



Effet de la consommation de régimes carencés en iode ou contenant de substances goitrigènes ou supposées sur la croissance pondérale de rats Wistar

E. H. TRAORÉ^{1*}, P. A. M. GAYE¹, A. BATHILY¹, F. SOW², E. Y. THIOR³,
A. R. DIARRA¹, J. B. ROGNONI⁴ et E. BASSÈNE⁵

¹ Institut Sénégalais de Recherche Agricole/Laboratoire national de l'élevage et de recherches vétérinaires, BP 2057, Dakar, Sénégal.

² Institut Sénégalais de Recherche Agricole/ Centre de recherche zootechnique de Dahra, Sénégal.

³ Université A. Diop de Bambey/Institut Supérieur de Formation Rurale, Sénégal.

⁴ Université Cheikh Anta Diop de Dakar/Faculté des Sciences et Techniques, Sénégal et Université Aix-Marseille, France.

⁵ Université Cheikh Anta Diop de Dakar/Faculté de Médecine et Pharmacie, Sénégal.

* Auteur correspondant; E-mail: elhadji.traore@isra.sn

Received: 20-11-2021

Accepted: 20-06-2022

Published: 30-06-2022

RESUME

L'activité de la glande thyroïdienne est liée à l'apport de l'iode dont la teneur dans la ration, varie en fonction des éléments qui la composent. Le dysfonctionnement de la thyroïde est donc lié soit un apport excessif ou un déficit d'iode dans la ration et les manifestations du dysfonctionnement thyroïdien sont nombreuses. En cas de déficit d'apport ou d'assimilation, la glande thyroïde devient hypoactive et produit trop peu d'hormones thyroïdiennes. Dans ce cas, il est noté un retard de croissance et divers troubles mentaux, une alopecie et parfois un gain de poids. Tandis qu'en cas d'hyperthyroïdie, les symptômes sont entre autres : le goitre exophtalmique, une hyperactivité, une perte de poids, une diarrhée chronique et parfois une accélération de la vitesse de croissance. La carence tout comme l'excès en iode ont donc des effets sur la croissance. Ainsi, l'effet de régimes alimentaires à base de Remington, déficitaires ou riches en iode ou contenant des substances antithyroïdiennes sur la consommation, la croissance et le comportement des rats a été étudié. L'étude a nécessité 56 rats mâles de souche Wistar, âgés de 4 semaines environ, répartis en 14 lots de 4 individus comme suit : lots B (carence iodée simple) ; C (carence iodée + dénutrition), D (carence iodée + thiocyanate) ; E (carence iodée + thiocyanate + dénutrition) ; F (Propylthiouracile – PTU) ; G (Régime cassava (manioc) + eau distillée) ; H (Régime Brassica + eau distillée) ; I (Remington + eau iodée + sélénium) ; J (témoin d'expérience : Remington + eau iodée) ; K (ration de Remington additionnée de sélénium) ; L (carence iodée + calcium + eau distillée) ; M (Régime mil + eau distillée) et ; N (Régime Nététu + eau distillée). Après 120 jours d'expérience, les rats se sont bien comportés en général. L'évolution pondérale à l'exception de quelques lots, a été globalement positive. Les animaux des lots B, C, D et E ont manifesté une certaine léthargie au milieu de l'expérience (environ deux mois d'expérimentation), qui a disparu une à deux semaines après. Les animaux du lot F (PTU) étaient affaiblis, très affectés par le traitement (consommation d'un régime contenant du PTU), surtout dans la deuxième moitié de l'expérimentation. Tandis que les animaux des lots M et N qui avaient beaucoup grossi, paraissaient peu actifs en fin d'expérience. Aussi, après trois semaines d'expérimentation, il a été noté des cas d'alopecie (chute de poils) chez quelques animaux des lots B, C, D, E, F et I. Ces manifestations ont disparu après un mois d'expérience. Il y'a eu 2,5% de mortalités en 120 jours de traitement. Ce pourcentage plutôt faible, prouve que les conditions expérimentales générales étaient bonnes. Dans l'ensemble, à l'exception des lots E et F, les

animaux se sont adaptés aux différents traitements et ont eu des croissances pondérables positives ; même si des différences significatives sont notées sur les gains moyens quotidiens (GMQ) et les niveaux d'ingestion.

© 2022 *International Formulae Group. All rights reserved.*

Mots clefs : Carence iodée, goitre, rats, régimes alimentaires, Remington, thyroïde.

Effect of consumption of diets deficient in iodine or containing goitrogenic or suspected goitrogenic substances on weight growth of Wistar rats

ABSTRACT

The thyroid gland activity is linked to the supply of iodine, the content of which in the diet varies according to the elements that compose it. Thyroid dysfunction is therefore linked to either an excessive intake or a deficit of iodine in the ration and the manifestations of thyroid dysfunction are numerous. In case of a deficit in intake or assimilation, the thyroid gland becomes hypoactive and produces too little thyroid hormone. In some cases, growth retardation and various mental disorders, alopecia and sometimes weight gain are noted. In the case of hyperthyroidism, the symptoms include exophthalmic goiter, hyperactivity, weight loss, chronic diarrhea and sometimes accelerated growth rate. Both iodine deficiency and excess have effects on growth. Thus, the effect of Remington-based diets, deficient or rich in iodine or containing antithyroid substances on the consumption, growth and behavior of rats was studied. The study involved 56 male *Wistar* rats, approximately 4 weeks old, divided into 14 batches of 4 individuals as follows: B (simple iodine deficiency); C (iodine deficiency + undernutrition), D (iodine deficiency + thiocyanate); E (iodine deficiency + thiocyanate + undernutrition); F (Propylthiouracil - PTU); G (Cassava diet + distilled water); H (Brassica diet + distilled water); I (Remington + iodized water + selenium); J (Experimental control: Remington + iodized water); K (Remington ration supplemented with selenium); L (Iodine deficiency + calcium + distilled water); M (Millet diet + distilled water) and; N (Néu diet + distilled water). After 120 days of the experiment, the rats were generally well behaved. The weight evolution, with the exception of some batches, was globally positive. The animals of batches B, C, D and E showed some lethargy in the middle of the experiment (about two months of experimentation), which disappeared one to two weeks later. The animals of batch F (PTU) were weakened, highly affected by the treatment (consumption of a diet containing PTU), especially in the second half of the experiment. While the animals of the M and N batches, which had grown a lot, seemed to be not very active at the end of the experiment. Also, after three weeks of experimentation, alopecia (hair loss) was noted in some animals of batches B, C, D, E, F and I. These manifestations disappeared after one month of experimentation. There were 2.5% of deaths in 120 days of treatment. This rather low percentage proves that the general experimental conditions were good. Overall, with the exception of batches E and F, the animals adapted to the different treatments and had positive weighted growths; although significant differences were noted on average daily gain (ADG) and feed intake levels.

© 2022 *International Formulae Group. All rights reserved.*

Keywords: Iodine deficiency, goiter, rats, diet, Remington, thyroid.

INTRODUCTION

La synthèse des hormones thyroïdiennes, dépend de l'apport strictement exogène d'iode (50 ug / j pour l'homme) selon Woeber (1991) et Josseume et Lorcy (2008). Cependant, le taux de cet oligoélément varie grandement d'un jour à l'autre dans la ration alimentaire, car l'iode est un élément rare dans l'environnement des animaux terrestres. Aussi, il existe d'autres substances naturelles ou de

synthèses qui peuvent potentialiser ou réduire l'action de l'iode. Donc la carence d'iode peut être une carence d'apport (déficit dans la ration) ou d'assimilation (problème de métabolisme). La carence en iode est rare dans les régions où l'iode est ajouté au sel de table. Cette carence est cependant répandue au niveau mondial. Les personnes qui vivent loin de la mer et en altitude sont particulièrement à risque de carence en iode parce que leur

environnement, contrairement à celui des régions proches de la mer, ne contient que peu ou pas d'iode. La carence en iode est le principal facteur de risque du goitre (Delange et al., 1968 ; Ermans et al., 1969 et Delange et al., 1999 ; Patrick, 2008 ; Fischli, 2013).

Les symptômes d'une hypothyroïdie sont multiples selon qu'il s'agisse d'un déficit ou d'apport excessif d'iode. En cas de carence en iode, la thyroïde grossit et forme un goitre, dans un effort pour capter plus d'iode afin de synthétiser les hormones thyroïdiennes (Aubry, 2014). La glande thyroïde devient hypoactive et produit trop peu d'hormones thyroïdiennes. Il est noté un retard de croissance et divers troubles mentaux, une alopécie et parfois un gain de poids. Alors que les symptômes de l'hyperthyroïdie sont entre autres le goitre exophtalmique, une hyperactivité, une perte de poids, une diarrhée chronique et parfois une accélération de la vitesse de croissance.

Les antithyroïdiens de synthèse ont été longtemps utilisés en médecine surtout contre les pathologies thyroïdiennes. Le thiourée fut utilisé dans le traitement de la toxicologie thyroïdienne, son représentant principal le 6-propyl-2-thiouracile (PTU) est surtout utilisé aux Etats-Unis d'Amérique ; tandis que le 6-méthyl-2-thiouracile (MTU) est lui utilisé en Europe. Le propylthiouracile agit sur le fonctionnement de la thyroperoxydase en formant un complexe long à dissocier. A dose élevée (5mg/100g de poids vif) on observe un blocage de l'organification de l'iodure dans la glande thyroïde (Cooper et al., 1983). Il faut cependant signaler à faible dose, son effet inhibiteur sur la désiodation périphérique de la thyroxine. Les antithyroïdiens de la famille des thiocyanates (SCN⁻) bloquent eux le transport actif de l'iodure par un phénomène d'inhibition compétitive au niveau de ce transport. Il convient de signaler également l'action de certains ions sur le fonctionnement de la thyroïde. Il s'agit notamment du calcium qui induirait soit une stimulation directe sur la thyroïde (Taylor, 1954), soit sur les cellules thyrotropes (Créer, 1950 ; Gutmann et al, 1957 ; Patrick, 2008) ; le cobalt dont l'action hypertrophiante sur la thyroïde fut rapportée par

Kriss et al. (1955) ; le sélénium, qui est connu pour ses effets sur la croissance animale. Muth et al. (1971) ont montré chez un petit primate que la carence en sélénium entraînerait une diminution importante de poids, une perte de poils et une baisse de l'activité physique. L'effet goitrigène du thiocyanate (SCN⁻) a été découvert à partir d'un traitement de patients souffrants d'hypertension artérielle à l'aide de doses de thiocyanate de potassium (Barker, 1936).

A la carence d'iode, se superpose souvent une alimentation essentiellement végétarienne, renfermant fréquemment des substances toxiques, anti-thyroïdiennes, (Lagasse et al., 1982 ; Melzer et al., 2010). Ces substances sont dites antithyroïdiennes naturelles, communément appelées dans les pays anglo-saxons : "Naturally Occuring Goitrogens" (NOG). Marine et al. (1932) montrèrent que le méthyle cyanate (acétonitrile) entraînait une hypertrophie de la thyroïde, ils concluaient qu'il devait être le principe actif antithyroïdique du chou (*Brassica sp*). Les plantes cyanogéniques consommées dans nos régions sont nombreuses. C'est là cas du manioc (*Manihot exculenta*), du sorgho (*Sorghom cernuum*, *S. bicornus*), du maïs (*Zea mays*) de la canne à sucre (*Saccharum officinarum*) ...

Le présent travail a pour objectif d'étudier les effets de la consommation de régimes naturellement carencés en iode ou une carence induite, ou contenant de substances goitrigènes sur la croissance pondérale et le comportement de rat Wistar.

Matériel et méthodes

Site

Le travail a été réalisé au niveau du laboratoire de l'Organisme de recherche sur l'alimentation et la nutrition en Afrique (ORANA) sis en face de l'hôpital Aristides Le Dentec de Dakar.

Matériel animal

Les rats utilisés étaient de la souche wistar. Ils provenaient de l'Institut Français de la Fièvre Aphteuse - Centre de Recherche et d'Elevage du Domaine des Orcins (IFFA-

CREDO). Ils étaient holoxéniques (conventionnels). L'expérience a nécessité 56 rats mâles âgés de 4 semaines environ, répartis en 14 lots de 4 individus.

Matériel d'élevage

Les rats étaient élevés dans des cages en grillage en fil cadmié dont les plateaux étaient galvanisés, de type G3 mesurant 32 x 25 x 24 cm. Les mangeoires étaient en forme de vase, fabriquées en terre cuite, une forme qui a permis aux 4 rats d'une même cage de se rationner sans se gêner. Un mélangeur-broyeur et un mixeur ont permis de préparer les rations alimentaires à partir des formules appropriées. Une balance qui a permis d'effectuer les pesées des animaux mais aussi des rations et des boissons. Le matériel était complété par des seaux, des sacs en plastique et tout autre élément nécessaire pour la préparation des rations qui étaient conservées dans la chambre froide.

La propreté des lieux a été assurée quotidiennement par un animalier. Ainsi, la salle était nettoyée les jours, les mangeoires et les biberons toutes les semaines et les cages tous les mois. Les autres instruments, étaient nettoyés à la demande.

Breuvages

Les animaux recevaient de l'eau distillée (la distillation a été réalisée à l'ORANA). Cependant, pour tester l'activité goitrigène du thiocyanate (SCN⁻) et du sélénium (Se), les animaux des lots D et E ont reçu de l'eau distillée contenant 0,2% de SCN⁻. Ceux du lot I recevaient une eau distillée qui contenait 1,5 µg/ml de Sélénium et 0,089% d'iode, alors que ceux du lot K ont reçu une eau distillée dosée à 1,5 µg/ml de sélénium. Les animaux du lot J considérés comme témoins, recevaient de l'eau distillée supplémentée en iode à raison de 0,089%.

Régimes alimentaires

Le Remington est un régime carencé en iode composé de farine de maïs et de blé, de levure de bière, de lait écrémé, du carbonate de calcium (CaCO₃) et de chlorure de sodium

(NaCl). La composition centésimale dans le Tableau 1 en annexe

La ration du Remington enrichi en vitamine et en gluten (RVG) était composée du Remington classique, ajouté de levure de bière et de farine de gluten (0,46% et 4,66% respectivement). Le régime cassava (G) était lui composé essentiellement de farine de manioc (*Manihot esculenta*), provenant de Vélingara à raison de 10 g de farine de manioc pour 10 g de RVG. Ce régime des animaux du lot G a été conçu pour tester l'effet goitrigène du manioc. Le régime *Brassica* (chou), composé de : 20 g de choux frais et de 10 g de RVG était donné aux animaux du lot H. Pour rappel, chaque lot était composé de quatre (04) rats de sexe mâles.

Le régime mil (*Pennisetum* sp.) (lot M), a été préparé pour tester l'action goitrigène possible du mil sur notamment sur la croissance, la perte ou gain de poids chez les rats, en raison de sa grande consommation chez les population du Sud du Sénégal, qui souffrent souvent de goitre.. Le régime dit « Mil » est composé (confère Tableau 2 en annexe) principalement de farine de mil, additionnée de farine de blé, de l'ultra-levure de bière, du lait écrémé, du carbonate de calcium (Ca CO₃) et du chlorure de sodium (Na Cl).

Le régime *nététu* (lot N) a été préparé à partir des graines de néré (*Parkia biglobosa*) fermentées. Il est très utilisé par les Diakhanké en Haute Casamance (Ndiaye & Diao, 1987), et presque par toutes ethnies en Afrique au sud du Sahara. Darey & Ndiaye (1986), avançaient alors l'hypothèse d'un lien possible entre la prévalence du goitre endémique et la consommation du *nététu* dans cette région. Nous avons confectionné ce régime à base de *nététu*, afin de tester son action goitrigène potentielle, notamment sur la croissance, la perte ou gain de poids chez les rats. Le régime dit Nététu dont composition centésimale est donnée en annexe au Tableau 3, est constitué de farine de maïs et de farine de *nététu* à proportions égales, de farine de blé, de levure de bière, de lait écrémé du carbonate de calcium (Ca CO₃) et du chlorure de sodium (Na Cl).

Un récapitulatif de tous les régimes confectionnés et testés est donné au Tableau 4, situé en annexe.

Méthodes

Abreuvement

L'estimation de la consommation moyenne journalière (C) en eau des animaux a été faite comme suit : les biberons remplis d'eau étaient pesés, soit P_1 leur poids. Ensuite le lendemain, les biberons étaient repesés et donnent un poids P_2 . La consommation moyenne par rat est donc égale à

$$C = \frac{P_1 - P_2}{n}$$

Avec n = nombre de rat.

Rationnement

L'estimation de la consommation moyenne journalière de nourriture est donnée par la formule suivante :

$$Q = S - P = (e - f) - [(b - c) + (d - a)]$$

Avec :

a = tare du papier servant à recueillir les déchets et reste d'aliment ;

b = poids du papier humide contenant des débris d'aliments mais débarrassés des fèces ;

c = poids du papier secoué (débarrassé des débris d'aliments) ;

d = poids du papier après passage à l'étuve (séché) ;

e = poids de la mangeoire pleine ;

f = poids de la mangeoire après consommation ;

P = pertes totales = $(b-c) + (d-a)$;

S = sortie totale = $e - f$;

Q = quantité d'aliment consommée = $S - P$,

La consommation quotidienne moyenne C par rat est égale à :

$$C = \frac{Q}{n}$$

(n = nombre de rats du lot).

Cette méthode d'estimation (mise au point à l'ORANA) est décrite comme suit. Chaque matin les rats recevaient leur ration

alimentaire servie dans des mangeoires, soit (e) le poids de la mangeoire contenant la ration. Le lendemain matin avant de procéder à une nouvelle distribution, la mangeoire "vide" était pesée et son poids était noté (f). La sortie totale d'aliment est égale à : $S = e - f$. Mais, toute la quantité sortie de la mangeoire n'est pas consommée par les animaux, il y a eu des pertes.

Ainsi, avant la distribution des aliments, un papier de poids (a) était étalé dans le plateau qui était placé sous la grille-plancher. Ce papier recevait les déjections, les urines et les débits alimentaires qui tombaient toute la journée, son poids devenait (b) débarrassé des fèces. Secoué et débarrassé de ses débris il restait humide et pesait un poids (c). Il était ensuite placé à l'étude à 100 degrés Celsius pour le séchage alors son poids devenait (d). Les pertes totales P sont égales à $P = (b - c) + (d - a)$. Connaissant S la sortie totale d'aliment de la mangeoire, la quantité consommée Q est donc égale à $S - P$.

Pesée et suivi sanitaire

Des pesées hebdomadaires ont permis de suivre l'évolution pondérale des animaux, qui bénéficiaient également d'un suivi vétérinaire. Ainsi, les rats malades étaient isolés et traités, les cadavres étaient autopsiés pour déterminer les causes de décès.

Méthodes statistiques

Dans ce type d'expérience, on admet que les données sont distribuées selon la loi normale de Gauss. Elles sont exprimées sous la forme x (Moyenne) \pm ET (écart type).

$$s = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{(x_1 - x_2)^2}{n-1}}$$
, avec S^2 = variance.

La variance de l'ensemble de valeurs est égale à la somme des carrés des écarts à la moyenne (Sx^2) divisé par le nombre de degré de liberté. Pour faire ressortir les différences qui peuvent exister entre certains paramètres des différents lots, nous avons utilisé le test t (test de Student) de GOSSET (Lison, 1968) qui a été calculé selon la formule :

$$t = \frac{m_A - m_B}{S_{AB}}$$

$$S_{AB} = \sqrt{\frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{n_A + n_B}}$$

Avec

Pour 2 échantillons A et B :

n_A n_B = nombre de valeurs des échantillons A et B

m_A , m_B = moyenne des valeurs des échantillons A et B

S_A^2 , S_B^2 = variance de valeurs des échantillons A et B

S_{AB} = écart-type de l'ensemble des valeurs des échantillons A et B

Les courbes d'évolution pondérale sont réalisées à l'aide du logiciel Excel

Tableau 1 : Composition du Remington.

Matières premières	Teneur en %
Farine de maïs	88,34
Farine de blé (gluten)	02,34
Levure de bière	00,24
Lait écrémé	04,40
Carbonate de calcium (Ca CO ₃)	03,50
Chlorure de Sodium (Na Cl)	01,18
Composition totale	100,00

Tableau 2 : Composition du régime Mil.

Matières premières	Teneur en %
Farine de mil	88,35
Farine de blé (gluten)	02,34
Ultra Levure de bière	00,24
Lait écrémé	04,40
Carbonate de calcium (Ca CO ₃)	03,50
Chlorure de Sodium (Na Cl)	01,17
Composition totale	100,00

Tableau 3 : Composition du régime Nététu (Soumala).

Matières premières	Teneur en %
Farine de maïs	44,18
Poudre de nététu	44,18
Farine de blé (gluten)	02,34
Levure de bière	00,23
Lait écrémé	04,40
Carbonate de calcium (Ca CO ₃)	03,50
Chlorure de Sodium (Na Cl)	01,17
Composition totale	100,00

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des régimes des essais.

Numéro lot	Description du régime alimentaire
A	témoin temps 0, de la santé des lots
B	Régime carence iodée simple : Remington ± eau distillée
C	Régime carence iodée + dénutrition : Remington (demi ration) ± eau distillée
D	Régime carence iodée + thiocyanate : Remington + eau distillée + Thiocyanate
E	Régime carence iodée + dénutrition + thiocyanate : demi-ration de D
F	Régime carence iodée + propylthiouracile (PTU) + eau distillée : régime D ± PTU
G	Régime cassava (manioc) + eau distillée
H	Régime Brassica + eau distillée
I	Remington + eau iodée + sélénium
J	Régime témoin d'expérience : Remington + eau iodée
K	Remington additionnée de sélénium
L	carence iodée + calcium + eau distillée
M	Régime mil + eau distillée
N	Régime nétéu + eau distillée

RESULTATS

Comportement des animaux

Les rats se sont bien comportés en général durant toute la durée de l'expérience. L'évolution pondérale est globalement positive. Les animaux des lots B (carence iodée simple), C (carence iodée + dénutrition), D (carence iodée + thiocyanate) et E (carence iodée + thiocyanate + dénutrition) ont manifesté une certaine léthargie au milieu de l'expérience (environ deux mois d'expérimentation, qui a disparu après. Les animaux du lot F (PTU) étaient affaiblis, très affectés par le traitement (consommation d'un régime contenant du PTU), surtout dans la deuxième moitié de l'expérimentation. Tandis que les animaux des lots M et N qui avaient beaucoup grossis, paraissaient peu actifs en fin d'expérience.

Aussi, après trois semaines d'expérimentation, il a été noté des cas d'alopécie (chute de poils) chez quelques animaux des lots B (carence iodée simple), C (carence iodée + dénutrition), D (carence iodée

+ thiocyanate), E (carence iodée + thiocyanate + dénutrition), F (PTU) et I (iode + sélénium). Ces manifestations ont disparu après un mois d'expérience. Il a été également noté une strongurie manifestée par l'extériorisation du pénis chez certains sujets au niveau des lots B, D, E, J (témoins) et M (mil). Ces animaux présentaient également un engorgement du scrotum. Ces signes sont caractéristiques des lithiases urinaires. L'autopsie de quelques animaux morts en cours d'expérience l'a révélé. Il y'a eu 2,5% de mortalités en 125 jours de traitement. Ce pourcentage plutôt faible, prouve que les conditions expérimentales générales étaient bonnes.

Consommation de la ration alimentaire par les animaux

Lots J (témoin)

Les animaux du lot J (lot témoin) ont consommé $12,71 \pm 46$ g d'aliment par jour (Tableau 5). Leur capacité d'ingestion a peu varié dans le temps ($11,67 \pm 1,33$ à $14,72 \pm 2,58$). Ils ont bu en moyenne $26,04 \pm 3,14$ cm³ d'eau

par jour avec des variations de $21,10 \pm 2,26$ à $30,51 \pm 3,78$ cm³ (Tableau 6), certainement due à la variation des températures. Ils n'ont manifesté aucun signe particulier. Leur comportement est pris comme référence.

Lots B et C (Carence idée simple)

Les animaux de ces deux lots ont reçu le même type d'aliment (Remington) et de boisson (eau distillée). La différence réside sur les quantités d'aliment consommées. Les animaux du lot B ont consommé en moyenne $13,60 \pm 3,52$ g d'aliment par jour, contre $7,92 + 1,62$ g (Tableau 5) pour les rats du lot C soumis à une sous-alimentation (régime dit dénutri représentant la moitié de la ration quotidienne des animaux du lot B).

La boisson était servie *ad libitum*. Cependant, les animaux du lot C ont semblé ajuster leur consommation d'eau à leur niveau d'ingestion alimentaire. Ces rats ont consommé $17,03 \pm 3,36$ cm³ d'eau par jour, contre $52,66 \pm 6,04$ cm³ pour les animaux du lot B (Tableau 6).

Lots D et E (ration carencée en iode avec addition de thiocyanate)

Les animaux de ces deux lots, ont reçu le même type d'aliment (carencé en iode) avec un ajout de thiocyanate. Ils ont été abreuvés d'eau distillée. Cependant, les rats du lot E qui étaient soumis à un régime de dénutrition, recevaient la moitié de la ration offerte à ceux du lot D. Ils ont consommé en moyenne $07,02 \pm 2,13$ g d'aliment par jour, contre $12,46 \pm 2,79$ g (Tableau 5). Leur consommation d'eau ($13,40 \pm 3,43$ cm³) (Tableau 6), sans doute ajustée à leur prise alimentaire est également faible par rapport aux animaux du lot D, qui eux-mêmes ont moins consommé d'eau par rapport au témoin J.

Lot F (ration additionnée de propylthiouracile)

Le lot d'animaux ayant consommé la ration contenant du PTU à raison 0,12%, ont eu une ingestion alimentaire quotidienne très faible, $05,95 \pm 2,07$ g (tableau 5), très différente ($P < 0,001$) de l'ingestion des rats du lot témoin J. Leur consommation d'eau est cependant

normale soit $22,06 \pm 4,75$ cm³ (tableau 6), qui n'est pas significativement différente de celle des animaux témoins.

Ainsi, le plus faible taux de consommation de la ration alimentaire a été noté chez les rats du lot F, qui ont reçu un régime alimentaire de carence iodée additionné de propylthiouracile (PTU) avec de l'eau distillée comme breuvage. Ils ont consommé en moyenne $05,95 \pm 2,07$ g d'aliment par jour. Ils ont été suivis pour cette faible ingestion, par les animaux du lot E $07,02 \pm 2,13$ g et du lot C $07,92 \pm 1,68$ g, qui recevaient respectivement un régime carencé en iode additionné de thiocyanate et soumis à une dénutrition et un régime carencé en iode et sous alimentés. Les animaux de ces deux derniers lots ont consommé moins d'eau par rapport au témoin J.

Lots I (ration iodée additionnée de sélénium) et K (ration de Remington additionnée de sélénium)

Les animaux du lot I ont eu une ingestion alimentaire moyenne quotidienne ($14,65 \pm 1,25$ g) plus élevée que ceux du lot témoins J ($12,71 \pm 1,46$ g). Cependant, leur absorption d'eau est significativement moins importante, $14,74 \pm 2,03$ contre $26,04 \pm 3,17$ cm³, tout comme ceux du lot K qui ont absorbé en moyenne $15,51 \pm 2,47$ cm³ d'eau par jour. Par contre, les animaux de ce lot, ont ingéré moins d'aliment au quotidien soit $12,99 \pm 1,38$ g.

Lots G (ration de Cassava) et H (ration de Brassica)

Les animaux de ce lot, ont consommé $14,71 \pm 2,55$ g d'aliment, qui est significativement ($P < 0,005$) plus élevé que la quantité consommée par le lot témoin J. Cependant, leur consommation d'eau a été beaucoup moins importante, soit $17,38 \pm 03,65$ cm³ contre $26,04 \pm 3,17$ cm³ pour le lot témoin J.

Une variation de la teneur en eau du Brassica a été noté au cours de l'expérimentation, mais n'a pas affecté les quantités de rations ingérées en moyenne et au quotidien, qui étaient plus de 2 fois

(27,46±6,30 g) plus élevée que chez les animaux du lot témoin J (12,71±1,46 g). Par contre, la consommation d'eau des animaux de ce lot (07,46±2,60 cm³) a été significativement beaucoup plus faible (28% en moins), que celle des animaux du lot témoin J.

Lot L (ration de Remington supplémentée en calcium – Ca)

Les animaux de lot L, qui ont été nourris de régime de Remington additionné de calcium, ont consommé 14,36±1,61 g d'aliment. Cette quantité était significativement ($P < 0,005$) plus élevée que la quantité qui a été consommée par le lot témoin J. Cependant, leur consommation d'eau (30,88±06,44 cm³) n'a pas été significativement différente du lot témoin J, soit 26,04±3,17 cm³.

Lots M (ration de mil) et N (ration de nétéu ou soumala)

Les animaux de ce lot ont consommé en moyenne et par jour 14,86±2,72 g, contre 12,71±1,46 g pour le lot témoin J, Leur consommation d'eau (24,51±3,09 cm³) a été aussi légèrement différente de celle du lot témoin qui était de 26,04±3,17 cm³.

Les animaux du dit lot *nétéu*, ont consommé en moyenne et par jour 13,82±1,72g, contre 12,71±1,46 g pour le lot témoin J, Leur consommation d'eau (29,22±3,13 cm³) est cependant légèrement supérieure à celle du lot témoin. Ces rats également ont eu un comportement alimentaire normal comparé aux animaux du lot témoin J.

Evolution pondérale

Le Tableau 7 résume les poids moyens des animaux des différents lots après 120 jours de traitement.

Pour tous les lots, il faut signaler une légère prise de poids au début. A l'arrivée, le poids des animaux était de 172 ±05 g environ. Ces rats étaient déshydratés à la suite de leur voyage, ils ont ainsi bu de grandes quantités d'eau qui s'est traduite par une prise de poids relativement importante, mais qui n'était qu'apparente (pesée effectuée 3 jours après leur arrivée). Le poids de l'ensemble des animaux

avait ensuite légèrement chuté par rapport au poids enregistré à l'arrivée. Un délai d'une semaine de standardisation a été nécessaire pour que les animaux s'adaptent aux conditions d'élevage (cage, alimentation et abreuvement). Ensuite, ils ont eu une évolution pondérale progressive régulière, modulée en-fonction des régimes. Le Tableau 7 présente les poids moyens finaux et les gains moyens quotidiens (GMQ) des animaux de tous les lots après 120 jours de rationnement.

Tous les animaux du lot A qui constitue le lot témoin temps t_0 , ont été sacrifiés au démarrage de l'expérience. Ils ont été témoins de la santé des animaux à leur arrivée. Ceux du lot J, constituaient le lot témoin de l'expérience. Ils ont reçu une alimentation et un abreuvement standards (ration composée de Remington + boisson iodée). Leur évolution pondérale a été régulière. Leur poids moyen de 172,00 ± 10,24 g (Tableau 7) au début de l'expérience était celui moyen de tous les animaux des différents à la même période. Leur poids moyen en fin d'expérience est de 268,83 ± 26,85 g, soit un GMQ de 0,80 g. La courbe moyenne de croissance des rats du lot J a été prise comme référence et comparée à la croissance enregistrée chez les rats des autres lots.

Lots B et C (Carence idée simple)

Pour rappel, les animaux de ces deux lots ont reçu le même type d'aliment (Remington) et de boisson (eau distillée). Cependant, les animaux du lot C ont été soumis à un régime de sous-alimentation en recevant la moitié du régime du lot B.

La différence de rationnement a eu des conséquences sur l'évolution pondérale (Figures 1 et 2). En effet, les animaux du lot B, connaissent une croissance régulière, superposable à celle des animaux du lot témoin d'expérience J, avec un poids de début d'expérience de 172,50 + 14,43 g et un poids de fin d'expérience de 275,66 + 14,18 (Tableau 7), soit un GMQ de +0,86 g, légèrement supérieur mais qui n'est pas significativement différent de celui du lot témoin J qui est de +0,80 g. Tandis que les rats du lot C (dénutris) ont eu un poids presque stationnaire, avec une

faible augmentation de poids en fin d'expérience (186,75±10,40 g) soit un GMQ de +0,12 g, très différent de celui du lot témoin J et du lot B ($P < 0,001$) (Figures 1 et 2). La sous-alimentation (dénutrition) a eu un effet négatif sur la croissance (gain pondéral) des rats.

Lots D et E (ration carencée en iode avec addition de thiocyanate)

Les animaux de ces deux lots, ont reçu le même type d'aliment (carencé en iode) avec un ajout de thiocyanate. Ils étaient abreuvés d'eau distillée. Cependant, les rats du lot E ont été soumis à un régime de dénutrition, car, ils recevaient la moitié de la ration offerte à ceux du lot.

Sur le plan de l'évolution pondérale, les animaux du lot E (Figure 4) soumis à une dénutrition, ont plutôt perdu du poids durant la période d'expérimentation, passant de 172,50±05,35 g en début d'expérience à 155,75±29,87 g, soit un GMQ de -0,14 g. Leurs congénères du lot D, qui ont consommé le même type d'aliment mais en double, ont plutôt une évolution pondérale normale (Figure 3), comparable (pas de différence significative) à celle observée chez les rats du lot témoin J, soit un poids moyen final de 241,02±44,69 g et un GMQ de +0,57 contre 268,33±26,85 g et un GMQ de +0,80 g pour le lot J (tableau 7).

Lot F (ration additionnée de propylthiouracile)

Il a été noté une anorexie chez les animaux du lot F, qui ont perdu du poids durant la période d'expérience, de 172,50±05,35 g en début d'expérience, le poids moyens de ces animaux est tombé à 156,75±11,08 g, soit un GMQ de -0,13 g (Tableau 7), significativement différent ($P < 0,001$) du GMQ de +0,80, noté chez les sujets témoins du lot J. Les animaux étaient peu dynamiques, se déplaçaient peu dans leur cage. Leur courbe de croissance (Figure 5) est très inférieure à celle des animaux témoins.

Lots G (ration Cassava) et H (ration Brassica)

Les animaux du lot G (*Manihot esculenta*) ont eu une évolution pondérale normale (Figure 6) avec un GMQ de +0,75, comparée au témoin (+80) ; tandis que ceux du lot H (Brassica), ont également eu une évolution certes positive (Figure 7), mais en dents de scie (GMQ de +0,57).

Lots I (ration iodée additionnée de sélénium) et K (ration additionnée de sélénium)

Les animaux de ces deux lots ont une évolution pondérale normale (Tableau 7 et Figures 8 et 9) : 289,00±12,46 et ; 268,00±18,97, respectivement, sans une différence significative entre elles ni avec le témoin J. L'absorption de sélénium (Se) par des rats normalement supplémentés en iode (lot I), ou par des rats recevant un régime carencé en iode (lot K), n'a pas eu d'effet négatif sur leur croissance pondérale, comparée aux animaux du lot témoin J.

Lot L (ration de Remington supplémentée en calcium – Ca)

L'évolution pondérale des animaux du lot L est normale à subnormale (291,50±23,78 g et un GMQ de +0,99), comparée aux rats du lot témoin J (Figure 10). La supplémentation en calcium, n'a donc pas eu d'effet négatif sur la croissance pondérale. Il a été cependant, noté une polydipsie légère, soit 30,88±6,44, qui reste la plus élevée de tous les lots et qui a été accompagnée d'une polyurie.

Lots M (ration de mil) et N (ration de nétéu ou soumala)

Les animaux de ces deux lots, ont eu une évolution pondérale identique : 350,00±28,28 et 353,00±38,37, respectivement et significativement ($P < 0,02$) supérieure à celle des animaux du lot témoin J (Figures 11 et 12). Leurs GMQ supérieur à 1 g (+1,48 et +1,50 g respectivement) (Tableau 7) est témoin de ration très énergétique ayant entraîné une croissance exceptionnelle et donné des animaux obèses, peu dynamiques en fin d'expérience.

Tableau 5 : Consommation moyenne d'aliment en gramme et regroupée par période de 20 j.

Numéro de lot	Durée en période de 20 jours						Consommation moyenne par jour
	20	40	60	80	100	120	
Consommation moyenne d'aliment en grammes regroupée en période de 20 jours							
B	16,67±3,59	13,87±2,03	14,15±1,49	10,91±1,13	10,12±1,71	16,49±1,33	13,66±3,52
C	08,72±1,68	08,42±1,76	08,75±1,82	07,17±1,54	07,10±1,35	08,36±1,16	07,92±1,68
D	14,88±2,27	13,17±2,55	11,79±1,27	10,64±0,74	10,11±1,69	13,97±2,48	12,46±2,79
E	09,42±2,04	07,39±2,18	05,78±1,25	05,79±0,95	06,13±1,45	07,69±1,28	07,02±2,13
F	08,07±2,47	06,07±0,49	05,58±1,19	05,25±0,59	03,96±1,46	06,69±1,67	05,95±2,07
G	16,12±2,38	16,14±1,20	14,50±1,72	13,05±0,80	12,57±1,34	16,27±2,61	14,71±2,55
H	27,52±3,18	27,19±4,97	28,64±4,97	27,05±5,74	28,16±5,97	27,64±5,95	27,46±6,30
I	16,15±4,36	14,85±0,84	14,01±0,71	13,47±0,75	12,93±0,91	15,97±2,10	14,65±1,21
J	14,72±2,58	13,50±1,90	12,53±1,14	11,67±1,33	11,36±1,16	14,11±1,32	12,71±1,46
K	14,42±2,74	11,38±2,18	12,63±1,93	13,10±1,03	11,78±1,02	14,50±2,91	12,99±1,38
L	16,26±3,30	15,58±1,65	14,65±0,93	12,66±2,17	12,40±0,95	14,90±1,91	14,36±1,61
M	14,82±4,66	16,31±4,29	17,46±3,88	14,61±3,11	14,59±4,71	15,13±1,74	14,86±2,72
N	14,06±3,68	12,90±1,05	13,89±1,14	13,38±0,95	13,60±1,36	15,24±1,56	13,82±1,04

Tableau 6 : Consommation moyenne d'eau en cm³ et regroupée par période de 20 j.

Numéro de lot	Durée en période de 20 jours						Consommation moyenne par jour
	20	40	60	80	100	120	
Consommation moyenne d'eau regroupée en période de 20 jours							
B	27,11±4,68	21,90±1,75	25,91±4,13	32,49±3,60	27,53±2,33	17,92±3,31	25,66±6,04
C	17,03±3,64	15,55±2,96	15,76±1,39	16,92±2,29	17,47±1,45	18,88±3,86	17,03±3,86
D	17,42±2,56	14,54±2,49	16,10±0,82	16,72±1,08	17,87±2,46	20,15±1,78	16,91±3,16
E	13,14±2,01	10,88±1,60	11,73±1,53	13,12±1,78	13,34±1,39	20,13±2,13	13,40±3,43
F	24,50±1,65	22,02±0,65	22,25±1,13	21,67±1,86	24,25±2,26	17,33±2,22	22,06±4,75
G	18,35±6,58	17,28±1,50	17,45±1,43	15,48±1,79	17,53±1,68	18,41±1,00	17,38±3,65
H	06,44±3,86	06,43±1,95	09,35±1,21	08,85±1,11	07,86±2,19	05,58±1,05	07,46±2,60
I	18,96±4,38	14,06±1,04	13,77±0,42	13,83±0,80	14,13±0,99	14,17±0,49	14,74±2,03
J	26,99±9,99	25,15±1,41	25,76±2,22	26,94±3,03	30,51±3,78	21,10±2,26	26,04±3,17
K	12,92±3,75	13,11±2,16	13,91±0,81	15,71±1,03	17,03±0,56	19,48±3,56	15,51±2,47
L	36,39±9,55	34,50±2,44	32,23±2,83	29,72±3,93	29,34±2,99	21,66±4,88	30,88±6,44
M	24,82±6,39	23,48±3,22	22,92±2,49	24,82±3,18	24,77±1,94	26,05±8,09	24,51±3,09
N	33,32±9,28	24,85±5,58	29,51±1,43	29,47±0,50	28,98±2,83	29,45±2,88	29,22±3,18

Tableau 7 : Evolution pondérale des rats durant la période d'expérimentation.

Lot	Poids moyen en fin d'expérience (g)	GMQ (g)	Lot	Poids moyen en fin d'expérience (g)	GMQ (g)
A*	172,50±05,35	-	H	241,25±14,08	+0,57
B	275,66±14,18	+0,86	I	289,00±12,46	+0,94
C	186,75±10,40	+0,12	J**	268,33±26,85	+0,80
D	241,02±44,69	+0,57	K	268,00±18,97	+0,80
E	155,75±29,87	-0,14	L	291,50±23,78	+0,99
F	156,75±11,08	-0,13	M	350,00±28,28	+1,48
G	262,50±11,47	+0,75	N	353,00±38,37	+1,50

*Lot A : témoin (t₀) de départ : animaux sacrifiés et autopsiés avant début d'expérience pour vérifier l'état sanitaire des animaux

**Lot J : témoin de l'expérience, animaux recevant une alimentation et un abreuvement standard

GMQ : gain moyen quotidien.

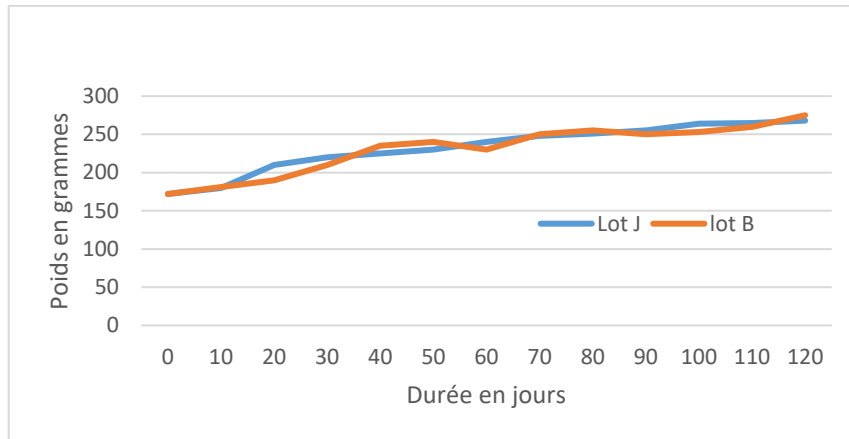


Figure 1 : Courbe de croissance des rats du lot B (carence iodée simple) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

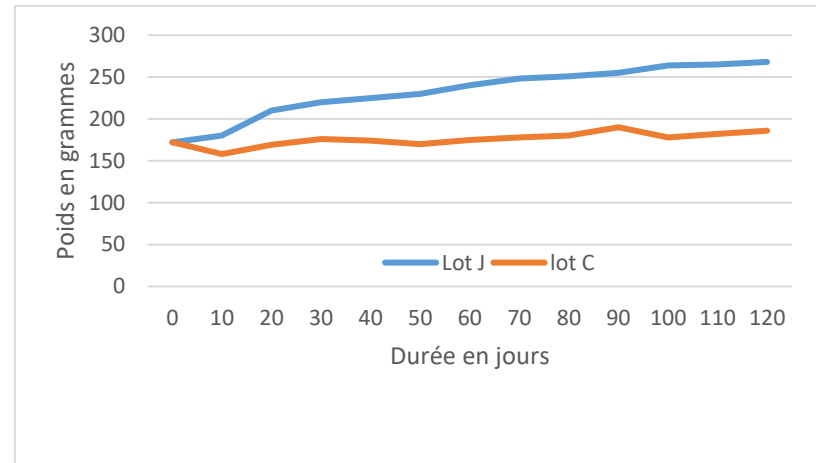


Figure 2 : Courbe de croissance des rats du lot C (carence iodée simple et dénutrition) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

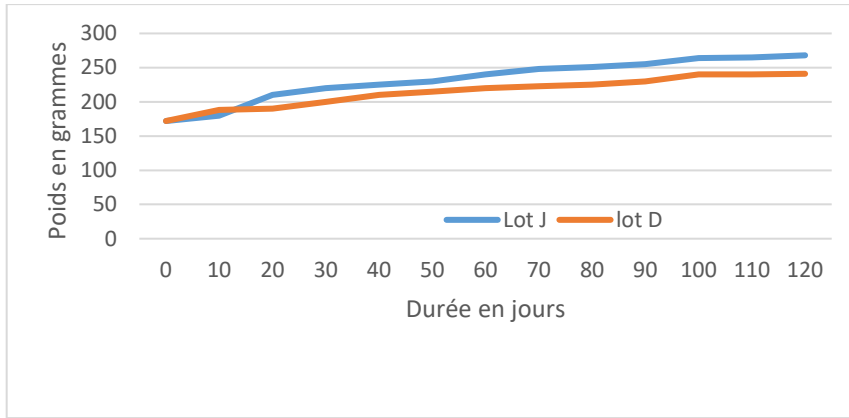


Figure 3 : Courbe de croissance des rats du lot D (carence iodée + thiocyanate) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

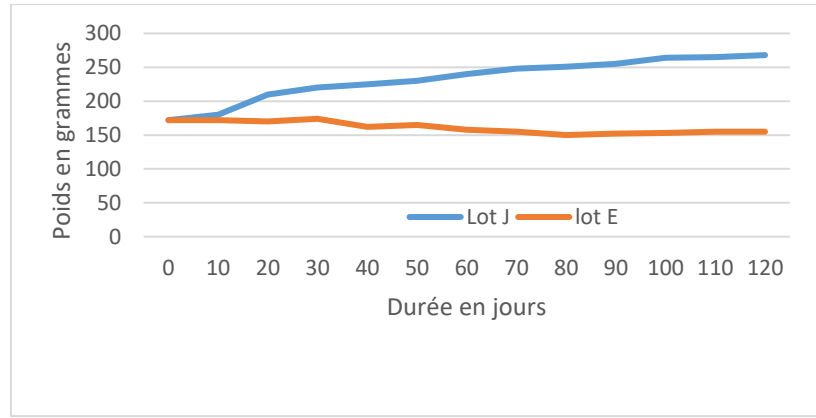


Figure 4 : Courbe de croissance des rats du lot D (moitié ration de D) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

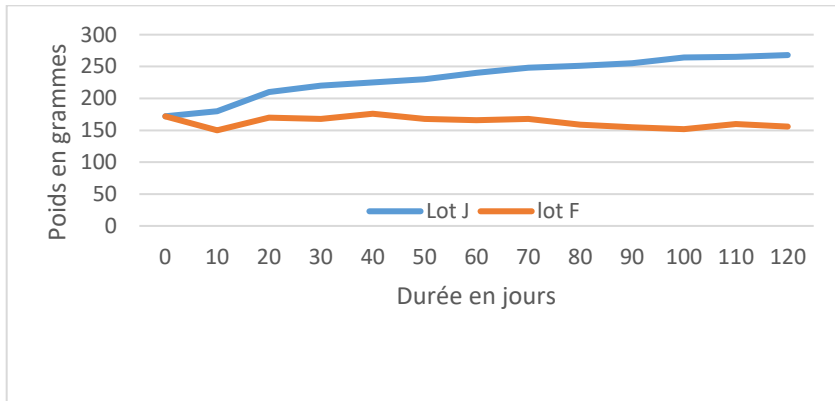


Figure 5 : Courbe de croissance des rats du lot F (PTU) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

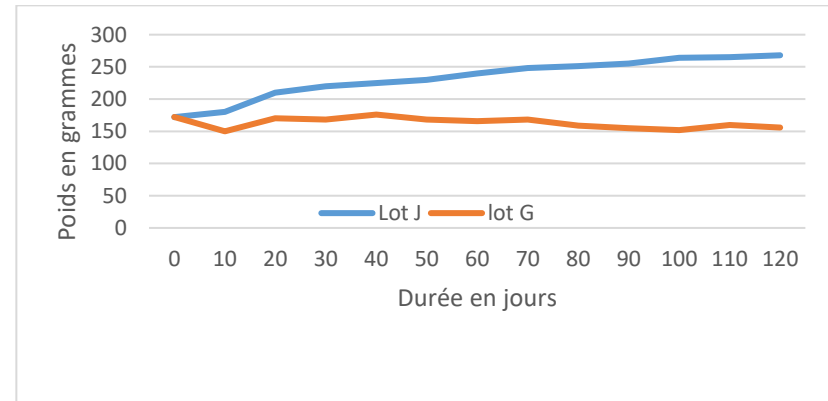


Figure 6 : Courbe de croissance des rats du lot G (Cassava) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

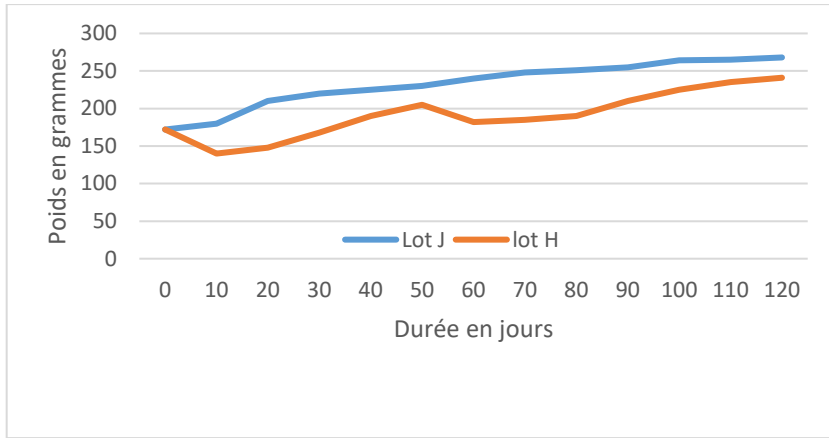


Figure 7 : Courbe de croissance des rats du lot H (Brassica) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

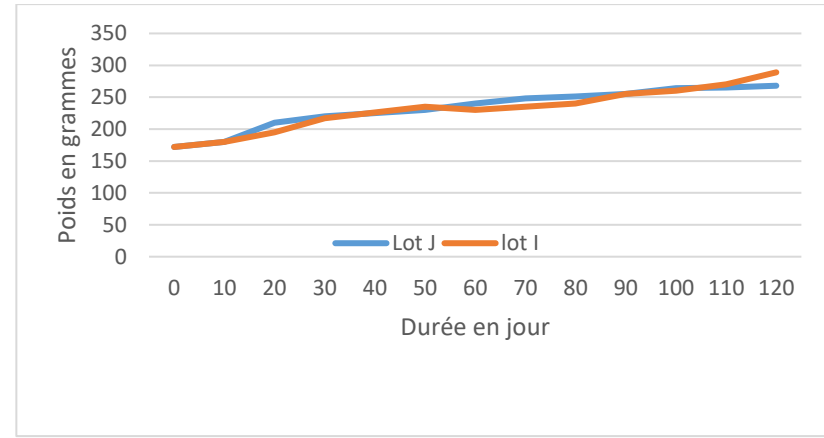


Figure 8 : Courbe de croissance des rats du lot I (iode + sélénium) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

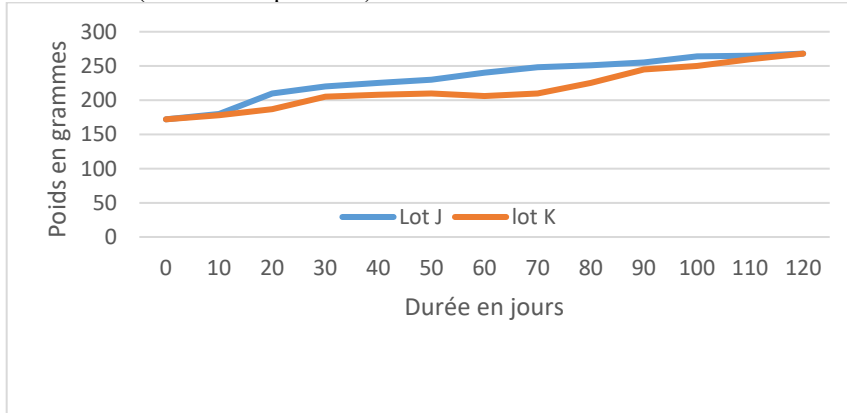


Figure 9 : Courbe de croissance des rats du lot K (sélénium) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

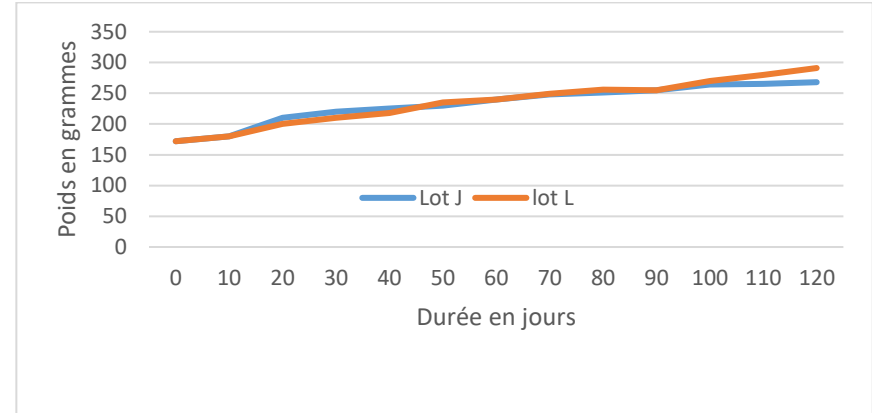


Figure 10 : Courbe de croissance des rats du lot L (supplément Ca) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

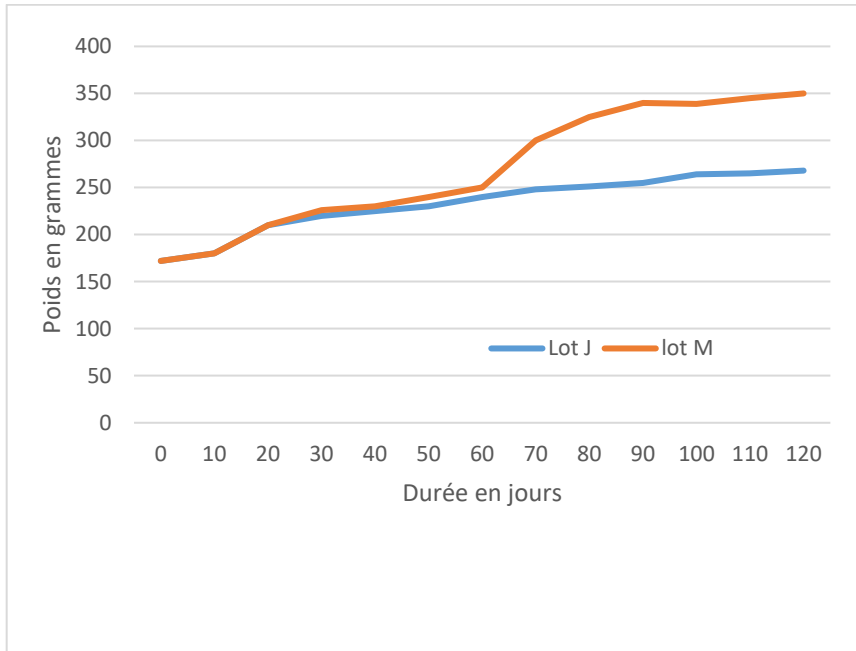


Figure 11 : Courbe de croissance des rats du lot M (mil) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

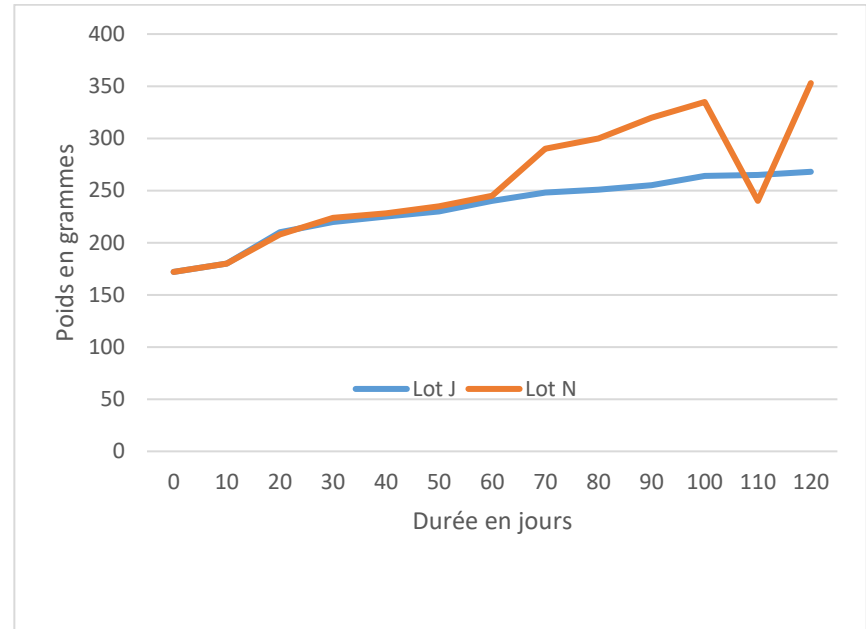


Figure 12 : Courbe de croissance des rats du lot N (nétéu) comparée à celle des rats du lot J (témoin d'expérience).

DISCUSSION

Comportement des animaux

Nous avons déjà évoqué le bon comportement des rats durant toute la durée de l'expérience, ce qui s'est traduit par une évolution pondérale qui a été globalement positive. Il faut toutefois souligner que les animaux du lot F (PTU) étaient affaiblis, certainement très affectés par le traitement (consommation d'un régime contenant du PTU), surtout dans la deuxième moitié de l'expérimentation. Les animaux des lots dénutris (C et E) ont obtenu des GMQ très faibles, en raison de la leur sous-alimentation ; tandis que les animaux des lots M et N avaient beaucoup grossi sans doute en raison de la richesse en énergie et en protéine respectivement pour les régimes M (mil) et N (néfé). Ces animaux paraissaient peu actifs en fin d'expérience, à raison d'un engraissement que l'on peut qualifier d'excessif.

Consommation de la ration alimentaire par les animaux

Selon l'IFFA-CREDO, un rat adulte consomme environ 5 g de nourriture pour 100 g de masse corporelle ou poids vif (PV). Les rats du lot J (lot témoin) ont consommé en moyenne $12,71 \pm 46$ g d'aliment par jour, pour un poids moyen à la fin d'expérience de $268,33 \pm 26,85$. Cette consommation quotidienne d'aliment de 4,7 g par 100 g de PV, qui est proche de celle donnée par IFFA-CREDO, a été considérée comme normale. Leur capacité d'ingestion ayant peu varié dans le temps ($11,67 \pm 1,33$ à $14,72 \pm 2,58$), peut traduire la constance de la valeur bromatologique des régimes alimentaires distribués.

Ces rats toujours selon IFFA-CREDO, doivent avaler en moyenne 10 à 12 ml d'eau par 100 g de PV. Les animaux du lot J (témoin) en ont consommé 9,7 ml pour 100 g de PV, soit en moyenne $26,04 \pm 3,14$ cm³. Cette capacité de consommation moyenne quotidienne peut être considérée comme normale est prise comme référence.

Les animaux du lot B (qui ont reçu une ration de carence iodée simple) ont consommé en moyenne 4,9 g / 100 g de poids corporel, ce

qui a été une ingestion alimentaire normale comparée aux rats témoins. Par contre, pour les rats du lot C soumis à une sous-alimentation (régime dit dénutri représentant la moitié de la ration quotidienne des animaux du lot B), l'ingestion de 4,2 g / 100 g de poids corporel est en dessous de la norme.

Bien que la boisson ait été servie *ad libitum*, les animaux du lot C ont semblé ajuster leur consommation d'eau pour compenser leur niveau d'ingestion alimentaire, en buvant 9,1 ml / 100 g de PV, qui est comparable à l'ingestion journalière d'eau des rats du lot B, soit 9,3 ml / 100 g de poids corporel. La qualité et la quantité du régime ont sans doute eu une influence sur la consommation d'eau. Selon Calvin & Behan (1954), la faim influence la consommation d'eau chez les rats. En effet, il existe une relation entre le comportement alimentaire et la régulation de l'ingéré d'après Jean-Blain (2002). A part une légère léthargie notée en début d'expérience, ces animaux n'ont manifesté aucun autre signe considéré comme anormal.

Les animaux du lot E qui ont été soumis à un régime de dénutrition à ceux du lot D, ont consommé en moyenne d'eau 8,6 ml / 100 g de PV. Cette consommation a été toutefois supérieure à celle des animaux du lot D, ($7,01$ ml / g de PV) très faible par rapport au témoin J. La présence du thiocyanate dans la ration alimentaire a sans doute réduit la consommation d'eau. Cette baisse de la consommation d'eau chez les deux lots a entraîné des difficultés urinaires exprimées par une extériorisation du pénis et un engorgement du scrotum qui sont des signes très caractéristiques des lithiases urinaires.

Le propylthiouracile (PTU) appartient à la classe des substances médicamenteuses appelées antithyroïdiens. On l'utilise pour traiter l'hyperactivité de la glande thyroïde lorsque celle-ci produit trop d'hormone thyroïdienne (phénomène parfois appelé hyperthyroïdie). Il agit en réduisant la production d'hormone thyroïdienne. Il bloque l'hormonogénèse thyroïdienne en inhibant l'organification de l'iode et le couplage des iodotyrosines en iodothyronines. Ainsi, les plus faibles taux de consommation de la ration alimentaire a été noté chez les rats du lot F soit

3,8 g /100 g de PV par rapport à la norme qui est de 5 g / 100 g PV.

Les animaux des lots I (ration iodée additionnée de sélénium) et K (ration de Remington additionnée de sélénium) ont consommé moins d'eau que la normale, mais ceux du lot I ont eu une ingestion alimentaire moyenne quotidienne plus élevée que ceux du lot témoins J contrairement à ceux du lot K. Toutefois, ces animaux ont été sains durant l'essai.

Le Cassava (*Manihot esculenta*) (régime G) est un féculent dont les feuilles et les tubercules sont très consommées en Afrique. Les animaux de ce lot, ont consommé plus d'aliment que la norme représentée par le lot témoin J et aucun effet négatif n'a été remarqué sur leur état sanitaire. Leur moindre consommation d'eau est certainement due la relative richesse en eau du manioc.

La faible consommation d'eau (28% en moins par rapport à celle des animaux du lot témoin J) a été également notée chez les animaux du lot H qui ont ingéré un régime dit Brassica, sans doute due à la forte teneur en eau du Brassica (chou) qui a été noté. Cette teneur en eau qui a été variable au cours de l'expérimentation, n'a pas cependant affecté les quantités de rations ingérées en moyenne et au quotidien, qui étaient plus de 2 fois plus élevée que chez les animaux du lot témoin J et la norme. Il convient de noter la bonne régulation de l'état hydrique de ces animaux en fonction du régime alimentaire.

Cependant, les animaux de lot L, qui ont été nourris de régime de Remington additionné de calcium, ont consommé une quantité d'aliment significativement ($P < 0,005$) plus élevée que la quantité consommée par le lot témoin J. Mais, leur consommation d'eau bien que légèrement plus élevée, n'a pas été significativement différente.

Le mil (*Pennisetum sp*), comme toutes les céréales, est très énergétique et très consommée en Afrique. Les animaux de ce lot ont eu une consommation d'aliment et d'eau très roche de la normale. Et, aucun effet négatif n'a été observé sur leur comportement alimentaire et sanitaire comparés aux animaux du lot témoin J. Le *netéu* ou *soumala* est

obtenu par fermentation des graines de néré (*Parkia biblobosa*), pour obtenir un condiment alimentaire qui assaisonne les plats et qui est riche en protéine (Termote (2022)). Les animaux dudit lot *netéu*, ont eu une consommation journalière d'aliment et d'eau légèrement supérieur mais pas significative par rapport à la norme. La consommation de ce régime n'a pas eu d'influence négative sur la santé des animaux.

Evolution pondérale

Les animaux du lots B (Carence idée simple), ont enregistré une croissance pondérale régulière, superposable à celle des animaux du lot témoin d'expérience J ; tandis que les rats du lot C (dénutris) ont eu un poids presque stationnaire, avec une faible augmentation poids en fin d'expérience. La simple carence iodée n'a pas eu d'influence sur la croissance pondérale ; cependant, la sous-alimentation (dénutrition) soumise aux animaux du lot C, a eu un effet négatif sur leur croissance (gain pondéral). Néanmoins, ces animaux bien que n'ayant pas pris du poids, ont été tout de même bien portants et surtout très actifs. Selon, Beck (2003), la faim et la satiété sont des phénomènes multirégulés au niveau du système nerveux central et en périphérie, cela peut expliquer que ces animaux se soient adaptés au déficit alimentaire qui leur avait été imposé.

Les rats des lots D qui ont également reçu une ration carencée en iode avec addition de thiocyanate), ont plutôt une évolution pondérale légèrement plus faible (mais pas significative) à celle observée chez les rats du lot témoin J. Bien que faible, l'action du thiocyanate ajoutée au régime carencé en iode a ralenti la croissance pondérale des rats, même si cela n'est pas significatif, comparé aux témoins. Cependant, selon Brauer et al (2006), l'ajout de thiocyanate au régime alimentaire, réduit l'effet de la carence iodée. Tandis que Wollman (1962) et Scranton et al (1969) avaient souligné l'inhibition de l'accumulation de l'iode par la thyroïde par la présence de thiocyanate.

Nous avons souligné plus haut, l'anorexie chez les animaux du lot F qui étaient

nourris avec un régime contenant du PTU et, qui ont perdu du poids durant toute la période d'expérience. Ainsi, leur courbe de croissance a été très inférieure à la norme. L'action du PTU, une substance antithyroïdienne a donc eu un effet négatif à la fois sur la prise alimentaire et la croissance pondérable des rats. Ces animaux ont manifesté un mauvais état sanitaire caractérisé par un amaigrissement et une léthargie, qui ont certainement été aggravés par l'anorexie ou vice versa. En effet, selon Lewiss et al. (1988), en situation d'état de santé critique, le phénomène d'anorexie est potentialisé.

Le chou (*Brassica sp*) est un légume qui renferme de nombreux glucosides cyanogéniques dont l'hydrolyse enzymatique libère du sucre, des aldéhydes ou acétones et de l'acide cyanhydrique qui lui agit sur le fonctionnement thyroïdien. Cependant, la consommation du chou, n'a pas eu d'effets notables sur l'évolution pondérale, ni sur la santé des rats. Le Cassava (*Manihot esculenta*) lui est un féculent dont les feuilles et les tubercules sont très consommés en Afrique. Ekpechi et al. (1966) ont noté l'effet goitrigène du cassava. En effet, l'hydrolyse enzymatique du manioc libère du thiocyanate, considéré comme goitrigène. Cependant, il n'a pas été noté une influence négative de la consommation du manioc sur la croissance pondérale des rats. On peut dire que la consommation quotidienne modérée de chou et de manioc n'a pas entraîné d'effets goitrigènes qui se seraient traduits par un effet négatif sur la croissance pondérale des rats.

L'absorption de sélénium (Se) par des rats normalement supplémentés en iode (lot I), ou par des rats recevant un régime carencé en iode (lot K), n'a pas eu d'effet négatif sur leur croissance pondérale, comparée aux animaux du lot témoin J. Ces observations corroborent celles notées par Muth et al. (1971) et Arthur et al. (1999). En effet, ces auteurs ont montré que le rétablissement d'un régime normalement supplémenté en sélénium, annulait les troubles (perte de poids, perte de poils, baisse de l'activité physique) survenus chez un petit primate à la suite de l'absorption d'un régime carencé en iode.

La supplémentation en calcium, n'a certes pas eu d'effet négatif sur la croissance pondérale. Mais, il a été noté une polydipsie légère, accompagnée d'une polyurie, également légère. Cette polyurie est certainement due à une action du Ca au niveau rénal, par une modification du pouvoir filtrant.

Le mil est une céréale qui est très énergétique. En effet, les animaux l'ayant consommé, ont eu une évolution pondérale nettement supérieure à celle des animaux du lot témoin J. Cette richesse calorifique du mil a entraîné des cas de lithiases urinaires sur deux rats du lot dit mil. La lithiase urinaire est le dépôt de calculs dans la vessie, rendant la miction difficile ou même l'empêchant. Cette maladie est surtout liée au sexe mâle. Les causes favorisantes sont entre autres l'absorption de régime très calorifique, la faible consommation d'eau, le déséquilibre du rapport phosphocalcique (Ca/P), le manque d'exercice, etc. Selon Al-Arabi et Andrews (2003 et 2005), la TRH (*thyrotropin releasing hormone*) a tendance à potentialiser le métabolisme chez des rats obèses, donc un effet contraire par rapport aux rats maigres ou à poids normal chez lesquels la TRH entraîne plutôt une baisse de poids. Par ailleurs, selon le magazine d'information AFRMA Rat & Mouse (décembre, 2010), la ration de rat doit titrer en moyenne 3,6 kcal ME/g (énergie métabolisable par grammes), au-delà, la ration peut être considérée comme très énergétique.

Le *nététu* ou *Soumala* a des qualités de régulateur de la tension artérielle. Il contient des protéides, de l'iode, des lipides, du fer de la vitamine A, B, C, PP et a la capacité de réduire la tension artérielle élevée. Il prévient l'apparition du goitre, de l'anémie, du cancer, et renforce les défenses immunitaires (Ogbadu, 1988 ; Ouolouho, 2017 et Termote (2022). Les animaux nourris au régime de *nététu*, ont également eu une croissance pondérale significativement très supérieures aux animaux. Ce régime n'a donc pas été néfaste sur la croissance des rats. Toutefois, ces animaux ont eu un volume de fèces supérieur aux animaux de tous les autres groupes, l'on pourrait penser à des propriétés laxatives du *nététu* qu'il faudrait vérifier par d'autres études.

Conclusion

Dans l'ensemble, les rats se sont bien comportés en général durant toute la durée de l'expérience. Leur évolution pondérale a été globalement positive. Les animaux de quelques lots ont manifesté une certaine léthargie au milieu de l'expérience, mais ont fini par reprendre une vie normale comparée à celle des animaux témoins. Aucune des rations testées n'a montré une toxicité aussi aiguë que celle notée chez les sujets nourris avec un régime contenant du propylthiouracil (PTU), qui est une puissante substance antithyroïdienne.

Ainsi, des rations contenant des aliments de base consommés en Afrique sahélienne comme le cassava, le brassica, le mil ou le *néétu* (*soumala*) n'ont pas causé d'effets particuliers sur le comportement et la croissance des rats, comparés à la norme et aux rats témoins d'expérience mais aussi, aux lots ayant consommé une ration de carence iodée simple. Ces résultats montrent plutôt que ces plantes ou leurs produits ne renferment pas des antithyroïdiens naturels ou NOG (Natuqilly Occuring Goitrogens) à un taux suffisant pour pouvoir induire un dysfonctionnement thyroïdien notable chez les rats.

Les animaux des lots M (consommant une ration riche en mil) et N (consommant une ration riche en *néétu*) principales matières premières des rations alimentaires de certaines populations africaines, ont beaucoup grossi et paraissaient peu actifs en fin d'expérience. Ces régimes ont donc des teneurs élevées en énergie et en protéine respectivement. Les deux régimes n'ont toutefois pas entraîné des comportements négatifs sur la consommation et la croissance pondérale des rats. Le mil et le *néétu* ou *soumala* ne renferment également pas des antithyroïdiens à des taux suffisamment élevés pour entraîner un dysfonctionnement thyroïdien appréciable chez les rats.

Il est utile de poursuivre les travaux notamment sur l'ingestion de régime renfermant du cassava, du brassica, du mil et du *néétu* (*soumala*) pour comprendre leurs effets sur l'anatomie et l'histologie de certains organes comme la thyroïde, les testicules et le

foie et, ceci en relation avec un dysfonctionnement thyroïdien.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts relatif à la publication de ce travail.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont participé soit à la mise en place des essais, à leur suivi, à la collecte et analyse des données, à la rédaction ou à la lecture du document.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient très sincèrement M. Ndiaye animalier à l'ORANA qui a assuré l'entretien et l'élevage des rats; tous les techniciens du Laboratoire de Pharmacognosie de la Faculté de Médecine, Pharmacie et Ondostomatologie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, où les régimes composés ont été lyophilisés.

REFERENCES

- Al-Arabi A, Andrews JF. 2003. Thyrotropin releasing hormone (TRH) potentiates the metabolic effect of norepinephrine (NE) in warm-acclimated lean and obese rats. *Biochem Sci Instrum*, **39**: 547-53. DOI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12724950>
- Al-Arabi A, Andrews JF. 2005. The metabolic effect of thyrotropin releasing hormone (TRH) and norepinephrine (NE) in cold-acclimated obese rats. *Biomed Sci Instrum*. **41**: 62-67.
- Arthur JR, Beckett GJ, Mitchell JH. 1999. The interactions between selenium and iodine deficiencies in man and animals. *Nutrition Research Reviews*, **12**(1): 55-73. DOI: <https://europepmc.org/article/MED/19087446>
- Aubry P. 2014. Goitre endémique. Carence en iode. Troubles dus à la carence en iode (TDCI). In Médecine Tropicale. http://medecinetropicale.free.fr/cours/goitre_endemique_carence_en_iode.pdf

- Beck B. 2003. Faim et satiété : des phénomènes multirégulés au niveau du système nerveux central et en périphérie. *Sang Thrombose Vaisseaux*, **15**(8): 423-431. DOI: https://www.lissa.fr/rep/articles/PF_15341319
- Brauer VF, Below H, Kramer A. 2006. The role of thiocyanate in the etiology of goiter in an industrial metropolitan area. *Eur. J. Endocrinol*, **1**(5-4): 229-235. DOI : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16452535>
- Calvin AD, Behan RA. 1954. The effect of hunger upon drinking patterns in the rat. *British Journal of Psychology*, **45**: 294-298. <https://bpspsychub.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/>
- Cooper DS, Kieffer JD, Halpern R, Saxe V, Mover H, Maloof F, Ridgway EC. 1983. Propylthiouracil (PTU) pharmacology in the rat. II. Effects of PTU on thyroid fonction. *Endocrinology*, **113**: 921-928. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6872961>
- Delange F, de Benoist B, Alnwick D. 1999. Risks of Iodine-Induced Hyperthyroidism following correction of iodine deficiency by iodized salt. *Thyroid*, **9**: 545-556. <https://www.semanticscholar.org/paper/Risks-of...>
- Delange, F, Thilly C, Ermans AM. 1968. Iodine deficiency, a permissive condition in the development of endemic goitre. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, **28**: 114-116. <https://www.semanticscholar.org/paper/Iodine>. DOI: 10.1210/JCEM-28-1-114.
- Ekpechi OL, Dimitriadou A, Russell Fraser T. 1966. Goitrogenic activity of cassava (a staple Nigerian food). *Nature* (London), **210**: 1137-1138. <https://europepmc.org/article/MED/5964173>
- Fischli S. 2013. Hypothyroïdie. *Forum Médical Suisse – Swiss Medical Forum*, **13**(21). DOI: 10.4414/fms.2013.01508.
- Greer MA. 1950. Nutrition and goiter. *Physiol. Rev.*, **30**: 513-548. DOI: 10.1152/physrev.1950.30.4.513.
- Gutmann E, Hanzikova V, Cihak R. 1967. Presence of - calcium ions as a requisite for the in vitro stimulation of TSH Release by hypothalamic TRF. *Experientia*, **23**: 853-855. <https://www.semanticscholar.org/paper/Presence-of->
- Jean-Blain C. 2002. Comportement alimentaire et régulation de l'ingéré. In *Introduction à la Nutrition des Animaux Domestiques*. Editions Médicales Internationales; 205-223. <https://isidore.science/document/10670/1.zgm77g>.
- Josseume C, Lorcy Y. 2008. Les analogues des hormones thyroïdiennes : un apport biologique important et de nouvelles possibilités thérapeutiques. DOI: 10.1016/S0003-4266(08)73966-0.
- Kriss JP, Canne WH, Gross RT. 1955. Hypothyroidism and thyroid hyperplasia in patients treated with cobalt. *J. Am. med. Ass*, **157**: 117-121.
- Lagasse R, Boudoux P, Courtois P, Hennart P, Putzeys G, Thilly C, Mafuta M, Yunga Y, Emans AM, Delange F. 1982. Influence of the dietary balance of iodine/thiocyanate and protein on thyroid function in adults and young infants. In *Multinational Factors Involved in the Goitrogenic Action of Cassava*, Delange F, Itéké FB, Ermans AM (eds). IDRC; 184e.
- Lewis LD, Morris ML, Hann MS. 1988. Anorexia, inanition et nutrition en phase critique. In *Alimentation Clinique des Petits Animaux* (3^e éd), Lewis LD, Morris ML, Hann MS (éds). Mark Morris Associates : Topeka, Kansas, USA; 5.1-5.44.
- Marine D, Baumann EJ, Spence AW, Cipra A. 1932. Further studies on etiology of goiter with particular reference to the action of cyanids. *Proc. Soc. Exp. Biol Med.*, **29**: 772-775.
- Melzer D, Rice N, Depledge MH, Henley WE, Galloway TS. 2010. Association Between

- Serum Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Thyroid Disease in the NHANES Study. *Environ Health Perspect. Research*, DOI:10.1289/ehp.0901584.
- Ogbadu L. 1988. Fermentation of African locust bean (*Parkia biglobosa*) seeds: involvement of different species of Bacillus. *Food Microbiology*, **5**(4): 195–199.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0740002088900184>
- Ouolouho A. 2017. Effets Antihypertensifs des extraits aqueux et éthanolique des graines fermentées de *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) chez les rats. *European Scientific Journal*, **13**(36): 162-176.
<https://ejournal.org/index.php/esj/article/view/10350> ;
DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n36p162>
- Patrick L. 2008. Iodine: Deficiency and therapeutic considerations. *Alternative Medicine Review : a journal of clinical therapeutic*, **13**: 116-27.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18590348>
- Scranton JR, Nissen WM, Halmi NS. 1969. The kinetics of the inhibition of thyroidal iodide accumulation by thiocyanate: a reexamination. *Endocrinology*, **85**: 603-607.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5793041>
- Taylor S. 1954. Calcium as a goitrogen. *J. Clin. Endocrinol. Metabol.*, **14**: 1412-1422.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13211780>
- Termote C. 2022. Nutrient composition of *Parkia biglobosa* pulp, raw and fermented seeds: a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **62**(1): 119-144. DOI: 10.1080/10408398.2020.1813072
- Wobber KA. 1991. Iodine and thyroid diseases. *Med. Clin. North Am.*, **75** (1): 169-178. DOI: 10.1016/s0025-7125(16)30477-1
- Wollman SH. 1962. Inhibition by thiocyanate of accumulation of radioiodine by thyroid gland. *American Journal of Physiology*, **203** : 517-524.
<https://europepmc.org/article/MED/14008093>.