

EFFET DE DIFFERENTS REGIMES PHOTOPERIODIQUES SUR LA PUBERTE DU PIGEONNEAU MALE *COLUMBA LIVIA*

Rédha Djenidi, Mohamed Salah Boulakoud

Laboratoire d'Ecophysiologie Animale,
Université Badji Mokhtar, Annaba 23000, Algérie.

Reçu le 26/03/2006 et accepté le 09/01/2007

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة مدى تأثير الفترة الضوئية على تكاثر الحمام الأهلي عند فترة البلوغ. قسم الحمام على 3 أفواج : ضوء الطبيعي، نهار قصير (8L : 16D) وإضاءة مستمرة (24L : 00 D). أشارت النتائج المتحصل عليها عدم نمو الخصى عند الفوج المعرض إلى النهار القصير مع انخفاض في التركيز الدموي للتستوستيرون و التيروكسين والكومستيرول و الغليسيريدات الثلاثية.

الكلمات المفتاحية: تكاثر، التيروكسين، الفترة الضوئية؛ الحمام الأهلي.

Résumé

Ce travail a pour but l'étude de l'influence du régime photopériodique sur l'activité reproductrice de jeunes pigeons domestiques *Columba livia* à la puberté : poids corporel, volume testiculaire et certains paramètres biochimiques et endocriniens. Les pigeonneaux ont été répartis en 3 lots exposés à différents régimes photopériodiques : jours courts (8L : 16D), éclairement continu (24L : 00 D), photopériode naturelle de printemps (lot Témoin). Les animaux du lot témoin (photopériode naturelle) présentent en fin d'expérimentation un développement testiculaire témoignant du déclenchement de la spermatogenèse, et une augmentation des taux plasmatiques de testostérone, protéines, cholestérol, triglycérides et thyroxine, contrairement au taux de glucose qui baisse. D'autre part, une régression testiculaire rapide chez les pigeonneaux soumis à des jours courts (8L : 16D) a été observée. Les taux plasmatiques de protéines et de glucose augmentent, mais la testostérone, le cholestérol, les triglycérides et la thyroxine diminuent. Enfin, chez les oiseaux exposés à un éclairement continu (24L : 00 D), les gonades se développent rapidement, les taux de testostérone, protéines et thyroxine augmentent ; les taux de glucose, de cholestérol et de triglycérides diminuent.

Mots clés : reproduction; thyroxine; photopériode; pigeon.

Abstract

The aim of the present investigation has been to study the influence of various photoperiodic regimes on the reproductive activity of immature male domestic pigeon *Columba livia*, namely: body weight, testicular volume and some biochemical and hormonal profiles. Immature birds have been divided into 3 groups held under short days (8L: 16 D), continuous light (24L: 00 D), and natural photoperiod (control group). In the control group we see a significant gonadal development, an increase in plasma levels of testosterone, proteins, cholesterol, triglycerides and thyroxin, and a decrease in plasma glucose concentrations. A rapid involution of testes in individuals exposed to short days (8L: 16D) is recorded. Plasma protein and glucose levels increase, while those of testosterone, cholesterol, triglycerides and thyroxin showed a decline. At last, there was an increase, in testicular volume of birds exposed to continuous light (24L: 00 D), testosterone, proteins and thyroxin levels, while those of glucose, cholesterol and triglycerides showed a considerable decline.

Key words: reproduction; thyroxin; photoperiod; birds.

1. INTRODUCTION

La reproduction est un processus physiologique caractérisant tous les êtres vivants, aboutissant à la naissance d'un

nouvel être. Chez la plupart des espèces d'oiseaux, ce processus se manifeste d'une façon périodique ou saisonnière [1]. Chez les oiseaux, la période de

reproduction est synchronisée avec certains facteurs de l'environnement comme la nourriture, la température et surtout la photopériode [2]. Ces trois facteurs sont étroitement liés, et seule la période de l'année où les oiseaux sont physiologiquement capables de se reproduire, est répétable d'une année à l'autre, la température et les ressources alimentaires étant plus variables [3]. Le timing de la reproduction exige, donc, l'existence d'un système de mesure de la photopériode qui informe l'animal de l'approche de la saison de reproduction [4].

Ainsi, l'allongement de la durée du jour (qui coïncide avec le début du printemps), stimule la croissance testiculaire, suite à l'activation de l'axe hypothalamohypophysaire. Cette étape est suivie, sous les mêmes jours longs, d'une régression gonadique rapide : c'est la phase photoréfractaire. La première réponse à la photostimulation est l'élaboration des gonadotrophines releasing-hormones (Gn- RH) suivie d'une importante sécrétion de LH et de FSH, provoquant la croissance des testicules [5-7]. La photo-activation est suivie chez la plupart des oiseaux par une période d'insensibilité même aux jours longs [8-10].

Malgré le maintien de la photopériode, les oiseaux entament une phase d'involution des gonades ou phase photoréfractaire, qui entraîne des bouleversements physiologiques importants, parmi lesquels une diminution de la sécrétion des gonadotrophines-releasing- hormones (Gn-RH) hypothalamiques, d'hormones hypophysaires (LH et FSH), et une augmentation de certains paramètres plasmatiques comme la T4, la prolactine, le cholestérol, les triglycérides, la testostérone, ainsi que le déclenchement de la mue [10-15]. Certaines études ont montré l'implication de la glande thyroïde dans les mécanismes provoquant le

développement de la photoréfraction [15] [16].

Il semble donc que la photogonadostimulation est une action dont le point de départ est rétinien et le centre de contrôle est situé au niveau de l'hypothalamus [17].

Le présent travail a pour objectif d'étudier les effets de différents régimes photopériodiques sur la phase de la puberté chez de jeunes pigeons mâles soumis à différents programmes lumineux, l'un court (06L : 18D) et l'autre en éclairage continu (24L : 00D), par rapport à un lot témoin élevé en photopériode naturelle de printemps (mars). Il s'agira de déterminer notamment :

- le volume testiculaire et le déclenchement de la spermatogenèse ;
- le poids corporel ;
- les taux plasmatiques de facteurs biochimiques comme le cholestérol, les triglycérides, le glucose et les protéines ;
- les taux plasmatiques de T4 et de testostérone.

2. MATERIEL ET METHODES

Des pigeons mâles impubères âgés d'environ 6 mois sont identifiés et élevés en animalerie au début du mois de mars (humidité relative : 75% ; température : $21 \pm 1\text{C}^\circ$).

Les animaux, d'un poids moyen de $298,77 \pm 19,87$ g sont placés dans des cages de [60×54×52] cm avec mangeoires et abreuvoirs. Ils reçoivent de l'aliment et de l'eau de boisson *ad libitum*. Après leur adaptation, ils sont répartis en 3 lots de 5 pigeonneaux (Tableau 1), pesés et acclimatés aux conditions expérimentales pendant 8 jours avant le début de l'expérimentation. La période expérimentale s'étalera sur 30 jours.

- Le volume testiculaire est mesuré après dissection à J0 puis à 10 jours d'intervalle, selon la technique spécifique aux oiseaux

[18]. Après anesthésie et fixation des pigeonneaux sur une planche à dissection, on procède à une incision de 2 cm de long sous la dernière paire de côtes, et les testicules sont mesurés *in situ* après écartement du muscle intercostal.

Tableau 1: Constitution des lots Expérimentaux

Répartition des pigeonneaux	Conditions photopériodiques
Lot 1 (Témoin) (n=5)	Photopériode naturelle
Lot 2 (n=5)	Jours courts (08L : 16D)
Lot 3 (n=5)	Eclairage continu (24L : 00D)

Le volume testiculaire est calculé d'après la formule [19] :

$$V \text{ (mm}^3\text{)} = 4/3 \pi a^2 b$$

V= volume testiculaire (mm³)

a= ½ largeur de la gonade

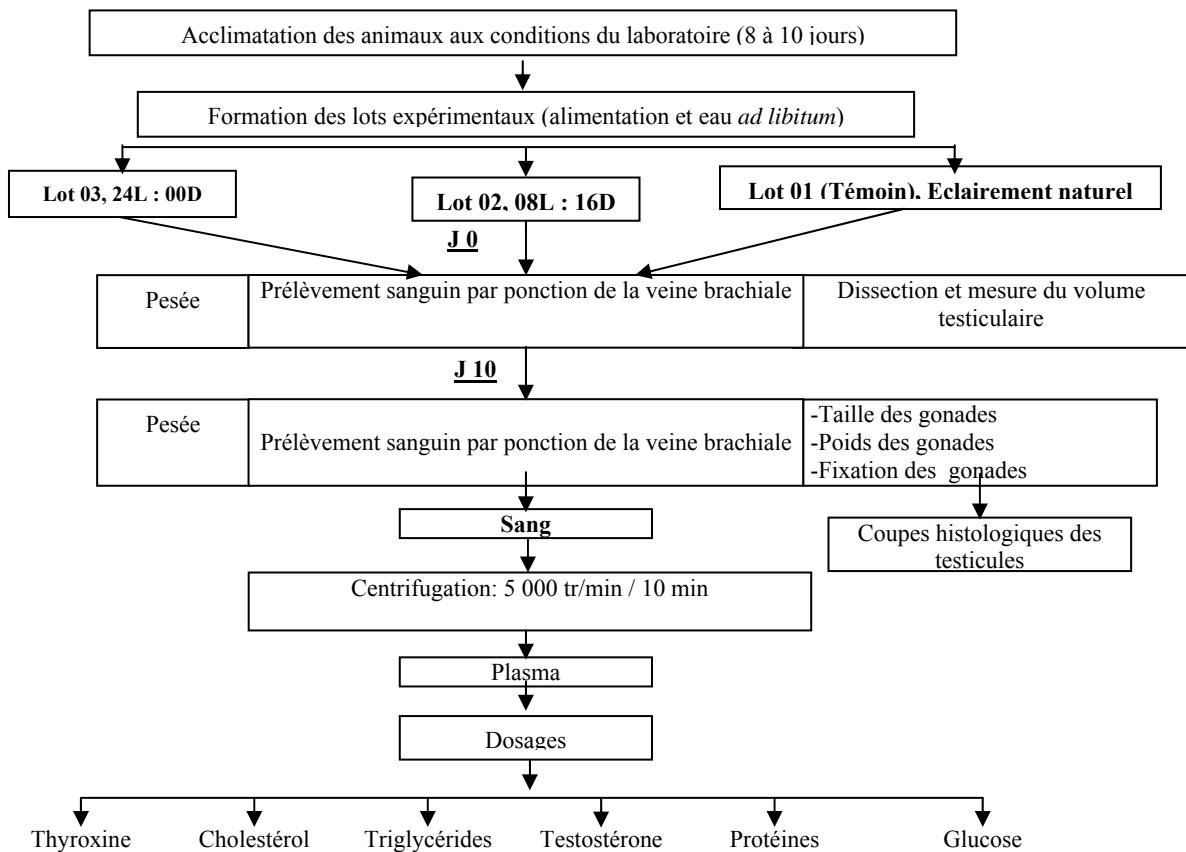
b= ½ longueur de la gonade

- Les dosages biochimiques et hormonaux sont effectués sur le sang (2ml) prélevé dans des tubes citratés au niveau de la veine brachiale à J0, et à J10. Le sang est centrifugé à 5000 tr/min pendant 10 min. Le plasma recueilli est utilisé pour les dosages.

- Le dosage du cholestérol [20] a été effectué par la méthode enzymocolorimétrique de Thomas. Les triglycérides [21] ont été dosés selon la technique enzymo-colorimétrique de Jacobs et le dosage du glucose [22] a été réalisé d'après la technique de Trinder. Les protéines ont été dosées par la méthode spectrophotométrique du Biuret [23]; la testostérone et la thyroxine par la méthode immunoenzymatique-colorimétrique.

- Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un test de comparaison de moyennes de Student.

3. PROTOCOLE EXPERIMENTAL



3. RESULTATS

Poids corporel moyen

Aucune variation significative du poids corporel n'est observée tout au long de l'expérimentation chez les 3 lots expérimentaux (Fig.1).

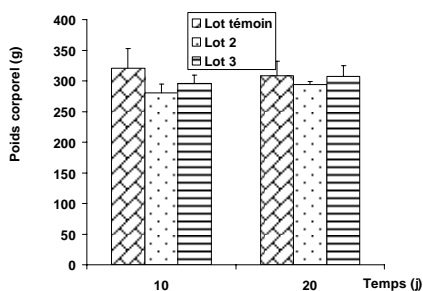


Figure 1: Poids corporel moyen (g) des pigeonneaux mâles soumis à différents régimes photopériodiques (n=5)

Volume testiculaire

Au début de l'expérimentation, les dimensions des gonades étaient identiques chez les individus des trois lots.

Cependant, en fin d'expérimentation, les animaux du lot témoin et du lot 3 présentent un volume testiculaire très élevé (respectivement $225,36 \pm 117,63$ mm³ et $475,18 \pm 287,70$ mm³ ; $P < 0,005$) par rapport aux pigeonneaux du lot 2 soumis à un régime photopériodique de jours courts ($48,60 \pm 19,94$ mm³).

Il est important de noter que les individus exposés à un éclairage continu ont des gonades plus volumineuses que celles des autres groupes (Fig. 2).

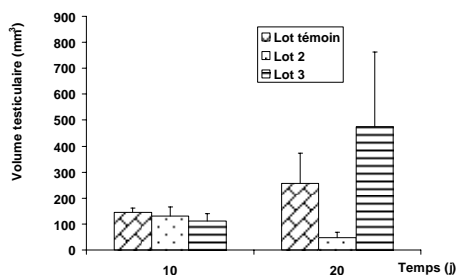


Figure 2: Volume testiculaire moyen (mm³) des pigeonneaux mâles soumis à différents régimes photopériodiques (n=5)

Cholestérol

Il augmente chez le lot témoin, mais de manière non significative, et diminue très fortement ($P < 0.001$) chez les animaux du lot 2 (jours courts), et de manière non significative chez les pigeonneaux du lot 3 soumis à un éclairage continu (24L:00D) (Fig. 3).

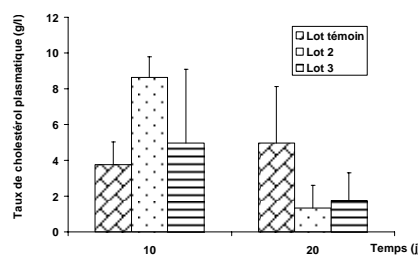


Figure 3: Taux de cholestérol moyen (g/l) chez les pigeonneaux mâles soumis à différents régimes photopériodiques (n=5)

Triglycérides

Chez le lot témoin, le taux moyen de triglycérides plasmatiques ($1,226 \pm 0,78$ g/l) est significativement supérieur ($P < 0,05$) aux 2 autres lots en début d'expérimentation. A la fin de la période expérimentale, il augmente de manière hautement significative ($P < 0,01$) chez les lots 2 et 3. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre ces 2 lots (Fig. 4).

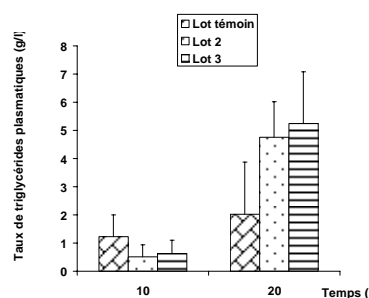


Figure 4: Taux moyen de triglycérides plasmatiques (g/l) chez les pigeonneaux mâles soumis à différents régimes photopériodiques (n=5)

Glucose

Chez le lot témoin, le taux moyen de glucose plasmatique diminue de manière significative ($P < 0,05$) entre le début

(2,705 ± 0,50 g/l) et la fin de la période expérimentale (1,89 ± 0,32 g/l). Il en est de même pour le lot 3. Mais cette variation n'est pas significative. Par contre, chez les animaux du lot 2 soumis à un régime photopériodique court, le taux moyen de glucose plasmatique augmente de manière non significative. En fin d'expérimentation, il n'y a pas de différence significative entre la glycémie moyenne des lots 2 et 3 (Fig. 5).

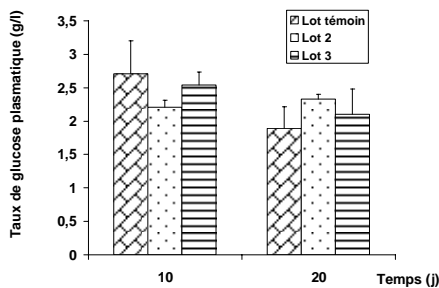


Figure 5: Taux de glucose plasmatique moyen (g/l) chez les pigeonneaux mâles soumis à différents régimes photopériodiques (n=5)

Protéines

Le taux moyen de protéines plasmatiques des pigeonneaux des 3 lots augmente entre le début et la fin de l'expérimentation. De plus, chez les animaux du lot 3 (éclairage continu), ce taux est plus élevé que pour le lot 2 (jours courts), la différence étant hautement significative (P<0,01) (Fig. 6).

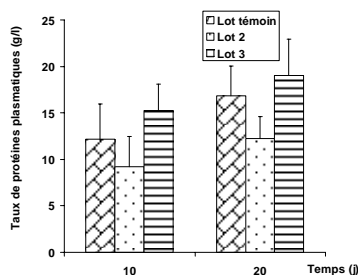


Figure 6: Taux de protéines plasmatiques moyen (g/l) chez les pigeonneaux mâles soumis à différents régimes photopériodiques (n=5)

Testostérone

Le taux moyen de testostérone plasmatique augmente significativement

chez les pigeonneaux du lot témoin et du lot 3 (P< 0,05). Par contre, il diminue de manière hautement significative (P<0,01) chez les animaux du lot 2 soumis à un régime photopériodique court. D'autre part, en fin d'expérimentation, le taux de testostérone plasmatique est très élevé chez le lot témoin par rapport aux lots 2 et 3, différence hautement significative (P<0,01). Il en est de même pour les individus du lot 3 qui présentent un taux de testostérone supérieur aux animaux du lot 2, la différence étant hautement significative (P<0,01) (Fig. 7).

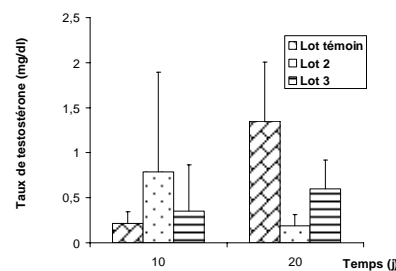


Figure 7: Taux moyen de testostérone plasmatique (mg/dl) chez les pigeonneaux mâles soumis à différents régimes photopériodiques (n=5)

Thyroxine

Entre le début et la fin de la période expérimentale, le taux moyen de thyroxine plasmatique diminue de manière significative chez les animaux du lot témoin (P<0.05) et de manière très significative (P<0.01) chez ceux du lot 3 (éclairage continu). Par ailleurs, il augmente significativement pour le lot 2 soumis à des jours courts (Fig. 8).

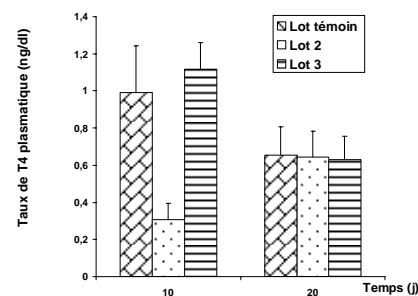


Figure 8: Taux moyen de T4 plasmatique (ng/dl) chez les pigeonneaux mâles soumis à différents régimes photopériodiques (n=5)

4. DISCUSSION

L'exposition des pigeonneaux à un éclairage naturel entraîne une augmentation du volume testiculaire au moment de la puberté. En éclairage continu (24 L -00 D), cette augmentation est encore plus importante, contrairement au lots dont les animaux sont soumis à des jours courts (08L - 16D) où une importante régression gonadique a été observée. Ces observations confirment l'effet de l'allongement de la durée du jour sur le déclenchement de la phase de maturité sexuelle. Les résultats issus de la présente étude montrent que l'augmentation du volume testiculaire est proportionnelle à la durée de la photopériode. Des observations similaires ont été reportées, sur des pigeons adultes, d'où l'exposition à un éclairage continu (24L-00D) induit une régression gonadique à la 4ème semaine alors que pour un régime lumineux moins long (18L-06D), la phase photoréfractaire ne commence qu'au bout de 10 semaines [24, 25]. Ceci indique que la durée de l'activité sexuelle est inversement proportionnelle à la photopériode et cette relation caractérise la plupart des oiseaux sauvages à reproduction saisonnière [9, 10].

Sur le plan endocrinien, la photostimulation de l'axe hypothalamohypophysaire - gonadique entraîne une libération accrue de Gn RH qui stimule la sécrétion de LH et FSH, induisant la croissance testiculaire [26]. A titre d'exemple, l'exposition des étourneaux *Sturnus vulgaris* à un régime photopériodique long (18L : 06D) entraîne une forte libération de gonadotrophines et par conséquent une recrudescence gonadique [15]. Ceci explique l'augmentation du taux sanguin de testostérone chez les individus des deux lots soumis à une photopériode naturelle et à un éclairage continu qui ont un volume testiculaire important, signe d'une intense activité sexuelle, contrairement aux pigeonneaux soumis à des jours courts

dont les gonades sont atrophiées, d'où la baisse du niveau de testostérone.

Par ailleurs, il a été montré que la glande thyroïde intervient dans la régulation de la reproduction saisonnière [10, 27]. Les résultats obtenus montrent que, chez les pigeonneaux du lot témoin, le taux plasmatique de T4 diminue en fin d'expérimentation, à l'inverse des animaux soumis à des jours courts où la T4 plasmatique augmente. De plus, le profil de la thyroxine plasmatique des pigeonneaux élevés en éclairage continu est identique à celui du lot témoin (photopériode naturelle), mais à une concentration plus faible. Ceci suggère que la T4 a un effet anti-gonadotrope, et qu'elle augmente chez les animaux soumis à des jours courts qui présentent une régression testiculaire. Au contraire, la diminution de T4 est accompagnée par une augmentation du volume testiculaire (pigeonneaux élevés soit en photopériode naturelle, soit en éclairage continu). Dans ce contexte, il a été montré chez le pigeon domestique *Columba livia* [22], sur la caille Japonaise *Coturnix coturnix japonica* [14], et sur l'étourneau *Sturnus vulgaris* [16], qu'un traitement par la T4 exogène inhibe la croissance des gonades, ce qui valide nos résultats. Le mécanisme par lequel la thyroxine agit sur le système neuroendocrinien reste inconnu. Néanmoins, deux hypothèses peuvent être avancées. La première concerne le système de mesure de la photopériode, et il semblerait que sa durée est sous estimée par rapport à ce qu'elle est réellement. La seconde hypothèse stipule que les hormones thyroïdiennes, notamment, la thyroxine, agit par un mécanisme inconnu sur les cellules sécrétrices de la Gn-RH hypothalamique de façon que l'élévation en thyroxine plasmatique inhibe la synthèse et la libération de la Gn-RH, et par conséquent le développement gonadique.

De plus, la baisse du taux de glucose plasmatique en fin d'expérimentation chez

les animaux soumis à une photopériode naturelle ou à un éclairage continu, peut s'expliquer par une intense activité sexuelle, nécessitant plus d'énergie. Par contre, la légère augmentation du taux de glucose plasmatique chez les individus soumis à un régime photopériodique de 08L : 16D, serait liée à la régression gonadique causée par ces jours courts.

De faibles variations du poids corporel ont été enregistrées au cours de cette expérimentation. On observe notamment une augmentation non significative du poids corporel des individus des pigeonneaux élevés en éclairage continu ou soumis à des jours courts, qui serait due à l'abondance alimentaire et la richesse en protéines. Il est à remarquer que les animaux expérimentaux sont jeunes et en pleine croissance, alors que les individus du lot témoins ont subi une légère baisse de poids non significative, qui serait en rapport avec les conditions expérimentales.

Enfin, les taux plasmatiques de cholestérol et de triglycérides subissent d'importantes variations. Du point de vue biochimique, les lipides sont considérés comme étant une source secondaire d'énergie : c'est ce qui a été démontré chez les oiseaux [28]. Donc l'élévation du taux de cholestérol et de triglycérides chez les animaux du lot témoin (photopériode naturelle) est expliquée par le fait que les lipoprotéines ou le cholestérol sont chargés d'évacuer les triglycérides vers les lieux de stockage, dont les tissus adipeux et les muscles. Le cholestérol est utilisé dans l'organisme pour la synthèse d'hormones stéroïdes qui peuvent, par effet rétrograde, inhiber la synthèse des hormones hypophysaires et par conséquent la croissance testiculaire, ce qui explique la diminution du taux moyen de cholestérol chez les individus soumis à des jours courts. Par ailleurs l'augmentation du taux plasmatique de triglycérides chez les animaux de ce lot n'était pas attendue, mais elle paraît être due à des

perturbations hormonales qui entraînent une altération des niveaux plasmatiques en triglycérides et c'est le même phénomène qui est observé au niveau du lot 3 (éclairage continu) pour les triglycérides. Mais pour les animaux de ce lot (24D : 00L), cette baisse serait due au fait que le cholestérol est le précurseur d'hormones sexuelles et comme l'activité reproductive dans ce lot est maximale, le cholestérol diminue.

5. CONCLUSION

La photopériode est un facteur déterminant dans le déclenchement et l'arrêt de l'activité sexuelle du pigeon, espèce exclusivement photopériodique. Sa reproduction, stimulée par l'allongement de la durée du jour, finit par une phase photoréfractaire, durant laquelle les animaux ne peuvent plus répondre aux variations des jours longs d'été. La perturbation du mécanisme de mesure de la photopériode, ou des sécrétions de l'axe hypothalamo – hypophysaire – gonadique entraîne la régression testiculaire. Le taux de T4 plasmatique montre l'implication de la glande thyroïde dans la régulation de la reproduction saisonnière chez les pigeons. Quand la photopériode est modifiée, il en résulte :

- un déséquilibre dans les niveaux de testostérone, qui perturbe le développement des testicules ;
- une perturbation du métabolisme, comme le montre l'analyse biochimique du sang.

Les mécanismes de la reproduction saisonnière chez les oiseaux demeurent encore complexes, et il serait intéressant d'envisager des études plus poussées sur l'action de la T4 exogène et de la LH sur l'axe hypothalamo-hypophysaire-gonadique, particulièrement chez les animaux impubères.

REFERENCES

- [1] J.C. Welty, B. Winsconsin, *Life of birds*, Press of W.B. Saunders Company, U.S.A., 1962.

- [2] W. Rowan, *Relation of light to bird migration and development changes*, Nature, Vol. 115, 1925, p.494-496.
- [3] J. Thimonnier, *Photopériode et reproduction*, INRA, Prod. Anim. Montpellier, Vol. 9(1), 1996, p.3-8.
- [4] B.K. Follet, *Circadian rhythms and photoperiodic time measurement in birds*, J. Reprod. Fertil. Suppl., Vol. 19, 1973, p.15-18.
- [5] M. Jallegeas, N. Bons, J.Y. Daniel, L. Assenmacher, *The endocrine control of the reproductive cycle in male ducks*, Pavo., Vol. 6, 1978, p.67-68.
- [6] B.K. Follet, J.E. Robinson, *Photoperiod and gonadotrophin secretion in birds*, Prog. Reprod. Biol., Vol. 5, 1980, p.39-61.
- [7] P.J. Hart, E.L. Sequines, K.J. Imel, T.M. Nett, *Seasonal variation in hypothalamic content of gonadotrophinreleasing hormone, pituitary receptors for GnRH, and stimulating hormone in the mare*, Biol. Reprod., Vol. 30, 1984, p.1055-1062.
- [8] T.H. Bissonette, *Studies on the sexual cycle in the birds. Sexual maturity, its modification and possible control in the European Starlings (Sturnus vulgaris)*. An. J. Anal., Vol. 55, 1931, p.289-292.
- [9] D.S. Farner, R.S. Donham, K.S. Matt, P.W. Mattocs Jr., M.C. Moore, J.C. Wingfield, *The nature of refractoriness In Avian endocrinology: environment and ecological perspectives*, B.K. Follet, S. Ishu, E. Achandola, 1988, Eds. Mikami. S. Homma, Tokyo, Japan Scientific Societies Press, 1983, p.149-166.
- [10] T.J. Nicholls, A.R. Goldsmith, A. Dawson, *Photorefractoriness in male and female starlings (Sturnus vulgaris) on artificial photoperiods*. J. Endocrinol., Vol. 91, 1988, p.253-260.
- [11] A. Dawson, A.R. Goldsmith, *Plasma prolactin and gonadotrophins during gonadal development and the oviset of refractoriness in male and female Starlings (Sturnus vulgaris) on artificial photoperiod*. J. Endocrinol., Vol. 91, 1983, p.253-260.
- [12] A.R. Goldsmith, T.J. Nicholls, *Prolactin is associated with the development of photorefractoriness in intact, castrated and testosterone implanted Starlings Sturnus vulgaris*. J. Endocrinol., Vol. 104, 1984, p.99-103.
- [13] A.R. Goldsmith, C.K. Edwards, M. Kopraku, R. Silver, *Concentration of prolactin and luteinising hormones in plasma of copgland*. J. Endocrinol., Vol. 90, 1981, p. 437-443.
- [14] B.K. Follet, T.J. Nicholls, C.R. Mayers, *Thyroxin can mime photoperiodically induce gonadal growth in Japenese Quail*. J. Comp. Physiol., Vol. B 157, 1988, p.829-835.
- [15] A.R. Goldsmith, W.E. Ivings, A. Pearce Kelly, D.M. Parry, G. Plowman, T.J. Nicholls, B.K. Follet, *Photoperiodic control of the development of LH-RH neurosecretory system of European Starlings (Sturnus vulgaris) during puberty and on set of photorefractoriness*. J. Endocrinol., Vol. 22, 1989, p.210-217.
- [16] M.S. Boulakoud, W.E. Ivings, A.R. Goldsmith, *Thyroxin treatment prevents the development of photosensitivity in European Starling Sturnus vulgaris*. J. Comp. Physiol., Vol. B. 161, 1991, p.516-520.
- [17] J. Benoît, *Etude de l'action des radiations visibles sur la gonadostimulation et de leur pénétration intracrânienne chez les oiseaux et les mammifères. In La photorégulation de la reproduction chez les oiseaux et les mammifères*. J. Benoit, A.R. Assenmacher, 1991. Eds. CNRS. Paris.
- [18] M.S. Boulakoud, A.R. Goldsmith, *Acquisition of photosensitivity in castrated male Starlings (Sturnus vulgaris) under short days photoperiod*. J. Fertil., Vol. 100, 1994, p.77-79.

- [19] A. Dawson, B.K. Follett, A.R. Goldsmith, and T.J. Nicholls, *Hypothalamic gonadotrophin-releasing hormone and pituitary and plasma FSH and prolactin during photostimulation and photorefractoriness in intact and thyroidectomized starlings (Sturnus vulgaris)*, J. Endocrinol., Vol 105, Issue 1, 1985, p.71-77.
- [20] L. Thomas, *Determination of cholesterol in blood using cholesterol oxydase*. Cli. Biochimie. Lab. Diag., 4^{ème} ed., 1992.
- [21] N. Jacobs, P.J. Van Denmark, Arch. Biochimie Biophysique, Vol. 88, 1975, p.250-255. [22] Trinder, *Determination of glucose in blood, using glucose oxydase with an alternative oxygen acceptor*. Cli. Biochimy., Vol. 6, 1969, p.24.
- [23] N. Biuret, R.J. Henry, D.C. Cannon, J.W. Winkelman, *Clinical chemistry, principles and techniques*. Harper and Row. 2nd ed., 1974.
- [24] K. Souda, *Influence de l'Andalin et du Manebe sur l'activité sexuelle, le niveau de thyroxine et certains paramètres biochimiques sanguins chez le pigeon domestique Columba livia*. Thèse de Magister. Institut de Biologie. Département de biologie Animale. Université d'Annaba, 1997, p.92.
- [25] Y. Lechekhab, *Rôle de la photopériode et de la thyroxine dans la régulation de la reproduction chez le pigeon domestique Columba livia*. Thèse de Magister. Institut de Biologie. Département de biologie Animale. Université d'Annaba, 1997, p.74.
- [26] B.K. Follet, S.L. Maung, *Rate of testicular maturation in relation to gonadotrophin and testosterone levels in Quail exposed to various artificial photoperiods and to natural day lengths*. J. Endocrinol., Vol. 78, 1978, p.267-280.
- [27] B.K. Follet, T.J. Nicholls, *Photorefractoriness in Japanese Quail: Possible involvement of the thyroid gland*. J. Exp. Zool., Vol. 232, 1984, p. 573-580.
- [28] A. Ayer, *Tissue lipoprotein lipase activity and its action in lipoprotein metabolism*. Int. J. Biochem., Vol. 13, 1981, p.525-541.