

Facteurs de variation de la fertilité après insémination animale et lors des retours en chaleurs chez la chèvre : caractéristiques individuelles, production laitière et conduite alimentaire

FRERET S. (1), PHILIPPE P. (2), BRUN T. (3), LEGARTO J. (4), CLEMENT V. (4), BIDAN F. (2)

(1) INRA, UMR PRC « Physiologie de la Reproduction et des Comportements », 37380 Nouzilly.

(2) Institut de l'Élevage, Oniris, Site de la Chantrerie, CS 40706, 44307 Nantes.

(3) Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris.

(4) Institut de l'Élevage, Campus INRA, Chemin de Borde Rouge, BP 42118, 31321 Castanet Tolosan.

RESUME

L'objectif de ce travail était d'évaluer chez la chèvre l'impact de la conduite alimentaire sur la fertilité à l'insémination animale (IA) et sur la fertilité globale (IA + retours en lutte naturelle), tout en prenant en compte les caractéristiques animales, d'élevage, de production laitière et de conduite de la reproduction. Grâce à la valorisation de bases de données existantes (données d'alimentation récoltées dans le cadre du projet PhénoFinLait, données individuelles extraites de SIECL), l'effet des facteurs de risque d'infertilité a pu être quantifié en élevage et à large échelle. Pendant la campagne de reproduction étudiée (2010), la fertilité a été de 64,6 % à l'IA et de 84,2 % à l'IA + retours (n = 21710 chèvres, réparties dans 182 élevages). Des facteurs de variation de la fertilité, déjà décrits, ont été confirmés : race des chèvres, rang de lactation, réussite à l'IA précédente, intervalle entre la mise-bas précédente et l'IA, période d'insémination dans l'année. En outre, la production laitière (niveau de production, rapport TB/TP et numération cellulaire au contrôle laitier précédent l'IA, évolution du niveau de production autour de l'IA) et la typologie de conduite alimentaire dans les 2 mois précédant l'IA ont eu un impact significatif sur la fertilité.

Factors influencing fertility after artificial insemination and natural services in goats: individual characteristics, milk production and feeding strategy

FRERET S. (1), PHILIPPE P. (2), BRUN T. (3), LEGARTO J. (4), CLEMENT V. (4), BIDAN F. (2)

(1) INRA, UMR PRC « Physiologie de la Reproduction et des Comportements », 37380 Nouzilly.

SUMMARY

The aim of this work was to study the impact of feeding strategy on goats' fertility after artificial insemination (AI) and subsequent natural matings, while taking into account individual and herd characteristics, milk production and reproductive management. Risk factors of infertility were quantified at herd level, in a large scale, thanks to the valorization of existing databases: feeding data were collected from farm surveys and all individual data were extracted from the national official databases. fertility after AI was 64,6% and overall fertility (AI+ subsequent natural matings) was 84,2% (n=21710 goats, in 182 herds, during 2010). Well know factors influencing fertility were confirmed: goat breed, parity, success at previous AI, time interval between previous parturition and AI, period of the year. Moreover, milk production (milk yield, fat content/protein content ratio and somatic cell count preceding AI) and feeding strategy during the two months preceding AI had a significant impact on AI and overall fertility.

INTRODUCTION

En élevage caprin, de nombreux facteurs influencent la fertilité des chèvres et sont déjà bien connus comme le rang de lactation, la race, l'intervalle entre la mise-bas précédente et l'insémination Animale (IA), le niveau de production laitière au moment de l'IA par exemple (De Crémoux et al. 2008 ; Chanvallon et al. 2013a et 2013b ; Furstoss et al. 2015). L'impact de l'alimentation sur la fertilité des femelles de ruminants a été largement documenté dans la littérature, notamment chez les petits ruminants (pour revues : Martin et al. 2004 ; Scaramuzzi and Martin, 2008). Mais dans nos systèmes d'élevage caprin, peu de références techniques sont disponibles concernant les effets à large échelle de différents types de conduite alimentaire sur la fertilité après IA ou lutte naturelle. C'est pourquoi l'étude présentée ici avait pour objectif d'évaluer, par une analyse multifactorielle de données, l'impact de différents types de conduites alimentaires sur la fertilité tout en prenant en compte les caractéristiques animales, d'élevage, de production laitière et de conduite de la reproduction, dans l'objectif de fournir davantage de références pour conseiller les éleveurs.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ORIGINE DES BASES DE DONNEES

Les données d'alimentation proviennent du projet PhénoFinLait (Brochard et al. 2009 ; Legarto et al. 2014). Les données individuelles (caractéristiques des chèvres, données de production laitière et de reproduction) ont été extraites des bases de données nationales de SIECL (Système d'Information de l'Élevage Caprin).

Dans ces bases de données, la taille de troupeau n'était pas disponible et a été estimée grâce au nombre de chèvres contrôlées au moins une fois pendant la campagne 2010, permettant de calculer le taux d'IA par troupeau.

1.2. CONDUITE DE L'ALIMENTATION

Dans PhénoFinLait, les techniciens avaient répertorié les rations distribuées concernant 51 330 chèvres dans 209 troupeaux (enquêtés en moyenne 3 à 4 fois pendant la période de collecte des données) de 9 départements pendant la campagne 2010. La typologie des conduites alimentaires réalisée à partir de ces données d'enquêtes (Legarto et al. 2014, tableau 1), ainsi que les ratios fourrages/concentrés (ratio F/C) et les taux de couverture des besoins énergétiques (couverture en UFL, Unité Fourragère Lait) des chèvres ont été utilisés.

Tableau 1 : Typologie des conduites alimentaires (d'après Legarto et al. 2014, projet PhénoFinLait)

N°	Abréviation	Fourrages dominants	Matières premières dominantes
1	FL	Foin Légumineuses	Maïs Grain
2	FV	Foin Ventilé	Matières grasses (MG) Palme + Graines céréales à paille
3	FM	Foin Mélange	Maïs Grain
4	EH+FG	Ensilage herbe + Foin Gram.	MG Végétales + Maïs grain + Tourteau soja + Levures
5	Pat	Affouragement vert - Pâturage	Maïs grain + Graines oléagineuses
8	P+FL	Paille + Foin Légumineuses	MG Lin + Tourteau tournesol + Graines céréales à paille
9	FG	Foin Graminées	MG Palme + Tourteau soja
10	EH+FM	Ensilage herbe + Foin Mélange	Tourteau tournesol + Graines céréales à paille
11	EM+TS	Ensilage Maïs	Tourteau soja + Tampons
12	P+LD	Paille	Luzerne déshydratée + Tourteau palmiste
13	EM+LD	Ensilage Maïs	Luzerne déshydratée + Tourteau colza + Tourteau tournesol

1.3. CONDUITE DE LA REPRODUCTION

La fertilité à l'IA et la fertilité globale (IA+R, R = retours en lutte), pour la campagne 2010 (et pour la campagne précédente), ont été estimées grâce à l'intervalle entre l'IA et la mise-bas (MB) suivant la mise à la reproduction (selon la méthode décrite par Chanvallon et al. 2013a). Pour une durée inférieure à 140 jours, la femelle a été fécondée mais elle n'a pas mené sa gestation à terme (avortement). Pour une durée comprise entre 140 et 160 jours, l'IA est considérée fécondante ; entre 161 et 300 jours, le retour est considéré fécondant. Pour une durée supérieure à 300 jours, cette mise à la reproduction est considérée comme un échec. L'intervalle entre la mise-bas précédente et l'IA, ainsi que la période d'IA dans l'année (P0 = IA entre le 1^{er} octobre et le 1^{er} mars, P1 = IA entre le 1^{er} mars et le 15 juin, P2 = IA entre le 16 juin et le 31 juillet, P3 = IA entre le 1^{er} août et le 30 septembre) ont été déterminés.

1.4. PRODUCTION LAITIÈRE

La production laitière (PL) cumulée à 250 jours et les données de contrôles laitiers (CL) entourant l'IA ont été prises en compte. Les paramètres suivants ont été calculés : PL, TP ((taux protéique), TB (taux butyreux), rapport TB/TP et CCS (concentration en cellules somatiques du lait) au CL avant IA, ainsi qu'au CL après IA, évolution de PL autour de l'IA (PL au CL après IA - PL au CL avant IA).

1.5. ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les données d'alimentation ont été sélectionnées sur 3 intervalles de temps, définis à dire d'expert comme des périodes à risque pour l'impact de l'alimentation sur la fertilité des chèvres : pendant les 2 mois précédant l'IA (]-60 ; 0] jours avant IA), le mois précédant l'IA (]-30 ; 0] jours avant IA), et le mois suivant l'IA (]0 ; +30] jours après IA).

Les 2 variables expliquées sont la fertilité à l'IA et la fertilité globale à l'IA et aux retours (IA+R). Pour chacun des 3 intervalles de temps, l'impact des facteurs de variation potentiels a été évalué grâce à des modèles mixtes de régression logistique (procédure GLIMMIX, logiciel SAS®), incluant un effet aléatoire « élevage ». Les effets fixes pris en compte dans un modèle donné sont les caractéristiques animales, de reproduction, de production laitière, ainsi qu'une variable décrivant l'alimentation (typologie des conduites alimentaires ou couverture en UFL ou ratio F/C) renseignée.

Les résultats des modèles sont présentés en taux de fertilité estimés ± SEM. Les comparaisons multiples ont été faites avec un ajustement de Tukey-Kramer. Pour chaque variable, la p-value de son effet global dans le modèle est indiquée ; les modalités ayant des exposants différents sont statistiquement différentes avec $p \leq 0,05$. Une tendance est considérée si $0,05 < p \leq 0,10$.

2. RESULTATS

La population de chèvres étudiée a été constituée de 21710 individus (pendant la campagne de reproduction 2010), dont 42,8 % de chèvres de race Saanen et 57,2 % de chèvres de

race Alpine, réparties dans 182 élevages. Le nombre de chèvres contrôlées au moins une fois pendant la campagne 2010 (estimation de la taille de troupeau) a été en moyenne de 485 ± 202 chèvres.

Le rang de lactation moyen a été de $2,2 \pm 1,2$, la production laitière cumulée sur 250 jours de $929,4 \pm 20,1$ kg, la PL avant IA de $3,5 \pm 1,0$ kg, le rapport TB/TP avant IA de $1,1 \pm 0,2$. Les CL entourant l'IA ont été réalisés en moyenne 28 ± 16 jours avant IA et 25 ± 14 jours après IA (soit entre 177 et 230 jours de lactation environ).

Le pourcentage d'inséminations par troupeau a été de $41,6 \pm 13,7$ %. L'intervalle moyen entre la mise-bas précédente et l'IA a été de $205,2 \pm 22,3$ jours. Pendant la campagne de reproduction étudiée, la fertilité a été de 64,6 % à l'IA et de 84,2 % à l'IA + retours (n= 21710), 15,8 % des chèvres n'ont pas mis bas et 1,0 % des chèvres ont avorté.

Les résultats des modèles multifactoriels sont présentés dans les tableaux 2 à 5.

2.1. LES FACTEURS CONNUS DE VARIATION DE LA FERTILITE CHEZ LA CHEVRE SONT CONFIRMES

La **race des chèvres** a un effet significatif sur la fertilité à l'IA, dans les 2 modèles décrits : les chèvres de race alpine ont un taux de fertilité à l'IA plus élevé que celles de race saanen (tableaux 2 et 3). Mais cet effet n'est pas retrouvé pour la fertilité globale (IA+R, tableaux 4 et 5).

Le **rang de lactation** a un effet significatif à la fois sur la fertilité à l'IA et sur la fertilité globale (IA+R) : les chèvres en 2^{ème} ou 3^{ème} lactation ont une fertilité plus élevée que les primipares ou que les chèvres en 4^{ème} lactation ou plus (tableaux 2 à 5).

Un **échec à l'IA précédente** est un facteur de risque d'infertilité, et cet effet significatif est visible à la fois sur la fertilité à l'IA et sur la fertilité globale (IA+R) (tableaux 2 à 5).

L'allongement de l'**intervalle entre la mise-bas précédente et l'IA** a un effet favorable sur la fertilité à l'IA. En effet, les chèvres inséminées avec un délai MB précédente-IA < 195 jours ont une fertilité à l'IA significativement plus faible que celles inséminées avec un délai ≥ 215 jours (tableaux 2 et 3). Mais cet effet n'est pas retrouvé pour la fertilité globale (IA+R, tableaux 4 et 5).

La **période d'insémination dans l'année** a un impact sur la fertilité à l'IA et globalement (IA+R). La fertilité à l'IA est significativement plus faible pour les chèvres inséminées entre le 16/6 et le 31/7 (P2), et est équivalente pour les 2 autres périodes : IA du 1/3 au 15/6 (P1) et IA du 1/8 au 30/9 (P3, tableau 3). Si l'on considère la fertilité globale (IA+R), les résultats sont meilleurs pour les IA du 1/8 au 30/9 (P3) en comparaison avec les 2 autres périodes (tableaux 4 et 5).

2.2. DES FACTEURS LIÉS À LA PRODUCTION LAITIÈRE IMPACTENT LA FERTILITE DES CHEVRES

Concernant la **quantité de lait produite**, la **production laitière au CL précédant l'IA** impacte négativement la fertilité à l'IA : plus la quantité de lait produit augmente, plus la fertilité à l'IA diminue, avec une différence significative entre les chèvres produisant $\geq 4,2$ kg de lait comparées à

celles produisant < 2,8 kg au CL avant IA (tableau 2). Si l'on considère **l'évolution de PL autour de l'IA**, la fertilité à l'IA est significativement diminuée pour les chèvres en augmentation de production ou avec une production stable (modalité ≥ 0 kg de lait) par rapport aux chèvres ayant une baisse de production < 1 kg (modalité < -1 kg de lait, tableaux 2 et 3). Aucun effet du niveau de production laitière n'est retrouvé sur la fertilité globale (IA+R).

Concernant les **taux**, le **TP au CL précédant l'IA** a tendance à impacter la fertilité à l'IA, mais sans différence entre modalités (tableau 3). Le **ratio TB/TP au CL précédant l'IA** impacte significativement la fertilité globale (IA+R), qui est plus élevée pour les chèvres présentant un ratio TB/TP < 1 (comparées aux chèvres avec un ratio TB/TP compris entre 1 et 1,2, ou $\geq 1,2$ avant IA (tableau 5).

Enfin, la fertilité globale (IA+R) est significativement diminuée lorsque la **CCS au CL précédant l'IA** est $\geq 2,5$ millions de cellules/mL (tableaux 4 et 5).

2.3. LA FERTILITE DES CHEVRES EST EGALEMENT INFLUENCEE PAR LA CONDUITE ALIMENTAIRE PENDANT LES 2 MOIS PRECEDANT L'IA

Un effet significatif de la **typologie de conduite alimentaire dans les 2 mois précédant l'IA** (J-60 ; 0] j avant IA) est observé sur la fertilité globale (IA+R), sans différence significative entre modalités (tableau 4). Une fertilité globale estimée < 80 % est observée pour les conduites FV (foin ventilé + MG palme + graines céréales à paille) et EM+TS (ensilage maïs + tourteau soja + tampons), et > 87 % est observée pour FM (foin mélange + maïs grain) et EM+LD (ensilage maïs + Luzerne déshydratée + tourteau colza + tourteau tournesol (tableaux 1 et 4). Cependant, aucun effet de la typologie de conduite alimentaire n'est retrouvé sur la fertilité à l'IA seule (tableau 2).

Le **taux de couverture en UFL de la ration dans le mois précédant l'IA** (J-30 ; 0] j avant IA) a tendance à moduler la fertilité à l'IA, sans différence entre modalités (tableau 3), même si des taux de couverture ≥ 95 % des besoins UFL semblent favorables.

Le **ratio Fourrages/Concentrés de la ration dans le mois précédant l'IA** (J-30 ; 0] j avant IA) a tendance à avoir un effet sur la fertilité globale (IA+R) qui est significativement plus faible chez les chèvres avec un ratio F/C $\geq 1,4$ comparées à celles avec un ratio F/C compris entre 1 et 1,4 dans le mois précédant l'IA, les autres modalités étant intermédiaires (tableau 5).

Enfin, aucun effet de la typologie de conduite alimentaire, du taux de couverture en UFL de la ration ou du ratio Fourrages/Concentrés de la ration **dans le mois suivant l'IA** n'a été mis en évidence (modèles non illustrés).

3. DISCUSSION

Les taux de fertilité de notre échantillon pendant la campagne 2010 sont légèrement supérieurs à ceux obtenus par Chanvallon et al. (2013a et 2013b) dans le cadre d'une analyse descriptive des données nationales de fertilité sur la période 2004-2010. Les résultats concernant les facteurs « classiques » de variation de la fertilité sont cohérents avec les études descriptives précédentes sur les données nationales de fertilité caprine (Chanvallon et al. 2013a et 2013b, De Crémoux et al. 2008). Les recommandations actuelles pour le choix des femelles à inséminer sont notamment : avoir mis bas l'année précédente, âge ≤ 4 ans, délai MB précédente-IA entre 180 et 240 jours, production laitière moyenne (Groupe Reproduction Caprine 2013, Chanvallon et al. 2013a)

Les effets pénalisants d'un niveau élevé de production laitière avant IA, de l'augmentation du rapport TB/TP avant IA et d'une CCS élevée avant IA sur la fertilité sont cohérents avec ce qui a été observé chez des vaches laitières (Fréret et al.

2011). Les indicateurs de taux mesurés avant l'IA peuvent donner des informations intéressantes sur des situations métaboliques à risque pour la fertilité. Cependant, dans les recommandations concernant le rationnement des chèvres laitières, le rapport TB/TP est considéré comme un indicateur de conduite alimentaire du troupeau et il est recommandé d'avoir un lait avec TB/TP > 1,15, en évitant les inversions de taux (TB < TP) (Bossis et al. 2012).

La prise en compte d'une typologie de conduite alimentaire pour évaluer les effets sur la fertilité a constitué l'originalité de ce travail, avec une méthodologie basée sur des travaux antérieurs (Fréret et al. 2011). Les résultats n'ont pas permis, malgré un effet global de la typologie de conduite alimentaire dans les 2 mois précédant l'IA, de mettre en évidence des modalités de conduite alimentaire significativement à risque pour la fertilité. Toutefois, ils pourront fournir des pistes de travail. Concernant le rationnement des chèvres laitières, une stabilité des réserves corporelles est recommandée pendant la période dite de pleine lactation, qui a lieu entre le pic de lactation et le tarissement. En outre, une ration pour laquelle la couverture des besoins énergétiques est supérieure à 130 % est déconseillée lorsque les réserves corporelles sont déjà satisfaisantes. Il est également recommandé d'avoir plus de 50 % de fourrages et moins de 40 % de concentrés dans la ration (L'alimentation pratique des chèvres laitières, Institut de l'Élevage 2011).

Enfin, nos résultats peuvent être mis en parallèle avec ceux de deux études menées à grande échelle dans des élevages ovins laitiers des Pyrénées Atlantiques (races Basco Béarnaise, Manech Tête Noire et Manech Tête Rousse). Un suivi individuel des lots de brebis inséminées avait permis de mettre en évidence des facteurs de variation de la fertilité à l'IA et des taux de mortalité embryonnaire tardive. Les résultats avaient confirmé l'importance du choix des brebis à inséminer (mode de reproduction de l'année précédente, fertilité à l'IA pendant la carrière, âge, délai depuis la mise bas précédente) mais aussi de la conduite alimentaire, de l'état corporel au moment de l'IA, ainsi que du niveau de production laitière (Arranz et al. 2008 ; Fidelle et al. 2015).

CONCLUSION

Cette étude a permis, grâce à la valorisation de bases de données existantes, de quantifier en élevage et à large échelle l'effet des facteurs de risque d'infertilité (IA et retours en lutte naturelle). Ces données chiffrées pourront servir de support aux intervenants en élevage afin d'affiner le conseil sur des éléments clés de la conduite de la reproduction, en lien notamment avec l'alimentation.

Nous remercions pour l'accès aux données le consortium du projet PhénoFinLait, ainsi que FGE (données fournies par les chambres d'agriculture, l'INRA, l'Institut de l'Élevage, les organismes de contrôle de performances et d'insémination artificielle et les organismes de sélection aux Systèmes Nationaux d'Information Génétique).

Ce travail a été financé par l'Institut de l'Élevage, l'INRA et la région Centre-Val de Loire (projet MALEFIC, APR IR 2016).

Arranz J.M., Fréret S., Fidelle F., Fatet A., Druart X., Beckers J.F., Sulon J., Sousa N.M., Bodin L., David I. et al., 2008. Renc. Rech. Rum., 15, 359-362.

Bossis N., Legarto J., Lefrileux Y., Lazard K., Richard V. et al., 2012. CASDAR SYSCARE. Institut de l'Élevage. Collection Fiches techniques (CR n°001231035), 32 p.

Brochard M., Faucon F., Barillet F., Bolard M., Brunschwig P. et al., 2009. Renc. Rech. Rum., 16, 423.

Chanvallon A., Coyral-Castel S., de Crémoux R., Piacere A., Ribaud D., 2013a. Evolution de la fertilité à l'IA chez les chèvres de 2004 à 2010. Institut de l'élevage, Collection Résultats (CR n°0013 38 021), 38 p.

Chanvallon A., Coyral-Castel S., de Crémoux R., Piacere A., Ribaud D., 2013b. Renc. Rech. Rum., 20, 376.
 De Crémoux R., Ribaud D., Piacère A., 2008. Renc. Rech. Rum., 15, 371.
 Fidelle F., Arranz J.M., Landagaray F., Sallato O., Mendez H.I., Soulas C., Fatet A., Fréret S. 2015. Renc. Rech. Rum, 22, 203-206.

Fréret S., Salvetti P., Gatien J., Humblot P., Ponsart C., 2011. Renc. Rech. Rum., 18, 89-92.
 Furstoss V., David I, Fatet A., Boissard K., Clément V., Bodin L., 2015. Animal, 9 :12, 1935-1942.
 Groupe Reproduction Caprine, 2013. Fiche technique : Le choix des chèvres et l'organisation du chantier d'IA. Institut de l'élevage, Collection l'Essentiel (CR n°0013 31 019), 4 p.
 L'alimentation pratique des chèvres laitières, 2011. Institut de l'Élevage, Collection les Incontournables. 216 p.
 Legarto J., Gelé M., Ferlay A., Hurtaud C., Lagriffoul G., Palhière I. et al., 2014. INRA Prod. Anim., 27 (4), 269-282.
 Martin G.B., Rodger J., Blache D., 2004. Reproduction, Fertility and Development, 16, 491-501.
 SAS Institute Inc., 2013. SAS/STAT 9.4 user's Guide, second ed. SASInstitute Inc., Cary, NC.
 Scaramuzzi R.J., Martin G.B., 2008. Reprod. Dom. Anim., 43, 129-136.

Tableau 2 : Modèle sur fertilité IA avec typologie (évolution PL (kg) autour de l'IA = PL après IA - PL avant IA)

Variable (effet dans modèle)	Modalité	Effectif (n = 12220)	Fertilité IA
Race (p = 0,0035)	Saanen	5875	59,8 ^a
	Alpine	6345	65,2 ^b
Rang de lactation (p = 0,0002)	1	4445	60,3 ^a
	2	3490	65,3 ^b
	3	2518	64,1
	≥ 4	1767	60,2 ^a
Réussite IA précédente (p < 0,0001)	Echec	1701	53,8 ^a
	Réussite	4629	67,3 ^b
	Non concerné	5890	65,9 ^b
Délai MB précédente - IA (jours) (p = 0,0029)	< 195 j	2878	59,3 ^a
	[195-205[	2734	62,8
	[205-215[	3899	62,2 ^a
	≥ 215	2709	65,7 ^b
PL avant IA (kg) (p = 0,0097)	< 2,8	3016	64,9 ^a
	[2,8-4,2[	6650	62,7
	≥ 4,2	2554	59,9 ^b
Evolution PL (kg) autour IA (p < 0,0251)	< -1	2227	64,8 ^a
	[-1 ; -0,5[	2594	61,9
	[-0,5 ; 0[	3475	63,0
	≥ 0	3924	60,3 ^b
Typologie de conduite alimentaire J-60 ; 0] j (p = 0,1154)	FL	2760	58,1
	FV	516	59,7
	FM	737	61,8
	EH+FG	546	62,3
	Pat	860	59,4
	P+FL	1065	70,5
	FG	641	71,2
	EH+FM	1244	57,1
	EM+TS	2704	62,1
	P+LD	120	59,1
	EM+LD	1027	64,9

Tableau 3 : Modèle sur fertilité IA avec % couverture en UFL

Variable (effet dans modèle)	Modalité	Effectif (n = 6711)	Fertilité IA
Race (p = 0,0076)	Saanen	3185	58,2 ^a
	Alpine	3526	64,6 ^b
Rang de lactation (p = 0,0227)	1	2391	59,2
	2	1930	64,0
	3	1389	63,1
	≥ 4	1001	59,3
Réussite IA précédente (p < 0,0001)	Echec	936	53,4 ^a
	Réussite	2615	66,0 ^b
	Non concerné	3160	64,5 ^b
Délai MB précédente - IA (jours) (p = 0,0035)	< 195	1711	57,8 ^a
	[195-205[	1321	58,9 ^a
	[205-215[	2104	62,8
	≥ 215	1575	66,2 ^b
Période d'IA (p = 0,0264)	P1, 1/3 au 15/6	3517	65,7 ^a
	P2, 16/6 au 31/7	475	52,7 ^b
	P3, 1/8 au 30/9	2719	65,5 ^a
Evolution PL (kg) autour IA (p = 0,0388)	< -1	951	64,8 ^a
	[-1 ; -0,5[	1276	61,1
	[-0,5 ; 0[	2049	61,5
	≥ 0	2435	58,2 ^b
TP avant IA (g/kg) (p = 0,0682)	< 30	1563	61,9
	[30-40[	3112	59,5
	≥ 40	2036	62,9
Couverture en UFL (%) J-30 ; 0] j (p = 0,0958)	< 85	1812	58,5
	[85-95[	1651	60,5
	[95-105[	1543	63,8
	≥ 105	1705	62,9

Tableau 4 : Modèle sur fertilité IA + Retours avec typologie

Variable (effet dans modèle)	Modalité	Effectif (n = 12736)	Fertilité IA+R
Rang de lactation (p < 0,0001)	1	4563	80,7 ^a
	2	3646	86,0 ^b
	3	2630	86,0 ^b
	≥ 4	1897	84,3
Réussite IA précédente (p = 0,0014))	Echec	1771	81,7 ^a
	Réussite	4859	85,2 ^b
	Non concerné	6106	86,0 ^b
Période d'IA (p < 0,0001)	P1, 1/3 au 15/6	5078	80,6 ^a
	P2, 16/6 au 31/7	844	83,9
	P3, 1/8 au 30/9	6814	87,9 ^b
CCS avant IA (x 1 000/mL) (p < 0,0001)	< 500	3743	86,8 ^a
	[500-1 500[	5186	85,4 ^{ab}
	[1500-2 500[	1762	82,9 ^{bc}
	≥ 2 500	2045	82,0 ^c
Typologie de conduite alimentaire J-60 ; 0] j (p = 0,0405)	FL	2886	80,5
	FV	623	77,8
	FM	744	87,2
	EH+FG	547	86,0
	Pat	868	82,5
	P+FL	1095	86,2
	FG	649	86,4
	EH+FM	1265	85,3
	EM+TS	2819	79,5
	P+LD	192	86,6
	EM+LD	1048	87,3

Tableau 5 : Modèle sur fertilité IA + Retours avec ratio F/C

Variable (effet dans modèle)	Modalité	Effectif (n = 7098)	Fertilité IA+R
Rang de lactation (p = 0,0069)	1	2511	79,2 ^a
	2	2041	84,7 ^b
	3	1482	84,2
	≥ 4	1064	82,4
Réussite IA précédente (p = 0,0039)	Echec	980	79,2 ^a
	Réussite	2767	84,0 ^b
	Non concerné	3351	84,6 ^b
Période d'IA (p = 0,0050)	P1, 1/3 au 15/6	3822	81,0 ^a
	P2, 16/6 au 31/7	507	78,6 ^a
	P3, 1/8 au 30/9	2769	87,5 ^b
Rapport TB/TP avant IA (p = 0,0156)	< 1	1496	85,2 ^a
	[1-1.2[	2842	81,9 ^b
	≥ 1.2	2760	80,9 ^b
CCS avant IA (x 1 000/mL) (p = 0,0047)	< 500	2030	84,7 ^a
	[500-1 500[	2894	83,8 ^a
	[1500-2 500[	1008	82,6
	≥ 2 500	1166	79,3 ^b
Ratio Fourrages /Concentrés J-30 ; 0] j (p = 0,0570)	< 0.75	1964	82,9
	[0.75-1[	1272	83,8
	[1-1.4[	1776	85,6 ^a
	≥ 1.4	2086	77,9 ^b