



L'ALIMENTATION EST LE FACTEUR PRÉDOMINANT DE L'INSTALLATION DE DE L'INACTIVITÉ OVARIENNE HIVERNALE DE LA JUMENT

D. Guillaume, G. Duchamp, B. Bruneau, P. Nagy
 I.N.R.A.-HARAS NATIONAUX - P.R.C.
 Physiologie de la Reproduction des Equidés,
 37380 Nouzilly, France

Résumé

L'inactivité ovarienne hivernale est plus prononcée chez les jeunes juments et chez les adultes ayant allaité un poulain l'été précédent. Cette différence serait la conséquence de l'état nutritionnel.

Vingt jeunes ponettes Welsh ($2,40 \pm 0,04$ ans ; $269,7 \pm 9,5$ kg) sont réparties en 4 lots. Deux lots ont reçu une ration calculée sur des besoins d'entretien. Les 2 autres lots ont eu une ration, à base de luzerne déshydratée progressivement diminuée, pendant les 6 premiers mois d'expérience, puis stabilisée à 52% des besoins énergétiques d'entretien. A partir du solstice d'hiver et jusqu'au printemps suivant, un des lots suralimentés et un des lots sous-alimentés ont été soumis à une photostimulation de 14h30 d'éclairage par jour. Au cours du 1^{er} hiver, 6/10 ponettes ont présenté une période d'inactivité dans les lots suralimentés et 6/10 dans les lots sous-alimentés. Au cours du 2^{ème} hiver, 1/5 ponette a présenté une période d'inactivité dans le lot suralimenté non photostimulé (161 j.) ; 4/5 ponettes ont présenté une période d'inactivité très courte (40.5 ± 3.45 j.) dans le lot suralimenté photostimulé et 9/10 dans les lots sous-alimentés (durée 176.4 ± 15.6 j.). Sur les ponettes des lots sous-alimentés en inactivité aucun effet de la photostimulation n'a été mis en évidence.

La ration des ponettes sous-alimentées a permis d'obtenir des animaux très maigres mais en bonne santé tel qu'il arrive de les trouver dans des conditions d'élevage extensif. Cette maigreur obtenue avant le deuxième hiver, a donc induit une inactivité totale et longue. L'intensité de cette inhibition a masqué l'effet de la « photostimulation ».

Mots clés: *jument – anoestrus – photopériode – nutrition – leptine.*

Summary

Winter ovarian inactivity is more systematic and longer in young mares or in mares which have suckled a foal during the previous summer than in the other mares. It is probably the consequence of food restriction.

Twenty young Welsh pony mares ($2,40 \pm 0,04$ years ; $269,7 \pm 9,5$ kg B.W.) were randomised in 4 groups. Two groups received a food intake adjusted on their maintenance requirement. The 2 others groups had a ration with desiccated alfalfa progressively decreasing during the 6 first months and stabilised at 52% of the energetic maintenance requirement. From the winter solstice to the following spring, one in each type of groups were submitted to 14.5 h of light. During the first winter, 6/10 mares presented winter inactivity in the groups with balanced diet and 6/10 in the restricted groups. During the second winter, 1/5 mare in the unrestricted, not photostimulated group presented a winter inactivity (161 days), 4/5 mares in the unrestricted and photostimulated group presented a very short winter inactivity (40.5 ± 3.45 days). In the restricted groups, 9/10 mares had a long winter inactivity (176.4 ± 15.6 days). In these restricted groups, no effect of the photostimulation could be shown.

With this restricted nutrition, pony mares were very thin but in good health as they can be found in extensive breeding. This emaciation induced a total and long winter inactivity. This strong inhibition suppress the photostimulation effect.

Key words: *Mares – anoestrus – photoperiod – food – leptin.*

INTRODUCTION

Tous les éleveurs de chevaux en sont persuadés, l'importance et la qualité de l'alimentation joueraient un rôle prépondérant, à la fois pour la préparation de la mise à la reproduction et pour son succès. Malheureusement très peu d'expériences sont venues concrétiser et quantifier cette impression. La pauvreté de nos connaissances dans ce domaine est liée, d'une part à la difficulté d'expérimenter sur le cheval, pour des raisons à la fois éthiques et économiques, d'autre part à la difficulté de mettre au point des régimes carencés en certaines molécules pouvant être utilisés pendant suffisamment longtemps pour voir apparaître les effets de la carence sur la fonction de reproduction. Par contre, les résultats sur les autres espèces dont l'espèce humaine sont extrêmement nombreux (l'Anson et al 1991; Bringer et al 1999). La totalité des expériences sur l'interaction nutrition / reproduction chez les chevaux sont soit des études épidémiologiques, soit des expériences de supplémentation par rapport à un régime de base avec le plus souvent une durée d'expérience et un nombre d'animaux trop faibles pour être concluantes.

La majorité des juments présente une période anovulatoire commençant vers octobre pour s'achever vers mai. Il est admis que cette inactivité ovarienne hivernale est plus systématique et plus longue chez les juments de deux ou trois ans et chez les juments adultes ayant allaité un poulain l'été précédent, que chez les adultes non suitées l'année précédente. Comme pour les autres espèces de mammifères domestiques, il semble que les fluctuations de l'état corporel, conséquences de l'apport alimentaire et de la dépense énergétique, seraient un des facteurs expliquant ces variations de durée de l'inactivité.

Les juments qui reçoivent une alimentation complémentaire à base de concentrés ont leur première ovulation plus tôt au printemps que les juments non supplémentées (Van Niekerk et Van Herden, 1972). La période anovulatoire est plus courte chez les juments qui prennent du poids au début du printemps (Ginther, 1974). Un effet additif de la supplémentation alimentaire et l'allongement artificiel de la photopériode au début de l'année sur l'activité de reproduction ont été rapportés (Mac Daniel et al, 1979).

La date de la première ovulation annuelle est significativement plus tardive chez des juments qui ont un score d'engraissement inférieur à 5 (échelle de 1 à 9, décrite par Henneke et al 1983, établie par palpation ; 1 : animal proche de la cachexie, 9 : proche de l'obésité) comparées aux juments dont le score d'engraissement est supérieur à 5 (Henneke et al 1984). Un apport énergétique élevé, pendant la phase de transition diminue le nombre de jour entre le 2 avril et la date de la première ovulation sur les juments avec un état d'engraissement faible mais ne profite pas aux juments en condition modérée à grasse (Kubiak et al, 1987). Les auteurs suggèrent que les juments non suitées devraient être entretenues pendant la saison de reproduction dans l'objectif de maintenir un taux de graisse d'environ 15 % soit un score d'engraissement autour de 5 afin d'obtenir une première ovulation précoce.

La qualité des protéines influence également le début de la saison de reproduction. Chez les animaux qui reçoivent une alimentation qui contient des protéines de haute qualité, la sécrétion de FSH augmente et la première ovulation annuelle se produit approximativement trois à six semaines plus tôt que chez des juments qui reçoivent des protéines de mauvaise qualité (Van Niekerk et Van Niekerk, 1997).

La mise à l'herbe aurait une action stimulante sur le début de l'activité ovarienne. Chez les juments Pur-sang gardées à l'intérieur la nuit et mises à l'herbe 4 à 6 heures par jour, la première ovulation survient sur une période très longue. Les ponettes gardées sur des parcelles rases pendant l'hiver et lâchées dans les pâtures luxuriantes au printemps ovulent de manière synchrone [Allen, 1987]. Les juments en inactivité ovarienne saisonnière qui pâturent une herbe de qualité à partir du début du mois de mai ovulent plus tôt que les juments maintenues sur des prés secs ou nourries au foin (Carnevale et Ginther, 1997).

Pour la plupart des animaux vivant dans les zones tempérées ou froides du globe, à l'automne, à l'approche du froid, l'organisme privilégie l'énergie alimentaire disponible pour les fonctions de survie (thermorégulation, résistance aux maladies) au détriment, entre autres, de la fonction de reproduction. La mélatonine, hormone essentielle dans la transmission de la photopériode vers l'axe gonadotrope (Guillaume et al 1992), serait un des éléments clef de cette régulation saisonnière de la balance énergétique (Nelson 1999). Les équidés n'échappent pas à cette règle et à la fin de l'automne, la jument entre en inactivité et l'étalon présente, principalement, une diminution de son comportement sexuel.

Sur d'autres espèces, par exemple chez le bouc (Delgadillo et al 1996) ou chez les rennes (Suttie et al 1991) il a été démontré que la vitesse de croissance malgré une alimentation constante était saisonnière, avec un maximum en photopériode croissante. Chez les animaux dits de jours longs, dont fait partie la jument, reproduction et croissance sont donc certainement soumis à des rythmes annuels en phase.

La leptine (du grecque leptos = mince) est une hormone très récemment découverte en 1994 (voir Bruneau et coll 1999), synthétisée et sécrétée principalement par les adipocytes. Sa découverte tardive est liée à la reprise de l'étude de souris mutante ob/ob. Cette souris à l'état hétéro ou homozygote présente un caractère d'obésité et à l'état homozygote une stérilité complète. La protéine a été « clonée » et la mutation ob identifiée par Zang et al en 1994. C'est une protéine de 167 acides aminés, 16 kiloDaltons, apparentée à la famille des cytokines. Peu de temps après sa découverte une mutation a pu être identifiée sur son récepteur (Chua et al 1996) ; cette mutation induit le même phénotype chez la souris atteinte que la mutation ob/ob. Dans l'espèce humaine, les taux circulants de cette hormone sont fortement corrélés à l'index de masse corporelle ($BMI = \text{poids}/\text{taille}^2$) $r = 0.7$ pour les hommes et 0.6 pour les femmes (Isidori et al 2000). Elle transmet au cerveau l'information sur l'état des réserves graisseuses ; elle serait donc le chaînon entre la fonction de nutrition et celle de reproduction. Depuis sa découverte en 1994, le nombre de publications sur le sujet n'a pas cessé de croître, et les premières publications sur le cheval commencent à paraître.

La précocité de l'entrée en inactivité ovarienné saisonnière observée chez les jeunes juments est principalement due à des facteurs alimentaires. Cette information serait transmise par la leptine (Fitzgerald et McManus 2000)

Malheureusement, à ce jour, aucune expérience n'a permis de quantifier l'effet de la nutrition sur l'inactivité ovarienne. Notre objectif est donc de mettre en évidence l'effet d'une carence énergétique conduisant à une maigreur importante (mais permettant de garder la jument en bonne santé), sur la durée de l'inactivité ovarienne et sur l'effet d'une photostimulation.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les animaux

Cette étude a duré 19 mois de novembre de la première année à mai de la troisième année. Vingt jeunes ponettes nées la même année, de type Welsh, âgées (Moyenne \pm S.E.M.) de $2,40 \pm 0,04$ ans et pesant $269,7 \pm 9,5$ kg, au début de l'expérience, ont été réparties en 4 lots de 5. Chaque lot est logé dans un box différent d'environ 25 m^2 . Il est à noter que les ponettes ne sont jamais attachées et ont donc libre accès à leur mangeoire et, dans la journée, à un paddock.

Alimentation

Deux lots ont reçu une alimentation à base de concentré du commerce « Eperon » (voir tableau 1) et de paille blé. La ration a été calculée pour couvrir les besoins d'entretien selon les normes établies par l'INRA en 1981 (Martin-Rosset et al 1981 et Vermorel et al 1981). Le calcul des besoins théoriques a été effectué sur la base de 250 kg de poids vif selon les données suivantes : 0.04 UFC par kg de poids métabolique (poids vif à la puissance 0.75), 2.8 g MADC par kg poids métabolique et 0.071 kg de matière sèche par kg de poids métabolique. Les besoins nutritionnels quotidiens ont donc été évalués à 2.5 UFC , 176 g MADC et 4.5 kg de matière sèche consommable. La paille était distribuée une fois par jour et sa consommation a été estimée à 2.8 kg/jour/tête . Le concentré était distribué 2 fois par jour à raison de 1.2 kg par repas et par jument.

Les 2 lots sous-alimentés après avoir reçu la même alimentation que les 2 lots ci-dessus ont eu une diminution progressive de leur niveau alimentaire pendant les 6 premiers mois de l'expérimentation. De la luzerne déshydratée (voir tableau 1) a été substituée au concentré du commerce avec pour objectif de ne couvrir que 70% des besoins énergétiques tout en couvrant les besoins protéiques. La luzerne déshydratée était distribuée pour chaque lot 2 fois par jour à raison de 0.7 kg par repas et par poney. La paille était distribuée une fois par jour et sa consommation a été estimée à 3.6 kg/jour/tête . Le poids et l'état d'engraissement demeurant stables nous avons diminué progressivement la quantité de luzerne déshydratée (voir figure 1) pour aboutir à une ration finale de 0.4 kg par jour et par tête distribuée en un seul repas, la consommation de paille a été estimée à 4.6 kg/jour/tête . Cette dernière ration couvrirait 52% des besoins énergétiques et 29% des besoins protéiques.

Tableau 1

Principaux éléments de la composition des granulés

	Granulé « l'Eperon »	Granulé de luzerne déshydratée
UFC	0.71 / kg de matière brute	0.72 / kg de matière brute
MADC	83.8 g/ kg de matière brute	127 g/ kg de matière brute
Ca	10 g/ kg de matière brute	16 g/ kg de matière brute
P	4 g/ kg de matière brute	2.3 g/ kg de matière brute
Mg	30.5 mg/ kg de matière brute	2.0 mg/ kg de matière brute

La photostimulation

Vers le solstice d'hiver et jusqu'au printemps suivant, un des lots alimentés « à l'équilibre » et un des lots sous-alimentés ont été soumis à une photostimulation de 14h 30 d'éclairement par jour. Cette photostimulation a commencé la première année le 20 décembre et la deuxième année le 6 janvier pour se terminer dans les deux cas fin mai, quand la durée de la photopériode naturelle est supérieure à 14h 30. La lumière provenant de 2 tubes néon par boîte avait une intensité d'environ 100 lux à hauteur des yeux des ponettes. Entre la première et la deuxième année, dans chacun des groupes alimentés « à l'équilibre » et sous-alimentés, les lots photostimulés ont été inversés.

Les mesures effectuées

La fluctuation de l'état corporel a été estimée tous les 15 jours par une pesée, une mesure échographique de l'épaisseur de gras sur la croupe, une notation de l'état d'engraissement suivant le guide pratique édité par l'institut de l'élevage (Arnaud et al 1997) et la mesure du périmètre thoracique. Pour la mesure échographique du gras une sonde linéaire de 5 MHz (Aloka SS-210 DX, Japon) était placée à mi-hauteur de la croupe à environ 5 cm de l'axe de la colonne vertébrale, parallèlement à celle-ci ; l'emplacement était repéré d'une fois sur l'autre par rasage des poils.

L'activité ovarienne était suivie par des dosages de progestérone effectués sur des prélèvements de sang bihebdomadaires Sa concentration était déterminée par une méthode simplifiée H³-RIA (Terqui and Thimonnier 1974). Les juments sont considérées en phase lutéale si la progestérone plasmatique est supérieure à 1 ng/ml. Ces taux sont généralement atteints 24 à 48 heures après l'ovulation (Palmer and Jousset 1975). La période d'inactivité comporte plus de 4 semaines sans progestérone plasmatique.

L'analyse statistique des résultats

Les fluctuations de l'état corporel ont été analysées par analyse de la variance avec un modèle en données répétées. Pour ce faire des périodes de 3 mois correspondant aux diverses saisons ont été utilisées. Les lots, les périodes et l'interaction lots*périodes sont les facteurs principaux du modèle. L'interaction jument hiérarchisée dans lot*périodes est utilisée comme terme d'erreur. Les différences entre groupes sont estimées par la comparaison des moyennes des moindres carrés avec comme terme d'erreur, l'interaction jument hiérarchisée dans lot*périodes.

L'analyse des performances de reproduction a porté sur :

- la date du début de l'inactivité ovarienne (date du dernier prélèvement présentant plus de 1ng/ml de progestérone plasmatique avant une période d'au moins un mois sans progestérone) ; pour l'analyse statistique cette date est exprimée en logarithme du nombre de jours depuis le solstice d'été,
- la date de fin de l'inactivité ovarienne (date du premier prélèvement présentant plus de 1ng/m), pour l'analyse statistique cette date est exprimée en logarithme du nombre de jours depuis le solstice d'hiver,

- la durée de l'inactivité exprimée en nombre de jours,
- le nombre d'ovulations (équivalent au nombre de cycles) entre le début de l'expérience et le solstice d'été pour la première année et d'un solstice d'été à l'autre pour la deuxième année.

Les différences entre chaque groupe pour ces variables sont étudiées par analyse de variance en modèle déséquilibré à l'aide du logiciel SAS, la ration, la photostimulation et leur interaction sont les facteurs principaux du modèle. Les différences entre groupes sont estimées par la comparaison des moyennes des moindres carrés. Les différences sont considérées comme significatives à $P \leq 0.05$. Toutes les valeurs sont présentées sous forme de moyenne arithmétique \pm erreur standard autour de la moyenne (S.E.M.).

Pour exprimer la corrélation entre l'état corporel et la reproduction, c'est la moyenne des différents paramètres mesurés au cours de l'hiver qui a été utilisée pour caractériser l'état corporel de chaque ponette.

RÉSULTATS

L'état corporel

Les figures 2a à 2d présentent les courbes de l'évolution des différents paramètres mesurés aux cours de l'expérience.

Pour les 4 paramètres estimant l'état corporel, le modèle statistique est significatif ($p < 0.0001$). Dans l'ensemble des lots, le poids reste stable entre le premier automne et le premier hiver. Les 2 lots « alimentés à l'équilibre » ne présentent plus de différence de poids à partir du 1^{er} hiver. Par contre, un des lots sous-alimenté va constamment rester à un poids inférieur à l'autre. A l'exception du premier automne où un des lots sous-alimenté à un poids qui ne diffère pas de celui d'un des lots alimenté à l'équilibre, les juments des lots sous-alimentés sont systématiquement d'un poids inférieur à celles alimentées à l'équilibre.

Dans l'ensemble des lots, la fluctuation de l'épaisseur de gras est insignifiante entre le premier automne et le premier hiver. Une baisse significative n'est observée dans les lots sous-alimentés qu'à partir du premier été ; par contre une augmentation est significative dès le premier printemps sur les lots "alimentés à l'équilibre". Il n'y a pas de différence à la même saison, entre les lots ayant le même régime. La différence entre les lots « alimentés à l'équilibre » et sous-alimentés est très significative pour toutes les saisons à l'exception du premier automne.

La note d'état, comme pour l'épaisseur de gras ne décroît (par rapport au 1^{er} automne) pour les lots sous-alimentés qu'à partir du 1^{er} printemps et au contraire croît dès le 1^{er} hiver pour les lots à l'équilibre. Aucune différence, pour une même période, n'est à noter pendant toute la durée de l'expérience d'une part entre les lots sous-alimentés et d'autre part entre les lots à l'équilibre. Les lots sous-alimentés sont systématiquement moins bien notés, à une même saison, ($p < 0.0001$) que les lots « alimentés à l'équilibre ».

Pour le périmètre thoracique, les mêmes constatations que pour l'épaisseur de gras et la note d'état sont mises en évidence mais, comme pour le poids, un des lots sous-alimentés présente un périmètre thoracique légèrement inférieur à celui de l'autre lot sous-alimenté.

Les quatre types de mesure sont fortement corrélés entre elles. Le tableau 2 ci-dessous représente les corrélations totales entre ces mesures (ces coefficients sont tous significatifs à $p < 0.01$).

N=800	Epaisseur de gras	Note d'état	Périmètre thoracique
Poids	0.76	0.71	0.93
Epaisseur de gras		0.87	0.77
Note d'état			0.76

L'activité de reproduction

Les figures 3a et 3b présentent les courbes individuelles de progestérone au cours de la première et de la deuxième année respectivement et les principaux résultats figurent dans le tableau 3 ci-dessous.

1 ^{ère} année	Nb de juments en inactivité	Date de début	Date de fin	durée	Nombre d'ovulations
Lot à l'équilibre photostimulé	5	11/12 ± 15	20/02 ± 2	71 ± 15	8 ± 0.7
Lot à l'équilibre non photostimulé	3	19/12 ± 42	27/03 ± 27	98 ± 46	7.8 ± 1.4
Lot sous-alimenté photostimulé	4	3/12 ± 9	25/02 ± 3	84 ± 12	7.8 ± 0.7
Lot sous-alimenté non photostimulé	2	8/11 ± 4	29/4 ± 7	171 ± 3	7.4 ± 1.6
2 ^{ème} année					
Lot à l'équilibre photostimulé	4	25/01 ± 5	12/03 ± 2	46 ± 4	13.4 ± 0.3
Lot à l'équilibre non photostimulé	1	15/11	13/04	150	12.6 ± 3.2
Lot sous-alimenté photostimulé	4	11/11 ± 26	16/04 ± 10	157 ± 34	9.4 ± 1.5
Lot sous-alimenté non photostimulé	5	22/10 ± 11	23/04 ± 9	184 ± 9	6.8 ± 0.4

Lors du 1^{er} hiver 6 ponettes sur 20 n'ont pas présenté d'inactivité 4 dans les lots sous-alimentés et 2 dans les lots « à l'équilibre ». La date de début de l'inactivité ne diffère pas d'un lot à l'autre. Par contre la différence sur la date de fin apparaît significative ($p=0.02$) ; cette différence est liée à la photostimulation ($p=0.004$) et pas à la ration ($p=0.17$). Les deux lots éclairés, sous-alimentés et « à l'équilibre », diffèrent significativement ($p<0.01$) du lot sous-alimenté non éclairé ; la différence est proche de la signification ($p=0.07$) avec le lot « à l'équilibre » non éclairé. Pour la durée de l'inactivité, le modèle global est proche de la signification ($p=0.10$) en raison de l'effet de la photostimulation ($p=0.043$). Enfin il n'y a pas de différence entre les lots pour le nombre d'ovulations.

Lors du 2^{ème} hiver, 6 ponettes sur 20 n'ont pas présenté d'inactivité (parmi ces 6 seulement 2 sont les mêmes au cours des 2 hivers), 1 dans les lots sous alimentés et 5 dans les lots "à l'équilibre". La date de début de l'inactivité diffère, cette fois d'un lot à l'autre ($p=0.006$) (ceci tient exclusivement à la ration mais il est à noter que la photostimulation commence avant que les ponettes de lots "à l'équilibre" n'aient commencé leur inactivité). La différence sur la date de fin est également significative ($p=0.02$) ; mais cette fois cette différence n'est pas due à la photostimulation ($p=0.56$) mais à la ration ($p=0.01$). Les deux lots éclairés, sous-alimentés et « à l'équilibre », diffèrent significativement ($p<0.01$) du lot sous alimenté non éclairé ; la différence est proche de la signification ($p=0.07$) avec le lot « à l'équilibre » non éclairé. Pour la durée de l'inactivité, le modèle global est significatif ($p=0.001$) en raison uniquement de l'effet de la ration ($p=0.002$) et pas de la photostimulation ($p=0.34$). Enfin, le nombre d'ovulations est très différent entre les traitements ($p=0.001$) et ce exclusivement à cause de la ration ($p=0.008$) et seulement selon une tendance de la photopériode à ($p=0.06$).

Les coefficients de corrélations totales entre les paramètres corporels et l'activité de reproduction sont présentés dans le tableau 4 ci-dessous (Nb d'Ov : nombre de 'ovulation, NS non significatif) :

	1 ^{ère} année				2 ^{ème} année			
	Poids	Gras	N d'état	T de P	Poids	Gras	N d'état	T de P
Début	-0.19 NS	0.16 NS	0.16 NS	-0.23 NS	0.58 $p<0.05$	0.73 $p<0.01$	0.72 $p<0.01$	0.67 $p<0.01$
Fin	-0.58 $p<0.05$	-0.58 $p<0.05$	-0.70 $p<0.01$	-0.60 $p<0.05$	-0.29 NS	-0.63 $p<0.05$	-0.59 $p<0.05$	-0.41 NS
Durée	-0.22 NS	-0.47 NS	-0.55 $p<0.05$	-0.20 NS	-0.52 NS	-0.75 $p<0.01$	-0.72 $p<0.01$	-0.63 $p<0.01$
Nb d'Ov	0.46 $p<0.05$	0.37 NS	0.55 $p<0.05$	0.47 $p<0.05$	0.55 $p<0.05$	0.75 $p<0.01$	0.73 $p<0.01$	0.65 $p<0.05$

La corrélation entre les paramètres corporels et l'activité des fonctions de reproduction est nettement plus importante lors de la deuxième année d'expérience que lors de la première. Lors de la deuxième année, les corrélations globales avec la fin de l'anoestrus semblent un peu plus faibles que pour les autres paramètres ceci est probablement explicable par un léger impact de la photostimulation.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'état d'obésité atteint par les ponettes alimentées à l'équilibre indique que les normes alimentaires utilisables pour les chevaux surévaluent les besoins d'entretien des poneys. La ration des ponettes sous-alimentées (52% des besoins énergétiques théoriques) n'était donc pas dramatiquement restrictive. Elle a permis d'obtenir des animaux très maigres mais en bonne santé tel qu'il arrive de les trouver lors de conditions d'élevage extensif. Sous notre climat, en raison de la sécheresse estivale, les pâtures ne permettent généralement plus d'assurer les besoins énergétiques des animaux à partir du mois d'août d'autant plus que ces besoins sont accrus par la croissance ou l'allaitement. Dans ces conditions d'élevage la jument commence donc à perdre du poids avant d'affronter l'hiver.

Lors de notre expérience la baisse de l'état corporel n'a été significative qu'à la fin de l'hiver et au cours du premier printemps, il est donc normal qu'aucun effet de l'alimentation ne soit visible sur la cyclicité lors de ce premier hiver. A la fin de ce premier hiver, l'effet de la photostimulation apparaît significatif et ce malgré le déséquilibre du nombre de juments ayant présenté une période d'inactivité d'un lot à l'autre. Sur l'ensemble des juments 8/20 n'ont pas présenté de phase d'inactivité. Ces juments atteignaient seulement leur troisième année, cet âge correspond à la fin de la croissance et même dans des conditions d'alimentation satisfaisantes ce type de juments présente de façon quasi-systématique une période d'inactivité ; il est donc surprenant de voir autant de juments sans phase d'inactivité. Lors de ce premier hiver, la baisse de l'état corporel était insuffisante pour inhiber la reproduction et donc masquer l'effet de la photostimulation.

Par contre une maigreur suffisante pour agir sur la reproduction a été obtenue durant l'été. Seule une ponette d'un petit format et présentant un comportement de dominante a peu maigri ; sa moyenne d'épaisseur de gras durant ce deuxième hiver était de 6 mm alors qu'elle est de $3,6 \pm 0,8$ mm pour les 9 autres ponettes sous-alimentées. Pendant cette période elle a fait partie des 3 plus grasses du lot. C'est celle qui n'a pas présenté d'inactivité. L'intensité de cette inhibition de la reproduction, liée à la maigreur a été suffisante pour agir sur tous les paramètres de l'anoestrus. L'effet de la photostimulation n'existe plus sur les lots sous-alimentés. Par contre sur les lots suralimentés il n'est pas estimable car seulement une jument présente une phase d'inactivité dans le lot non photostimulé.

Les taux plasmatiques de leptine étant fortement corrélés avec le BMI donc avec la quantité de tissus adipeux (Isidori et al 2000), sont probablement fortement corrélés avec nos mesures de l'état corporel. Cette hormone étant la clef entre alimentation et reproduction sa déficience serait à la base de l'inhibition de la fonction de reproduction observée chez nos juments amaigries.

Jusqu'à présent les études sur l'anoestrus de la jument portaient essentiellement sur la date de la première ovulation alors que les juments avaient préalablement été sélectionnées en inactivité. Cette sélection était indispensable en raison de l'inconstance de cette inactivité dont la prise en compte aurait nécessité un trop grand nombre d'animaux. Ce modèle de la jument légèrement sous-alimentée va permettre d'étudier l'entrée en inactivité. Ainsi pourra être envisagée la suppression de l'inactivité par des traitements simples soit zootechniques soit pharmacologiques.

L'action de la leptine au niveau du cerveau semble être transmise par plusieurs neuromédiateurs (NPY, galanine...) (Chaillou 2000) qui pourraient être impliqués dans cette inhibition hivernale de la reproduction consécutive au manque de gras. L'action d'antagonistes de ces neuromédiateurs pourrait permettre la levée de cette inhibition.

Du point de vue de l'éleveur, il est nettement illusoire de vouloir photostimuler une jument en inactivité hivernale et particulièrement maigre sans conjointement améliorer son état d'engraissement.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent particulièrement à remercier :

- le personnel du laboratoire de dosages hormonaux de la PRC représenté par Dr S. Canepa pour les dosages de progestérone.
- Mesdames S. Heuclin et S. Rousseau pour leur aide lors de l'expérience
- Monsieur F. Régnier et l'équipe des installations expérimentales pour avoir pris soins des chevaux et réaliser les nombreuses prises de sang indispensables à l'étude.

LÉGENDE DES FIGURES

Figure I : Ration des lots sous-alimentés

Figure I : Feed for the food restricted groups

Figure II : Evolution des paramètres estimant l'état corporel au cours de l'expérience, figure IIa : le poids, figure IIb : l'épaisseur de gras mesurée par échographie, figure IIc : la note d'état, figure IId : le périmètre thoracique

Figure II : Fluctuation of the body condition parameters during the experiment, figure IIa : body weight, figure IIb : scanned fat thickness, figure IIc : body condition score, figure IId : thoracic perimeter

Figure III : Sécrétion de progestérone, figure IIIa : au cours de la première année, figure IIIb : au cours de la deuxième année

Chacune des 20 courbes représente, pour chaque jument, l'alternance des phases lutéales et de croissance folliculaire ou d'inactivité ovarienne hivernale. La zone des graphes avec un fond grisé représente la durée de la photostimulation pour les lots (PhotStim) subissant un éclairage artificiel 14.5 N 9.5 L; les deux autres lots étant maintenus sous photopériode naturelle (PhotNat). Les flèches indiquent les juments n'ayant pas présenté d'inactivité hivernale

Figure III : Progesterone rate, figure IIIa : during the first year of the experiment, figure IIIb : during the second year of the experiment

Each 20 curves presents, for each mare, the alternation of luteal phases and follicular growth phase or winter ovarian inactivity. The part of the graphs with a shadow area shows the duration of the photostimulation for the photostimulated groups (PhotStim) with an artificial lighting 14.5 D 9.5 L; the 2 other groups are kept under natural photoperiod (PhotNat). The arrows show the mares which not present winter inactivity.

BIBLIOGRAPHIE

Allen WR and Sanderson MW (1987) The value of a rapid progesterone assay (AELIA) in equine stud veterinary medicine and management Proceedings of the Bain-Fallon Memorial Lectures 76-82

Arnaud G., Baudouin N., Trillaud-Geyl C., Dubroeuq H., Martin-Rosset W., Micol D., Lucbert J., Palazon R., Rivot D. 1997. Notation de l'état corporel des chevaux de selle et de sports Guide pratique. Edité par l'institut de l'élevage 149 rue de Bercy 75595 Paris

Atch Z, Ramon F, Cagampang A., Stirlaang J.A., Morris I.D., Brooks A.N., Ebling F.J.P., Klingenspor M., Loudon A.S.I. 2000. Leptin Acts on metabolism in a photoperiod-dependent Manner, but has no effect on reproductive function in the seasonally breeding Siberian Hamster (*Phodopus sungorus*).

Bringer J, Lefebvre P., Renard E. 1999. Nutrition et fonction ovarienne. *Medecine/Sciences* 15 197-203.

Bruneau G. Caraty A. Monget P. 1999. La leptine : une clef pour la reproduction. *Médecine/Sciences* 2 191-196.

Carnevale EM and Ginther OJ (1997) Age and pasture effects on vernal transition in mares *Theriogenology* 47 1009-1018

Chaillou E. 2000. Influence de l'état nutritionnel sur l'expression de neuropeptides hypothalamiques potentiellement impliqués dans l'interaction entre la nutrition et la reproduction de la brebis. Thèse de l'Université ENSA de Rennes. Sciences et Techniques des Productions Animales.

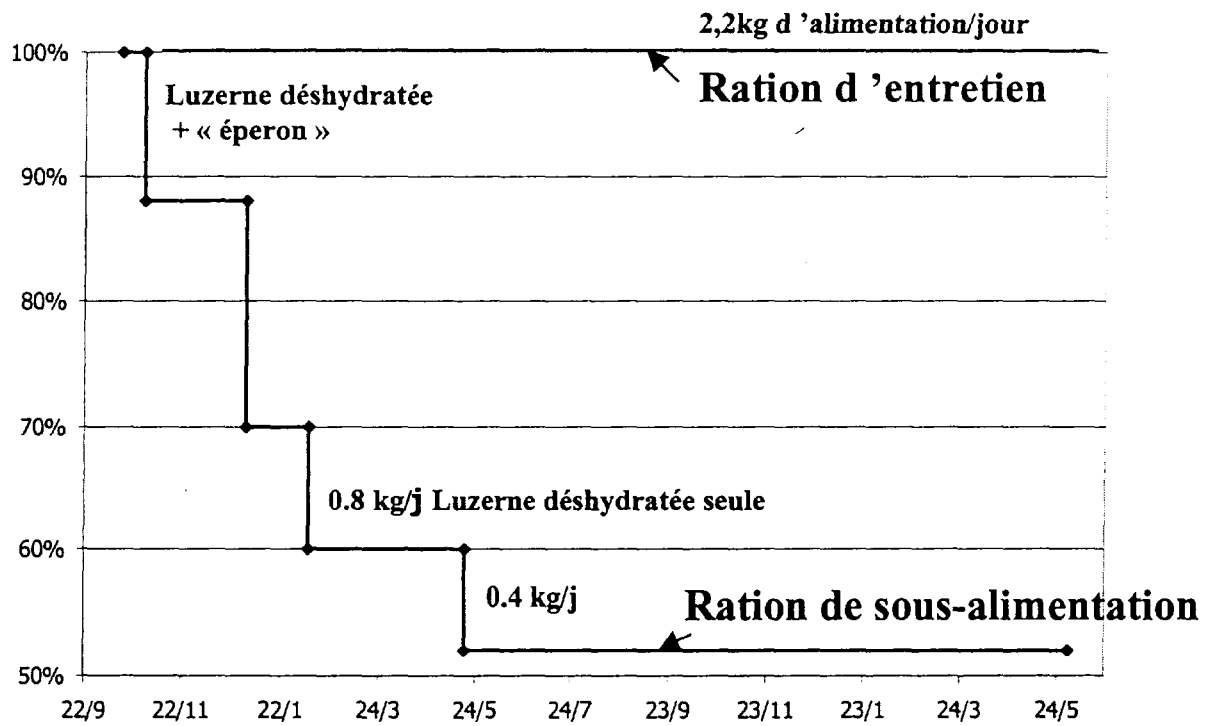
Chua SC, Chung WK, Wu-Peng XS, Zhan Y, Liu SM, Tataglia L, Leibel RL. 1996 Phenotypes of mouse diabetes and rat fatty due to mutations in the OB (leptin) receptor. *Science*, 271 994-996

Delgadillo J.A., Canedo G.A., Chemineau P., Guillaume D., Malpoux B. 1999. Evidence for an annual reproductive rythme independant of food availability in male creole goats in subtropical northern mexico. *Theriogenology* 52 727-737.0

- Fitzgerald B.P. and McManus C.J. 2000. Photoperiodic versus metabolic signals as determinants of seasonal anoestrus in the mare. *Biology of Reproduction* 63, 335-340.
- Ginther OJ (1974) Occurrence of anestrous, estrus, diestrus, and ovulation over a twelve-month period in mares *American Journal of Veterinary Research* 35 1173-1179
- Henneke DR, Potter GD and Kreider JL (1984) Body condition during pregnancy and lactation and reproductive efficiency of mares *Theriogenology* 21 897-909
- Henneke DR., Potter GD., Kreider JL., Yeates BF. 1983. Relation ship between condition score, physical measurements ans body fat percentage in mares. *Equine Veterinary Journal* 15 371-372.
- Henneke DR., Potter GD., Kreider JL., Yeates BF. 1983. Relation ship between condition score, physical measurements ans body fat percentage in mares. *Equine Veterinary Journal* 15 371-372.
- l'Anson H., Foster DL., Foxcroft GR., Booth PJ. 1991. Oxford: Nutrition and reproduction. Reviews of Reproductive biology Vol 13 Edited by S.R. Milligan 241-331.
- Isidori AM, Strollo F; More M, Caprio M, Aversa A, Morretti C, Frajese G, Riondino G, Fabbri A. 2000. Leptin and aging : correlation with endocrine changes in male and femal healthy adult populations of different body weights. *Journal of Cliniacal Endocrinology & Metabolism* 85 1954-1962.
- Kubiak JR, Crawford BH, Squires EL, Wrigley RH and Ward GM (1987) The influence of energy intake and percentage body fat on the reproductive performance of nonpregnant mare *Theriogenology* 28 587-598
- Martjn-Rosset W. (1990) L'alimentation des chevaux. INRA ed. Paris.
- Martin-Rosset W. Andrieu J., Vermorel M., Dulphy JP. 1981 Valeur nutritive des aliments pour le cheval. 13^{ème} Journée du Grenier de Theix 25-26-27 novembre Clermond Ferand ED. INRA Publication, Route de Saint Cyr 7800 Versaille, 209-238
- McDaniel, J.B., Kreider, J.L. & Thrasher, D.M. (1979) The influence of artificial light and a nutritional supplement on the onset of the breeding season in mares *Journal of Animal Science Supplement* 1 49 141
- McManus C.J. and Fitzgerald B.P. 2000. Effects of a single day of feed restriction on changes in serum leptin, gonadotropins, prolactin, and metabolites in aged and young mares. *Domestic Animal Endocrinology* 19; 1-13.
- Nelson R.J. Melatonin mediates seasonal ajustement in immune function. 1999. 8th meeting of the european Pineal Society 3 au 7 juillet 1999 Reproduction Nutrition Developpement.
- Palmer E, Jousset B 1975. Urinary oestrogen and plasma progesteron levels in non-pregnant mares. *Journal of Reproduction and Fertility Suppl.* 23: 213-221.
- Suttie J.M., White R.G., Breier B.H., Gluckman D.P., 1991. Photoperiod associated changes in Insulin-Like Growth Factor-I in Reindeer. *Endocrinology* 129: 679-682.
- Terqui M., Thimonnier J. 1974. Nouvelle méthode radioimmunologique rapide pour l'estimation du niveau de progestérone plasmatique. Application au diagnostic de gestation précoce chez la brebis et la chèvre. *C.R. Académie des Sciences* 279 1109-1112.
- Van Niekerk FE and Van Niekerk CH (1997) The effect of dietary protein on reproduction in the mare. III. Ovarian and uterine changes during the anuvulatory season, transitional and ovulatory periods in the non-pregnant mare *Journal of the South African Veterinary Medical Association* 68 86-92
- Vermorel M., Jarrige R, Martin-Rosset W. 1981 Métabolisme et besoin énergétiques du cheval, Le système des UFC. 13^{ème} Journée du Grenier de Theix 25-26-27 novembre Clermond Ferand ED. INRA Publication, Route de Saint Cyr 7800 Versaille, 239-276
- Zhang y, Proenca R, Maffei m, Barone M, Leopold L, Friedman JM, 1994. Positional cloning of mouse obese gene and its human homologue. *Nature* 372 425-432.

Figure I

Ration des ponnettes exprimée en % des besoins énergétiques théoriques/poids moyen de départ



Paille à volonté dans les deux types de ration

Figure IIa

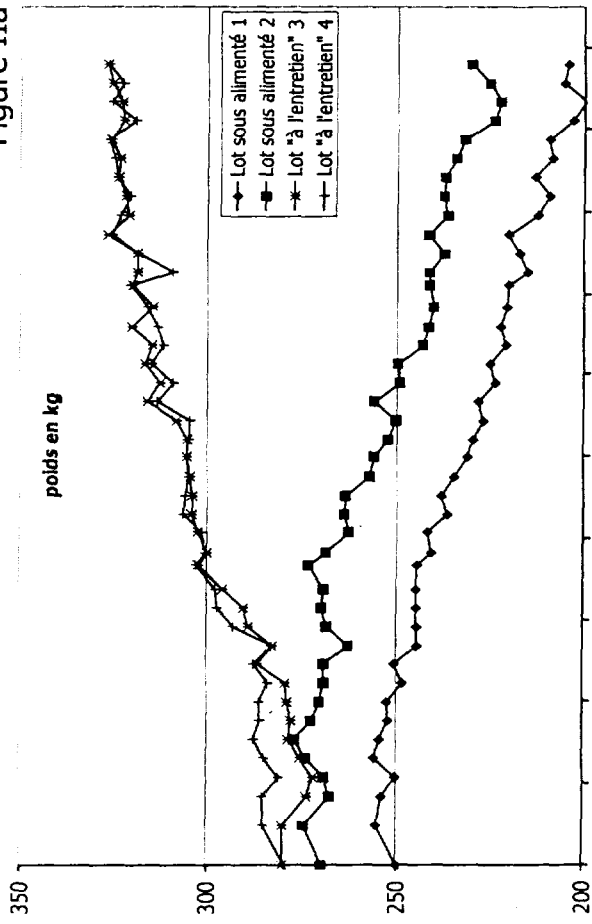


Figure IIb

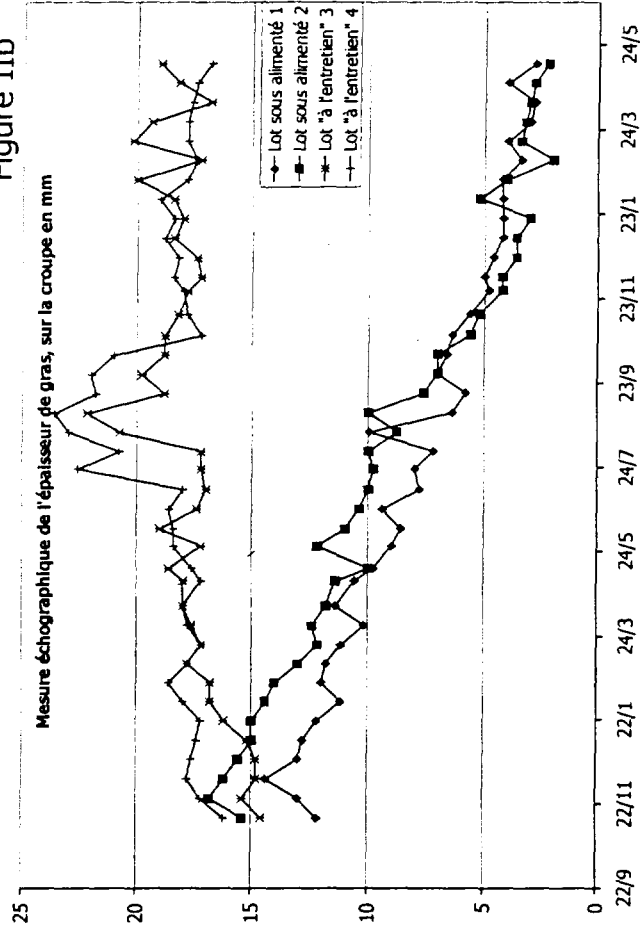


Figure IIc

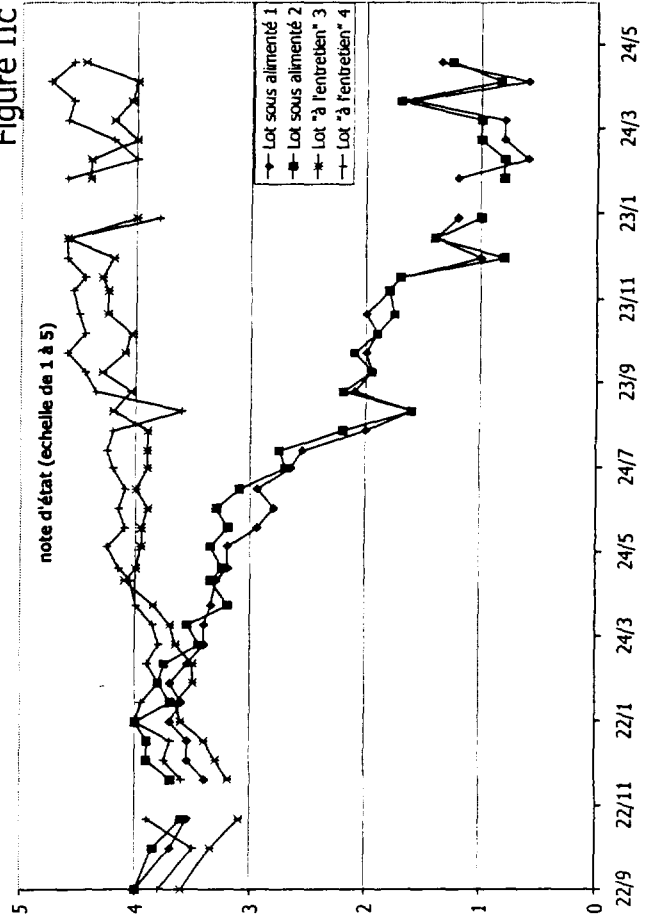
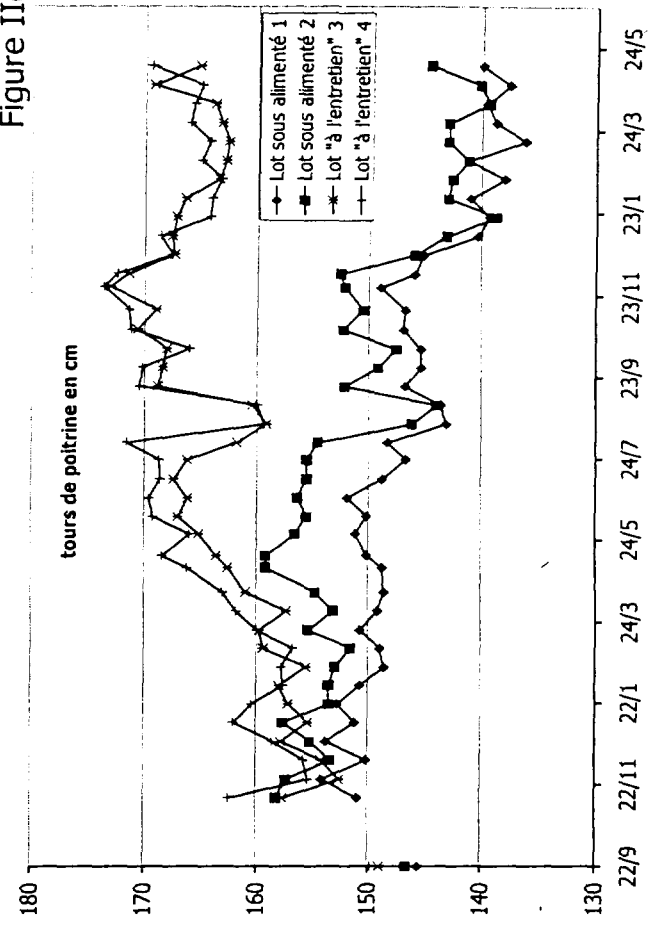
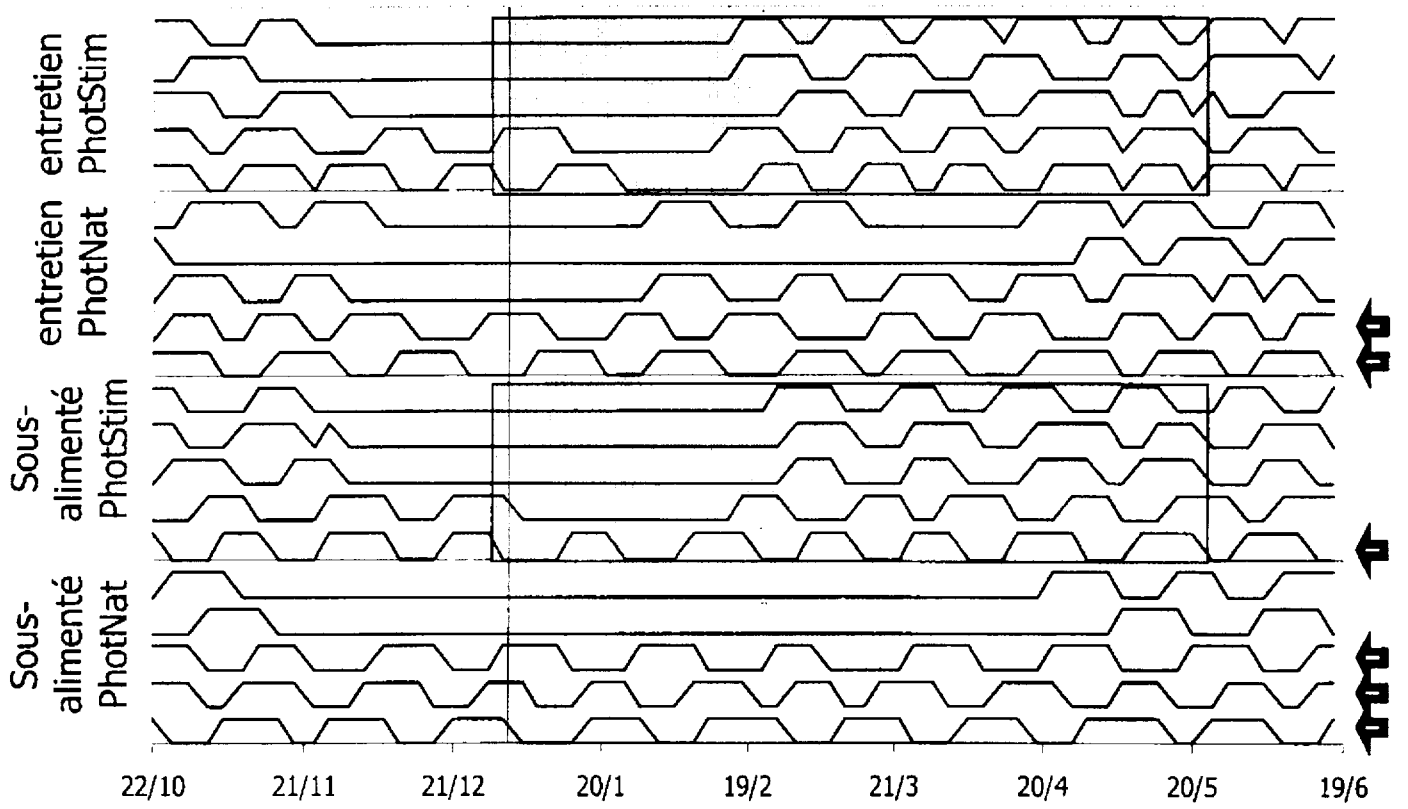


Figure IId



Cyclicité 1^{er} hiver

Figure IIIa



Cyclicité 2^{ème} hiver

Figure IIIb

