 1067-1078.

Walters D.L., Smith M.F., Harms P.G., Wiltbank J.N., 1982. Effects of steroids and/or 48 hr calf removal on serum luteinizing hormone concentrations in anestrous beef cows. *Theriogenology*, 18, 349-356.

Warren W.C., Spitzer J.C., Burns G.L., 1988. Beef cow reproduction as affected by postpartum nutrition and temporary calf removal. *Theriogenology*, 29, 997-1006.

Williams G.L., 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, 68, 831-852.

Wishart D.F., Young I.M., Drew S.B., 1977. Fertility of norgestomet treated dairy heifers. *Vet. Rec.*, 100, 417-420.

Yelich J.V., Geisert R.D., Schmidt R.A.M., Morgan G.L., MacCann J.P., 1997. Persistence of the dominant follicle during melengestrol acetate administration and its regression by exogenous treatment in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 75, 745-754.

Abstract

Effectiveness of oestrus synchronisation treatment in cattle.

In France, three types of hormonal treatments are used to synchronise oestrus in cattle. They are based on the utilisation of prostaglandins $F_2\alpha$ or analogs ($PGF_2\alpha$ at 11-14 day intervals), on the association GnRH and $PGF_2\alpha$ (GnRH, $PGF_2\alpha$ on D7, GnRH on D9) and on the association progestogen (during 9 to 12 days) and oestrogen with or without $PGF_2\alpha$ and/or eCG. Prostaglandin $F_2\alpha$ induces luteolysis and oestrus in spread over several days. Insemination at observed oestrus is more effective than systematic insemination 72 and 96 hours after the second injection of $PGF_2\alpha$. The associations of GnRH/ $PGF_2\alpha$ and progestogen/oestrogen/ $PGF_2\alpha$ /eCG act on both follicular growth and luteolysis. The induced heats are well-grouped and it is possible to use systematic insemination. Based on their mechanisms of action, the first two treatments should be reserved for cycling animals, whereas the third treatment based on progestogens can be used on anoestrus females. Fertility at induced oestrus is variable,

and ranges from 20 to 70% in large groups of animals. Some variation factors are known but cannot be controlled by current reproduction practices (day of the cycle at the moment of treatment, cyclicity before treatment, calving rank, calving conditions, body condition score ...). Others can be used to improve fertility in animals which have reproductive difficulties (lengthen the period between calving and treatment, use of flushing, temporary separation of the calf in beef cows). Thus, adequate knowledge of the physiological mechanisms governing the effect of each treatment, an evaluation of risk factors seen in synchronised animals and the application of corrective measures should allow the treatment to be adapted to the different situations encountered in the field and therefore improve fertility and reduce its variability.

GRIMARD B., HUMBLLOT P., PONTER A.A., CHASTANT S., CONSTANT F., MIALOT J.P., 2003. Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. *INRA Prod. Anim.*, 16, 211-227.

