

INFLUENCE DU FACTEUR VITAMINIQUE A (Axérophtol ou carotène d'huile de palme associé au tocophérol) SUR LA PONTE ET LES PHÉNOMÈNES DE REPRODUCTION CHEZ LA POULE

PAR

G. CHARLET-LERY, A. C. FRANÇOIS et A. M. LEROY (1)

Laboratoire de Recherches Zootechniques, Institut National Agronomique

INTRODUCTION

Les besoins en vitamine A des poules pondeuses et reproductrices ont fait l'objet de nombreuses études qui ont permis de fixer les normes optima pour la couverture de ces besoins : 7 300 U. I., soit environ 2 500 γ de vitamine A par kg de nourriture consommée. Les besoins en vitamine peuvent être aussi couverts à l'aide du carotène, ou provitamine A, mais la transformation incomplète des provitamines en vitamine A dans l'organisme animal conduit à utiliser d'assez fortes doses de carotène. Pour la croissance, 1 U. I. de β -carotène équivaut à 1 U. I. de vitamine A. A poids égal, l'axérophtol est donc sensiblement deux fois plus actif que le carotène.

Cependant ce dernier produit peut se trouver sur le marché dans des conditions économiques telles qu'il est intéressant de l'utiliser ; le concentrat de carotène extrait des huiles de palme répond entre autres produits à ces conditions.

L'action synergétique du tocophérol et de la vitamine A (5) ou du carotène (10) (11) signalée par quelques auteurs chez le rat et observée par nous-mêmes dans de précédentes expériences nous a conduits à vérifier si cette action pouvait être mise en évidence dans le cas des poules pondeuses et reproductrices, afin de permettre en améliorant l'utilisation de la vitamine A et du carotène d'apporter un perfectionnement rentable à l'alimentation des volailles de nos basses-cours.

Ceci nous a conduits à établir 4 lots expérimentaux dont les besoins en vitamine A étaient couverts :

par du carotène	lot I
par du carotène additionné de tocophérol.....	lot II
par de la vitamine A	lot III
par de la vitamine A additionnée de tocophérol.....	lot IV

(1) Avec la collaboration technique de A. BOUCHARDEAU, M. NAVILLE et J. PIHET.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

A. — Cheptel

Nous avons constitué 4 lots homogènes parmi les Gatinaises de la Station avicole de Saint-Leu-La-Forêt. Chaque lot comprenait de 10 à 12 poulettes de 6 mois prêtes à entrer en ponte et 4 poules à leur deuxième année de ponte. Les animaux étaient répartis en fonction de leur état de développement corporel et de leur origine, notamment selon les performances de ponte de leur ascendance.

Par suite de 3 décès accidentels en cours d'expérience, nous avons établi nos résultats finaux sur :

Lot I	10 poulettes	4 poules
Lot II	12 poulettes	4 poules
Lot III	11 poulettes	4 poules
Lot IV	10 poulettes	0 poule

Il n'y avait pas de poules de 2^e année dans le lot IV. Chaque lot comprenait en outre 2 coqs qui ont reçu la même alimentation que les poules.

La ponte des animaux était contrôlée journallement au nid-trappe et une pesée hebdomadaire nous a permis de suivre les variations individuelles de poids.

B. — Alimentation

Les animaux consommaient à volonté un aliment dont la composition est indiquée ci-après, ce régime était complété le soir par une distribution d'avoine représentant, en poids, le tiers de la pâtée consommée. Les quantités d'avoine distribuées étaient ajustées de semaine en semaine suivant la consommation observée la semaine précédente.

Nous avons établi un mélange d'après la formule ci-dessous, où nous avons réduit ou supprimé les éléments les plus riches en carotène :

Mais	20
Orge.....	30
Tourteau de soja	7
» d'Arachide	7
» de lin.....	2
» de tournesol décortiqué.....	7
Farine de luzerne	3
Farine de viande	6
Farine de poisson	2
Levure de distillerie.....	5
Calcaire moulu	5,97
Farine d'os.....	4
CINa iodé	1
Carbonate de Mn.....	0,03

Cet aliment composé et l'avoine correspondaient aux analyses suivantes :

	Aliment composé	Avoine
Matière sèche	893	858
Matières azotées.....	204	113
Matières grasses	40	56
Matières cellulosiques	55	79
Matières minérales.....	125	30
Acidité	3,1	—
Extractifs non azotés	469	580
U. F.....	0,91	0,81

Le mélange de la pâtée avec le tiers de son poids d'avoine composait une ration totale apportant 18 % de matières azotées par kg.

Les animaux étaient dans des parquets absolument dépourvus de verdure. La ration apportait 1 200 U. I. de vitamine D₃ par kg, et la moitié de l'avoine était donnée après germination. Une fois par semaine la distribution des vitamines était supprimée et remplacée par l'introduction dans la pâtée d'un mélange de soufre et de charbon de bois.

C. — L'apport vitaminique

MODE DE DISTRIBUTION ET DOSES UTILISÉES

La répartition préalable des vitamines ou provitamines A dans la masse des aliments entraîne obligatoirement une oxydation parfois très rapide de ces dernières, ce qui ne permet pas de connaître les doses réellement ingérées par les animaux. Nous avons recherché un système de distribution commode, mais permettant néanmoins une consommation très rapide des vitamines.

Il est d'observation courante que les poules sont particulièrement friandes de grains ; elles consomment l'avoine très rapidement lorsqu'on la leur distribue sur le sol. Nous avons donc réparti les vitamines sous forme huileuse dans l'avoine juste avant sa distribution, ce qui réduisait au minimum le temps pendant lequel ces produits pouvaient s'oxyder. Après avoir fait tomber les gouttes d'huile sur la masse d'avoine à distribuer, celle-ci était remuée soigneusement, ce qui répartissait une mince pellicule d'huile sur la majorité des grains. La loi des grands nombres permet d'admettre que chaque animal recevait exactement sa ration, puisque les 30 g d'avoine que consommait en moyenne chaque bête représentait environ un millier de grains, dont un pourcentage à peu près constant se trouvait enrobé d'huile.

Ceci nous a permis de diminuer de moitié les doses classiquement recommandées pour éviter une surcharge vitaminique, qui aurait pu empêcher la mise en évidence du rôle de la vitamine E. Les réactions de

nos animaux et les dosages effectués dans les œufs semblent montrer, comme nous le verrons à la fin de ce rapport, que les doses utilisées étaient pratiquement satisfaisantes.

Les solutions huileuses de vitamines ont été faites à partir des produits purs concentrés dilués dans de l'huile d'arachide. Pour le carotène nous sommes partis d'un concentrat d'huile de palme contenant 15 % de carotène exprimé en β carotène, pour la vitamine A, de palmitate de vitamine A à 800 000 unités internationales par g, et pour la vitamine E, de *d-l- α* tocophérol pur.

Pour ce dernier produit, la quantité distribuée apportait autant de tocophérol que l'introduction dans la ration total de 4 % de germes de blé.

Le tableau I indique les quantités de ces vitamines distribuées au cours de l'expérience en supplément de la ration de mélange et de grain.

TABLEAU I

Quantités de vitamines distribuées au cours de l'expérience

	Carotène (en γ par kg d'aliment complet consommé)	Vitamine A	Tocophérol
Lot I.....	4 030	—	—
Lot II.....	4 380	—	5 580
Lot III.....	—	1 350	—
Lot IV.....	—	1 270	5 950

Les quantités de vitamines distribuées chaque semaine étaient réglées d'après les consommations pondérales d'aliments observées la semaine précédente pour chacun des lots de volailles. En raison de cette méthode, les variations hebdomadaires de consommation dans chacun de ces lots ont entraîné dans la supplémentation en vitamines les différences qu'indique le tableau I. Ces différences sont suffisamment faibles pour qu'il n'y ait pas lieu d'en tenir compte.

L'aliment lui-même apportait 0,76 mg de carotène par kg, ce qui entraîne la correction du tableau II.

TABLEAU II

Quantités de vitamines réellement consommées au cours de l'expérience

	Carotène (en γ par kg d'aliment complet consommé)	Vitamine A	Tocophérol
Lot I.....	4 790	—	—
Lot II.....	5 140	—	5 580
Lot III.....	760	1 350	—
Lot IV.....	760	1 270	5 950

Nous n'avons pas tenu compte de l' α Tocophérol apportée par la ration, par suite de l'imprécision des méthodes actuelles de dosage de ce produit dans un mélange.

RÉSULTATS

Etat de santé

Les animaux ont toujours été en bon état de santé et il ne semble pas que les accidents signalés plus haut puissent avoir pour origine des déficiences diététiques.

Poids

Le poids moyen des animaux s'est maintenu en moyenne pour toute la durée de l'étude nettement au-dessus de 2 kg :

Pour le lot I.....	2,30 kg
Pour le lot II.....	2,34 kg
Pour le lot III.....	2,35 kg
Pour le lot IV.....	2,35 kg

Ponte

Le tableau suivant donne les résultats moyens par poule et par lot pour les 48 premières semaines de ponte :

TABLEAU III

	Lot I	Lot II	Lot III	Lot IV
Poules de 1 ^{re} année.....	143	139	138	156
Poules de 2 ^e année.....	130,5	125	117	—

Par suite de la dispersion des résultats, les différences entre ces données ne sont pas significatives. Il semble donc que les doses de vitamines distribuées dans les 4 lots aient eu les mêmes effets sur la ponte ; on sait en effet que seule une carence sévère en vitamine A peut modifier le taux de ponte (13).

Contrôle de la consommation

Les distributions de pâtée et d'avoine ont été journellement notées pendant toute l'expérience. Mais il semble difficile de s'appuyer, du moins pour la pâtée, sur les valeurs ainsi trouvées pour en déduire la consommation qui apparaît nettement supérieure aux besoins théoriques des animaux, par suite du gaspillage.

La consommation observée dépasse en effet la consommation théorique calculée d'après le poids moyen des animaux et la production d'œufs en nombre et en poids de :

- 26 % dans le lot I,
- 15,6 % dans le lot II,
- 15,6 % dans le lot III,
- 29 % dans le lot IV.

Les causes d'erreurs ne peuvent avoir joué très différemment sur les quatre lots et les valeurs nettement plus élevées dans les lots I et IV, semblent indiquer une moins bonne utilisation des principes nutritifs dans ces lots.

Phénomènes de reproduction et teneurs en vitamine A et en carotène des jaunes

1° LES ÉCLOSIONS

Le tableau IV donne les résultats des incubations que nous avons effectuées avec des œufs issus de nos différents lots :

TABLEAU IV

Résultats des incubations

	nombre d'œufs	œufs clairs % (1)	Embryons morts au cours de l'incubation %	Œufs éclos %	% d'éclosion sur les œufs fécondés
Lot I.....	229	19,2	21,8	59,0	73
Lot II.....	210	14,75	20,5	64,75	76
Lot III.....	232	3,9	25,5	71,0	74
Lot IV.....	234	4,7	36,3	59,0	62

Nous ne détaillons pas le pourcentage d'embryons morts suivant l'époque d'incubation, car les différents lots ont réagi de façon pratiquement identique, sauf le lot IV dans lequel beaucoup d'embryons sont morts après le 15^e jour.

Les lots recevant de la vitamine A se différencient très nettement de ceux recevant du carotène par le pourcentage d'œufs clairs trouvés au cours des incubations. Ces différences, comme nous le verrons par la suite, peuvent s'expliquer par les variations dans la teneur en vitamine des jaunes d'œufs.

Notons encore que le pourcentage d'éclosion des œufs fécondés est voisin dans tous les lots, sauf pour le lot IV où, les embryons morts en fin d'incubation ont été particulièrement nombreux. Le résultat se trouve en contradiction avec les théories émises par CARD, MITCHELL et HAMILTON (2) et devenues classiques. Pour ces auteurs, le tocophérol améliore les résultats d'incubation en diminuant le nombre d'œufs clairs. HOLMES et CRAVENS (7) par contre, ne constatent pas d'amélioration, ce qui confirme les résultats de nos essais actuels. Ces observations sont apparemment contradictoires. Notons pour expliquer ces différences que seuls, CARD et ses collaborateurs sont partis d'un régime alimentaire totalement dépourvu de tocophérol grâce à un traitement chimique approprié.

(1) Nous appelons œufs clairs tous les œufs qui, au premier mirage effectué le cinquième jour de l'incubation, n'ont pas montré de point germinatif.

2° TENEUR EN VITAMINE A ET EN CAROTÈNE DES ŒUFS

Nous avons, à plusieurs reprises au cours de l'expérience, prélevé 10 œufs par lot, toujours issus des mêmes poules sur lesquels nous avons procédé au dosage de la vitamine A et du carotène, à l'aide de la méthode suivante :

Dosage de carotène et de la vitamine A dans les œufs

Les dosages sont effectués sur les jaunes. On effectue d'une part le dosage du carotène après séparation des xanthophylles et d'autre part le dosage de la vitamine A au moyen de la réaction de Carr et Price modifiée par MEUNIER et RAOUL (9).

A. — *Carotène*

A 5 g de jaune, ajouter 10 g de KOH dans 45 cc d'eau et 50 cc d'alcool à 95°. Saponifier deux heures au bain-marie bouillant, sous réfrigérant à reflux. Après refroidissement, extraire par des fractions de 50 cc d'éther de pétrole (P. E. 50-70) jusqu'à ce que l'extrait soit incolore. Laver cet extrait à l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau de lavage soit neutre. Concentrer l'extrait à 50 cc. Pour extraire les xanthophylles, ajouter un égal volume d'alcool méthylique à 85 %. Décanter et continuer les extractions jusqu'à ce que la couche inférieure demeure incolore. Terminer par un lavage à l'alcool méthylique à 90 %. Laver l'extrait à l'eau. Sécher sur sulfate de sodium anhydre. Filtrer et évaporer d'abord au bain-marie. Transvaser l'extrait dans un petit cristalliseur et terminer l'évaporation sous vide. Reprendre l'insaponifiable par du chloroforme, ajuster à un volume connu dans une fiole jaugée (5 à 10 cc). La mesure de l'absorption lumineuse est effectuée à l'aide de l'électrophotomètre de MEUNIER (écran 47). La cuve de 25 mm de traversée est utilisée. On y place 0,5 cc d'extrait chloroformique et 2 cc de chloroforme.

B. — *Vitamine A*

Sur une autre portion de 5 g de jaune, procéder à la saponification, à l'extraction par l'éther de pétrole et au lavage de l'extrait comme ci-dessus.

Sécher cet extrait sur sulfate de sodium anhydre ; filtrer, évaporer l'éther de pétrole d'abord au bain-marie puis terminer l'évaporation sous vide. Reprendre l'insaponifiable par 10 cc de chloroforme. Placer dans la cuve 0,5 cc d'extrait chloroformique, une goutte d'anhydride

acétique, puis 2 cc de réactif de Carr et Price. Mesurer l'absorption lumineuse (écran 60 de l'électrophotomètre de MEUNIER) et suivre son évolution dans le temps.

Il convient d'effectuer une correction pour la coloration due au carotène. Celle que RAOUL et JANOT (II) ont proposée pour le sang a été appliquée. Toutes les opérations du dosage sont faites à l'abri de la lumière.

Six séries de dosages ont été effectuées au cours de l'année. Les résultats sont exprimés en unités internationales de vitamine A ou en microgrammes de carotène pour 100 g de jaune d'œuf. Le poids moyen des jaunes était sensiblement le même dans tous les lots (18 gr. 55; 18 gr. 14; 18 gr. 55; 18 gr. 56). Les tableaux V et VI et les figures 1 et 2 donnent les valeurs obtenues au cours des dosages :

TABLEAU V

Teneur moyenne en vitamine A

Date moyenne de la récolte des œufs	U. I. par 100 g de jaune			
	Lot I	Lot II	Lot III	Lot IV
20 décembre	506	596	1 250	1 070
1 ^{er} mars	760	720	1 340	1 230
11 avril.....	876	700	1 120	1 246
7 mai	800	800	1 540	1 040
5 juin	700	780	1 140	1 070
10 juillet	668	840	1 178	1 414
Moyenne	716	734	1 247	1 178

TABLEAU VI

Teneur moyenne en carotène

Date approximative de la récolte des œufs	microgrammes par 100 g de jaune			
	Lot I	Lot II	Lot III	Lot IV
10 décembre	184	168	194	154
1 ^{er} mars	170	220	190	228
11 avril.....	130	92	123	104
7 mai	132	168	88	74
5 juin	176	160	22	54
10 juillet	114	100	82	46
Moyenne	151,0	151,3	116,5	110,0

L'étude de ce dernier tableau montre, pour les lots recevant du carotène, une constance dans la teneur en provitamine des œufs. Au contraire, chez les animaux dont les besoins sont couverts directement par la vitamine A, on observe une diminution du stock de carotène reflétée par des teneurs de plus en plus faibles de provitamine.

La présence de tocophérol ne modifie pas significativement ces résultats.

L'étude concernant les teneurs en vitamine A des œufs se révèle plus riche en renseignements utiles. Notons en premier lieu que les résultats ne sont pas significativement différents entre les lots I et II qui

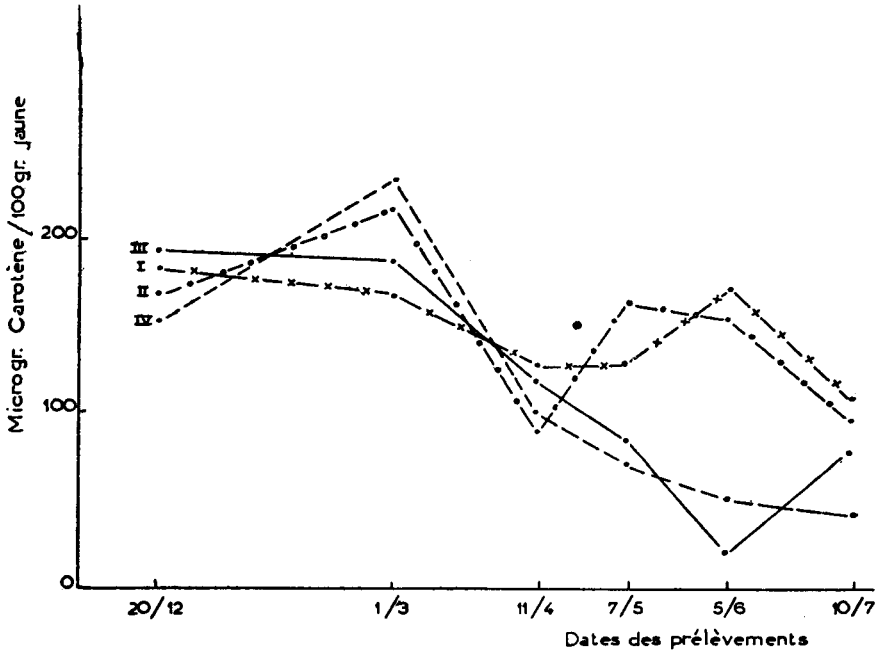


FIG. 1.

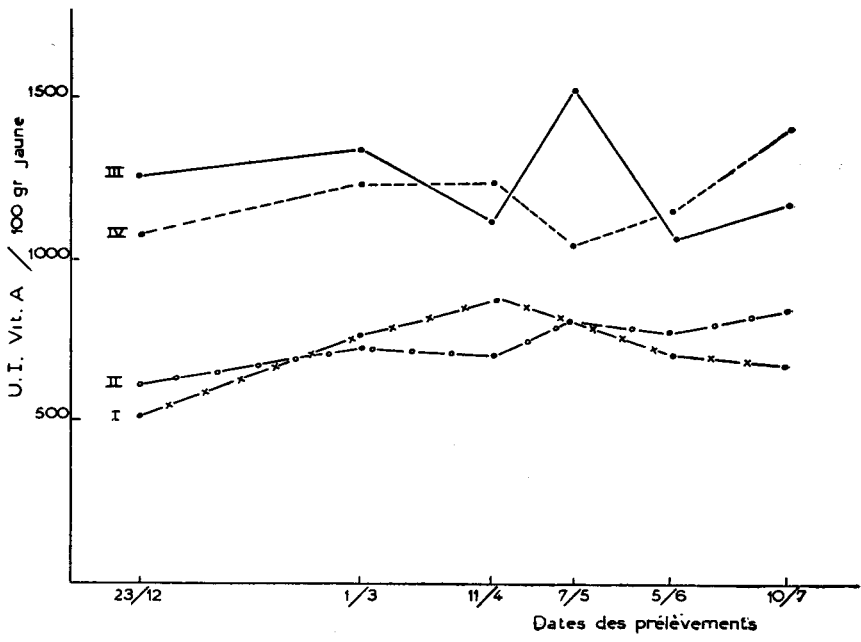


FIG. 2.

reçoivent tous deux du carotène ($t = 0,3$), d'une part et entre les lots III et IV qui reçoivent tous deux de la vitamine A ($t = 0,8$) d'autre part.

Il ne semble donc pas que l'apport supplémentaire du tocophérol à la dose que nous avons employée possède une action quelconque sur la teneur des œufs en vitamine A.

Le rapprochement des tableaux IV et V que nous matérialisons dans le tableau VII montre une relation très nette entre la teneur des œufs en vitamine A et le pourcentage d'œufs clairs dans chacun des lots.

TABLEAU VII

Lot	Nombre d'œufs mis à couvrir	Teneur des œufs en vitamine A U. I./100 g jaune	% œufs clairs
I	229	716	19,2
II	210	734	14,75
III	232	1 247	3,9
IV	234	1 178	5,7

Pour préciser la relation qui peut exister entre ces deux séries de données, nous avons rapproché le pourcentage d'œufs clairs obtenu pour chaque incubation et pour chaque lot du dosage de vitamine A effectué à la date la plus voisine (deux ou trois semaines au maximum) de chacune de ces incubations.

Ces résultats sont consignés dans le tableau VIII et traduits graphiquement par la figure 3.

TABLEAU VIII

	Teneur des œufs en vitamine A U. I. 100 g jaune	% d'œufs clairs
Lot I	760	16,3
	876	16,7
	800	12,5
	700	41,5
Lot II	700	9,45 ⁽¹⁾
	800	9,9
	780	26,1
Lot III	1 340	2,4
	1 120	5,0
	1 540	3,4
	1 140	4,7
Lot IV	1 230	10,3
	1 246	1,5
	1 040	5,25
	1 070	3,0

L'étude statistique de ces données montre que la relation qui les lie les unes aux autres est significativement plus proche d'une relation hyperbolique que d'une relation exponentielle.

(1) Cette valeur relativement faible peut s'expliquer, peut-être, par l'introduction de deux coqs d'origine extérieure et non préalablement soumis au régime.

Le pourcentage d'œufs non fécondés est donc lié à la teneur des œufs en vitamine A par une relation hyperbolique du type :

$$y = \frac{A}{x} + B.$$

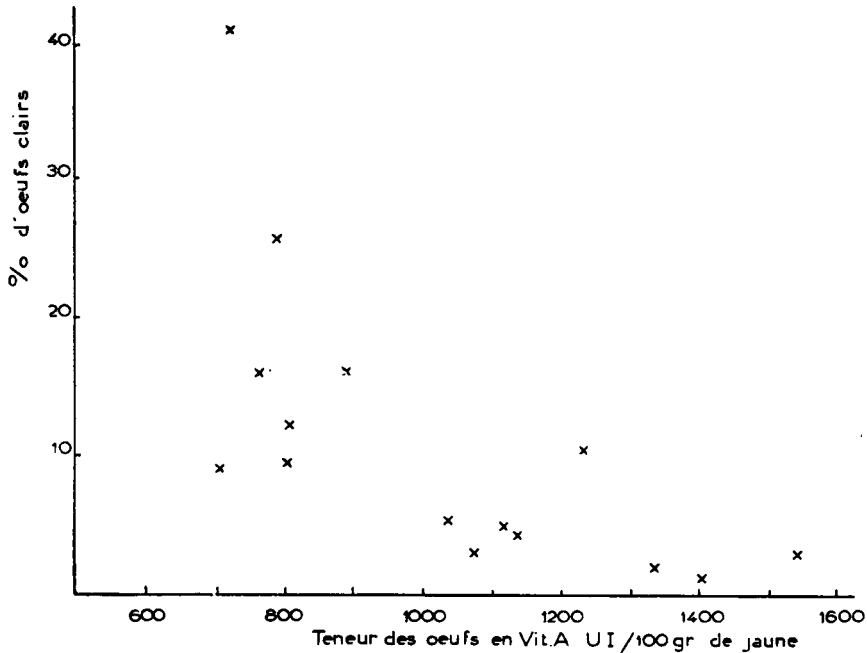


FIG. 3.

VIGUEUR DES POUSSINS

Nous avons suivi la croissance d'un certain nombre de poussins issus de nos 4 lots expérimentaux ; il n'est pas apparu de différence significative dans les poids successifs des animaux. A 1 mois 1/2 tous les poussins répartis indifféremment dans les divers plateaux de l'éleveuse et nourris dans les mêmes conditions pesaient en moyenne 540 g.

DISCUSSION

Quantité de vitamines distribuées

Le mode de distribution mis au point nous a permis d'obtenir une consommation pratiquement immédiate des vitamines avant que puissent se produire les phénomènes d'oxydation. Ceci nous a conduit à réduire les quantités de vitamines A et de carotène distribuées dans des proportions assez considérables, comme le montrent les tableaux I et II. Ces

quantités relativement faibles ont permis cependant de mettre très nettement en évidence les différents niveaux de sélection de nos volailles dont une souche avait été moins améliorée que l'autre :

Souche I	moyenne : 134 œufs (en 48 semaines)
Souche II	moyenne : 156 œufs —

Ces deux valeurs sont significativement différentes ($t = 3,0$).

Nous avons essayé sur quelques volailles non soumises à cette expérience une survitamination massive pour rechercher dans quelle mesure la teneur en vitamine A des œufs pouvait être augmentée.

Sept poules gatinaises en bon état de santé et de ponte ont reçu un régime alimentaire identique à celui décrit précédemment. La ration d'huile de foie de poisson leur apportait 26 000 U. I. de vitamine A par kg d'aliment complet. Pâtée et huile leur apportaient 4 600 U. I. de vitamine D₃. L'huile mise goutte à goutte sur la pâtée sèche a toujours été consommée immédiatement et en totalité par les volailles.

Le résultat moyen du dosage sur les œufs récoltés après 15 jours de survitamination était de 1 520 U. I. de vitamine A par 100 g de jaune. Cette valeur, comparée à la valeur moyenne du lot III (1 247 U. I.) qui a donné la teneur la plus élevée, montre que la quantité élevée de vitamine A ingérée n'a pas permis d'accroître très efficacement la teneur des œufs.

A l'aide des données précédentes, nous avons pu comparer les quantités totales d'axérophtol ou de carotène consommées par les animaux pendant les 48 semaines d'expérience. Les résultats sont donnés dans le tableau IX :

TABLEAU IX

Rapport des quantités d'axérophtol retrouvées dans les œufs aux quantités d'axérophtol ou de carotène consommés par les animaux (en poids).

Rapport	$\frac{\text{axérophtol dans les œufs}}{\text{carotène ingéré}}$	%
Lot I		2,6
Lot II		2,5
Rapport	$\frac{\text{axérophtol dans les œufs}}{\text{axérophtol ingéré}}$	%
Lot III		12,7
Lot IV		10,4

L'utilisation, en poids, du carotène et de la vitamine A pour la production des œufs s'effectue donc dans le rapport de 1 à 4,5 environ. Notons que l'utilisation du carotène par le porc est du même ordre de grandeur.

Le taux de ponte n'est pas affecté lorsque ce rapport s'abaisse, comme dans notre expérience, à 3,3, mais le pourcentage d'éclosion est alors, fortement diminué.

Teneur des œufs en vitamine A

On trouve dans la bibliographie des résultats d'analyse très variables. Toutes les analyses effectuées par la méthode mise au point par SHERMAN donnent l'activité biologique totale et leurs résultats sont très élevés. DEUEL (4) a cité dans son étude les principales d'entre elles.

Dans les travaux plus récents, les méthodes chimiques (CARR et PRICE) ou l'usage du spectrophotomètre ont permis de doser de façon précise la vitamine A et les différents auteurs (BEARSE et MILLER, CRUSCKSHANK et MOORE (3), MANN cité par HOGAN (6), SJOLLEMA et DONATH (13), WITH et WAUSCHER (14)) citent des teneurs en vitamine A qui varient de 600 à 1 700 U. I. par 100 g de jaune d'œuf, résultats qui varient avec les races utilisées, les régimes alimentaires consommés et les suppléments vitaminiques apportés.

Seul DEUEL (4) signale des teneurs en vitamine A nettement plus fortes (dosage effectué au spectrophotomètre Beckman à 326 μ). Pour une ration riche en pigments caroténoïdes, il trouve de 4 640 à 4 850 U. I. de vitamine A par 100 g de jaune, que la ration soit supplémentée ou non en vitamine A, tant que ce supplément n'atteint pas 33 000 U. I. par kg de nourriture consommée. A partir de cette dose la teneur des œufs en vitamine A augmente régulièrement pour atteindre 12 055 U. I. par 100 g de jaune lorsque la supplémentation est de 440 000 U. I. par kg de nourriture.

VERMES, MEUNIER et RAOUL (15) et surtout LISSOT et CARIDROIT (16) qui utilisent une méthode de dosage voisine de la nôtre, aboutissent à des valeurs sensiblement comparables à celles que nous obtenons. LISSOT et CARIDROIT notent que la teneur des œufs de poussins morts en coque, est inférieure à 350 u. I.

Par ailleurs, BEARSE et MILLER (1) ont déjà observé que le pourcentage d'éclosion n'est pas une fonction linéaire du taux de carotène alimentaire.

CONCLUSIONS

1° La distribution très rapide des vitamines facilement oxydables et leur consommation immédiate par la méthode décrite dans ce rapport doit permettre d'abaisser légèrement les normes de besoins en vitamine A.

2° 5 000 γ de carotène ou 1 300 γ de vitamine A (3 800 U. I.) par kg d'aliment consommé ont permis aux volailles de produire des quantités d'œufs parfaitement comparables. Mais il semble préférable d'élever le rapport d'équivalence entre carotène et vitamine A (en poids) à une valeur voisine de 4,5 pour obtenir un taux d'éclosion satisfaisant.

3° La supplémentation vitaminique des différents lots d'animaux

(soit en axérophtol, soit en carotène) a entraîné des variations considérables dans la teneur des œufs en vitamine A et dans le pourcentage d'œufs clairs. Ces deux derniers phénomènes semblent liés par une relation hyperbolique de la forme :

$$y = \frac{A}{x} + B.$$

4° L'addition de tocophérol (5 700 γ par kg de pâtée consommée) n'a pas exercé d'influence significative sur la ponte, sur la teneur des œufs en vitamine A, et sur les phénomènes de reproduction, quel que soit le mode de couverture des besoins de vitamine A.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) BEARSE (G. E.), MILLER (M. W.). — The effect of varying levels of vit. A in the hen ration on the vit. A content of the egg yolk, on hatchability and on chick livability. *Poultry Sci.*, **16**, p. 39 (1937).
- (2) CARD (L. E.), MITCHELL (H. H.), and HAMILTON (T. S.). — Poultry Science Proceedings 32nd Annual Meeting (1930). Further studies on the vitamin E requirements of poultry.
- (3) CRUICKSHANK (E. M.) et MOORE (T.). — Vit. A et carotène. XVI the effect of the administration of large amounts of vit A on the Vita. A content of the hen's egg. *Biochem. J.*, **31**, p. 179 (1937).
- (4) DEUEL et COLL. — Studies and caroténoid métabolisme IV the effect of Vit. A intake on the carotenoid and vitamin A content of the eggs, livern blood and body fat of hens. *J. Nutrition* **26**, 6, p. 673 (1943).
- (5) HICKMAN (K. C. D.), MARIAN WOODSIDE KALEY and PHILIP L. HARRIS. — Action synergétique des concentrés naturels de tocophérols sur la vitamine A. *J. Biol. Chem.*, **303**, p. 152 (1944).
- (6) HOGAN (A. G.). — The vitamin requirements of poultry. *Nutrition abstracts*, **19**, 4, (1950).
- (7) HOLMES (C. E.), and CRAVENS (W. W.). — The effect of feeding wheat germ oil. I — egg production and hatchability. II — Growth age to sexual maturity and egg production. *Poultry Science*, **19**, 5, p. 303-310 et 311-314.
- (8) KÖHN (C. J.). — Relations de l'activité biologique du β carotène et de la vitamine A. *Sp. Exp. d'Agriculture*, Institut Polytechnique d'Alabama.
- (9) MEUNIER (P.) et RAOUL (Y.). — *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **20**, 861 (1938).
- (10) QUACKENBUSH et Coll. — Tocophérol and stability of β carotène. *S. Biol. Cim*, **169**, p. 145 (1942).
- (11) MOORE (T.). — The effect of vitamin E deficiency on the vitamin A reserves of the Rat. *Bioch. J.* **34**, 1321, 1940.
- (12) RAOUL (Y.) et JANOT (M. M.). — *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **23**, 78, (1940).
- (13) SJOLLEMA and DONATH (W. F.). — The vitamin A, carotène and xanthophylle content of the yolk of Hens'eggs. *Bioch. J.*, **34**, n° 5, p. 736 (1940).
- (14) WITH (T. K.) and WANSCHER (O.). — Vitamins, Hormone, 4, p. 341-366 (1943). Statens vitamin lab. Copenhagen. Vitamine A requirement, vit. A and carotène metabolism. and vit A deficiencies symptoms in chickens.
- (15) VERMES (M.), MEUNIER (P.), RAOUL (Y.). — Sur la faible accumulation de la vitamine A dans l'œuf de poule et dans le foie de poussin. *C. R. Ac. Sc.* **209**, p. 578, 1939.
- (16) LISSOT (G.), CARIDROIT (F.). — Rôle de la vitamine A dans la faculté d'éclosion des œufs. *Bulletin Soc. Chim. Biol.* **23**, p. 201, 1941.