

Influence de différentes sources d'énergie sur la cinétique du nitrate et du nitrite sanguins chez le mouton (*Ovis aries*) du Sahel

G. P. GONGNET¹, G. NDOUTAMIA², D. KOMMANDA¹ et R. PARIGI-BINI³

1. Ecole Inter-États des sciences et médecine vétérinaires (E.I.S.M.V.), Département des sciences biologiques et productions animales, Laboratoire de zootechnie-alimentation, B.P. 5077 Dakar (Sénégal).

2. Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques, Service de biochimie, B.P. 433 N'Djamena (Tchad).

3. Université de Padoue, Département de zootechnie, Agripolis, 35020 Legnaro (PD) (Italie).

Introduction

L'azote est absorbé par les plantes presque exclusivement sous la forme d'ion nitrate dans les sols. Dans des conditions climatiques normales, le nitrate est rapidement assimilé, de telle sorte que les concentrations en nitrate dans les tissus végétaux ne dépassent pas quelques centaines de ppm (BURROWS, 1987).

En principe, toutes les plantes sont à même d'accumuler du nitrate ; ce qui fait que quelquefois les céréales ainsi que certaines plantes fourragères vertes arrivent à accumuler considérablement cet élément.

L'assimilation de nitrate peut se passer lentement en fonction des espèces végétales, de la partie des plantes, du stade de végétation, mais aussi des engrais azotés, de la sèche du rayon solaire, de nutrition minérale, de l'utilisation des herbicides et de l'attaque par des champignons (SCHMID, 1977).

Les intoxications de l'homme et de ses animaux domestiques par le nitrate et le nitrite ont été décrites depuis longtemps et dans plusieurs zones écologiques.

Parmi les animaux domestiques, ce sont les ruminants qui sont généralement les plus atteints. Car, ces espèces animales reçoivent très souvent des fourrages riches en nitrate, et en grande proportion dans leur ration (WRIGHT et DAVISON, 1964). Dans la panse, le nitrate, à travers le nitrite, peut être réduit en ammoniacque par les micro-organismes.

Les pertes économiques qui sont causées, aussi bien par la forme aiguë que chronique d'intoxication en nitrate et nitrite, sont relativement importantes.

Cela explique l'intérêt accru que suscite bon nombre de recherches entreprises sur le métabolisme de nitrate chez les ruminants, ces trente dernières années.

Le nitrate présente très peu de risques toxicologiques. Les effets toxiques de nitrite et d'autres produits intermédiaires sont dus à la transformation de nitrate en ammoniacque. Ces processus, qui constituent la totalité du métabolisme microbien dans le rumen, sont en grande partie influencés par l'apport énergétique. Le but du présent travail est d'évaluer l'influence d'apport d'énergie par les céréales (sorgho et maïs) sur l'évolution du nitrate et du nitrite sanguins chez les moutons du Sahel.

Matériels et méthodes

Quatre moutons mâles entiers, de race du Sahel, âgés de 18 mois et pesant en moyenne 28 kg, ont été utilisés dans cette étude. Les moutons ont été soumis à quatre régimes alimentaires, successivement en carré latin 4 x 4.

Les animaux du lot I (lot témoin) ont reçu uniquement de la fane d'arachide qui a constitué la ration de base

pour les animaux de quatre lots. Les animaux du lot II ont reçu, en complément de la fane d'arachide, 250 g de maïs concassé par animal et par jour. Dans le lot III, la fane d'arachide a été complétée par 250 g de sorgho blanc concassé par animal et par jour et, enfin les moutons du lot IV ont bénéficié chacun de 250 g d'un mélange de maïs concassé (50 %) et du sorgho blanc concassé (50 %) par jour.

Au cours de l'étude, les animaux ont été maintenus individuellement dans des cages de métabolisme pour ovins. Ils ont libre accès à l'eau. Par contre, 1000 g de fane d'arachide ont été distribués à chaque animal en deux repas : 8 heures et 18 heures. Les 250 g de céréales ont été distribués aux moutons des lots II, III et IV, deux heures après la distribution de la fane d'arachide, c'est-à-dire à 10 heures.

L'étude s'est déroulée en deux phases.

La première phase correspond à la phase d'adaptation des moutons au nouveau type de traitements ou types d'énergie. Avant que les animaux ne reçoivent la solution de nitrate de potassium (KN03), des prises de sang ont été réalisées sur tous les moutons pour les concentrations de référence en N03 et N02.

Deux heures après la consommation des concentrés pour les animaux recevant les céréales, chaque mouton reçoit une solution de 50 % de nitrate de potassium à l'aide d'une seringue, par voie buccale, à raison de 1 g de KN03 par kilogramme du poids métabolique (kg p0,75), ce qui correspond à 613 mg de N03/kg P 0,75. Cette phase pré-expérimentale a duré 6 jours.

La deuxième phase est celle de prélèvements sanguins. Après 6 jours de consommation de concentrés pour les lots compléments et d'administration de nitrate de potassium pour tous les quatre lots, les prélèvements de sang sont effectués à 2, 4, 6, 12 et 24 heures après administration de la solution de KN03 dans des tubes héparinés, sur toute une journée.

Les échantillons de sang collectés sont centrifugés à 3500 g pendant 15 mn. Le plasma est récupéré à l'aide d'une micropipette dans des tubes secs. Les échantillons de plasma sont congelés à -20° C jusqu'au dosage de nitrate et de nitrite plasmatiques à la fin de l'expérimentation selon des méthodes adéquates (DEVIN *et al.*, 1962).

L'analyse statistique a été réalisée au département de zootechnie de l'université de PADOUE (Italie), grâce au logiciel SAS (1993).

Les moyennes des valeurs des concentrations de nitrate et de nitrite dans le sang sont comparées aux concentrations de référence, c'est-à-dire avant l'administration de KN03 en fonction du temps, du type de ration et de l'interaction entre le temps et le type de ration.

Résultats

Concentration de nitrate plasmatique

Avant l'administration du nitrate de potassium (KN03), la concentration moyenne de référence de nitrate obtenue

sur les 4 moutons est de 0,2 ppm. Deux heures après l'administration du KN03, il nous a été donné d'observer une augmentation significative ($P < 0,001$) de la concentration du nitrate sanguin chez les animaux de tous les quatre lots (Figure 1). Cette augmentation est plus importante chez les moutons soumis uniquement à la fane d'arachide, où elle atteint 10,4 ppm, suivie de la concentration chez les animaux recevant en plus de la fane d'arachide le mélange maïs-sorgho avec 7,9 ppm. Alors que chez les moutons qui consomment du sorgho ou du maïs en complément de la fane d'arachide, la concentration maximale en nitrate se situe à 6,6 ppm et 6,2 ppm respectivement.

Le niveau de concentration en nitrate sanguin se maintient plus élevé chez les animaux dont la ration de base est constituée uniquement de fane après 4 heures et 6 heures, comparativement à celle des moutons dans les trois lots complémentés en céréales.

A la 4^e heure, aucune différence n'a été observée entre les niveaux de concentration en nitrate sanguin chez les moutons des trois lots (II, III et IV). Selon l'analyse statistique, le temps de prélèvement a un effet hautement significatif ($P < 0,0001$) sur la concentration du nitrate disponible dans le sang des moutons du Sahel. De même, la ration influence significativement ($P < 0,4042$) cette concentration. Par contre, l'interaction entre le temps de prélèvements du sang et la ration n'entraîne pas de différence significative dans la concentration du nitrate sanguin ($P > 0,9489$).

Après 12 heures, les différentes concentrations en nitrate deviennent presque identiques chez les animaux des quatre lots (figure 1).

Concentration de nitrite plasmatique

La concentration moyenne du nitrite plasmatique avant l'administration orale du nitrate de potassium est de 0,4 ppm. Cette concentration augmente considérablement dans tous les quatre lots (figure 2). Elle atteint son maximum après 2 heures, avec 0,8 ppm, 0,9 ppm, 0,9 ppm et 1 ppm respectivement dans le lot I, lot IV, lot II et lot III.

Il est à noter que la plus faible concentration de nitrite est obtenue après 2 heures chez les moutons soumis à la fane uniquement. La plus forte concentration est observée chez les moutons recevant du maïs (lot III). Après ce temps, la concentration de nitrite diminue progressivement chez les animaux des lots I et IV pour atteindre son minimum après 4 heures dans le lot IV et 6 heures dans le lot I. Dans les lots II et III, des fluctuations dans la concentration de nitrite sanguin ont été observées.

D'une façon générale, le temps influence très significativement ($P < 0,0001$) la concentration de nitrite plasmatique chez les moutons du Sahel. De même, le type de ration entraîne une différence significative ($P < 0,0042$) dans la concentration du nitrite. Ce qui n'est pas le cas des interactions entre le temps de concentration de nitrite et de la qualité de la ration ($P > 0,8848$).

Discussions

Le choix de moutons peulh du Sahel se justifie par sa zone d'élevage qui est le Sahel où la sécheresse occupe la plus grande partie de l'année. Très souvent, des déficits pluviométriques peuvent entraîner des concentrations relativement élevées des nitrates dans les plantes et conduire à l'intoxication des animaux, surtout quand leurs aliments sont pauvres en énergie (TAKAHASHI *et al.*, 1986).

Dans notre étude, les concentrations maximales, aussi bien en nitrate qu'en nitrite, sont atteintes 2 heures après l'ingestion du nitrate de potassium. Ce qui confirme les résultats déjà obtenus chez les vaches laitières soumises à trois niveaux d'énergie à base de concentré (SON, 1982).

Selon WIESNER *et al.*, (1979), le nitrate est absorbé en grande quantité lorsqu'il est administré sous forme de solution par la voie orale. Ce qui expliquerait la forte concentration de nitrate chez les moutons utilisés dans la présente étude, 2 heures après d'administration par voie orale de la solution de nitrate de potassium.

La biotransformation du nitrate dans le rumen est favorisée par l'activité de la flore ruminale. Or, l'utilisation accrue de nitrate nécessite une adaptation de la flore du rumen. Pendant cette phase de latence plus ou moins longue, le nitrate n'est métabolisé qu'en très faible quantité dans le rumen, d'où sa concentration relativement élevée dans le sang, 2 heures après l'administration orale du nitrate de potassium.

Les concentrations en nitrate et nitrite dans le sang sont fonction de celle du rumen (KEMP *et al.*, 1977). Ces différentes concentrations varient également avec le type de ration, d'où la vitesse de dégradation des aliments. Ce qui paraît être le cas dans la présente étude, à partir de l'ingestion du nitrate de potassium jusqu'au delà de 2 heures pour la concentration de nitrate et durant toute la période des prélèvements pour le nitrite.

Il est à souligner que la concentration de nitrate dans le sang est plus élevée chez les animaux soumis uniquement à la fane d'arachide (lot I), c'est-à-dire lorsque le niveau énergétique est le plus bas par rapport à ceux

de lots complétés en concentré (céréales). Cette différence de concentration en nitrate du lot I persiste jusqu'à 12 heures après la consommation du nitrate de potassium. Des observations identiques sont faites par bon nombre d'auteurs. Selon SON (1982), la concentration en nitrate sanguin reste significativement plus basse lorsque la vache reçoit 120 % du niveau d'énergie nécessaire à couvrir ses besoins que celle de la vache qui consomme 100 % ou 80 % d'énergie. Pour l'auteur, la concentration de nitrite est plus élevée au cours des trois premières heures qui suivent l'administration de nitrate lorsque la vache ne reçoit que les 80 % de son niveau énergétique recommandé. Cela n'est pas le cas dans notre étude lorsque les moutons sont soumis uniquement à la fane d'arachide (lot I). Mais ce qui paraît très important de souligner, c'est que les différentes sources de nitrate utilisées en alimentation sont transformées en nitrite (BURROWS, 1987 et MINAKOWSKI, 1988).

Selon BURROWS (1987), lorsque les bovins, d'environ 400 kg de poids vif, reçoivent 3,2 kg de maïs par jour, ils sont protégés contre l'intoxication du nitrate par une réduction significative ($P < 0,05$) de la concentration du nitrite dans le rumen et de la méthémoglobine. Lorsque les moutons sont soumis aux différentes sources d'énergie : maïs, matières grasses et sucrose, la concentration de nitrite, aussi bien dans le rumen que dans le plasma, diminue par rapport à celle des moutons recevant des sources d'azote telles que le soja, l'urée et la caséine. Les auteurs soulignent que le remplacement du soja par l'urée et la caséine conduit à une augmentation significative de la concentration du nitrite du plasma (TAKAHASHI *et al.*, 1980a).

Pour TAKAHASHI *et al.* (1980b), la concentration en nitrite du plasma est significativement élevée lorsque les moutons consomment 50 % de nutriments digestibles totaux ou 100 % de protéines digestibles totales par rapport à ceux qui ingèrent 100 % de nutriments digestibles totaux ou 50 % de protéines digestibles totales.

La biotransformation du nitrate en nitrite est liée aux activités microbiennes du rumen qui, elles-mêmes, dépendent des régimes alimentaires. C'est ainsi que NAKAMURA *et al.* (1979) ont conclu que l'apparition et la disparition du nitrate dans le rumen sont plus rapides chez les moutons recevant du concentré en complément du foin des graminées que chez ceux soumis uniquement au foin. L'addition de concentrés a tendance à augmenter la vitesse de réduction à la fois du nitrate et du nitrite par les microorganismes du rumen. Ce qui, selon ces auteurs, réduit la sévérité de l'intoxication du nitrate, lorsque les concentrés

à base de glucides fermentescibles sont incorporés dans les régimes riches en nitrates.

Dans notre étude, la plus faible concentration en nitrite est observée après 4 heures avec la fane d'arachide seule (lot I) et avec la fane d'arachide complétementée en concentré composé de 50 % de maïs et de 50 % de sorgho (lot IV).

Remerciements

Nous tenons à remercier très sincèrement l'Union panafricaine des sciences et de la technologie (UPST) qui a bien voulu subventionner ce travail.

Références bibliographiques

BURROWS G. E., 1987. The prophylactic effects of corn supplementation on experimental nitrate intoxication in cattle. *J. Anim. Sci.* 64 (6) : 1682-1689.

DIVEN R. H., PISTOR W. J., REED R. E., TRAUTMANN R. J. et WATTS R. E., 1962. The determination of serum or plasma nitrate and nitrite. *Am. J. Vet. Res.* 23 : 497-499.

KEMP A., WHELAN J. H., HAALSTRA R. T. et MALESTEIN A., 1977. Nitrate poisoning in cattle. 2. Changes in nitrite in rumen fluid and methemoglobin formation in blood after high nitrate intake. *Neth. J. Agric. Sci.*, 23 : 51-62.

MINAKOWSKI D., 1988. Effect of different quantities of nitrate in the ration on content of caroten and vitamin A in the blood plasma and on the changes in the rumen of young and fattening bulls. *Acta Acad. Agr. Ac. Tech. Olst. Zootech.* 31 : 11-23.

NAKAMURA Y., TADA Y., SHIBUYA M., YOSHIBA J. et NAKAMURA R., 1979. The influence of concentrates on the nitrate metabolism of microorganisms in the rumen of sheep. *Jap. J. Zootech. Sci.* 50 : 782-789.

SAS., 1993. System for Microsoft Windows, Release 6.10., SAS Institut INC, CARY, NC, USA.

SCHMID A., 1977. Nitrat-und Nitritvergiftung Haus-und Nutztieren. *Tierärztl. Praxis*, 5 : 141-152.

SON Y. S., 1982. Zur Beeinflussung des Nitrat-und Nitritstoffwechsel sowie der Methämoglobinbindung unter Nitratbelastung bei Milchkühen durch Line differenzierte Energieversorgung über das Ergänzungsfutter. *Diss Sc. Agr. Göttingen*, 116 p.

TAKAHASHI J., MASUKO T. et ENDO S., 1980a. Effects of dietary protein and energy levels on the reduction of nitrate and nitrite in the rumen and methemoglobin formation in sheep. *Jap. J. Zootech. Sci.* 51 : 626-631.

TAKAHASHI J., ABE K., HIGUCHI K. et FUJITA H., 1980b. Effects of different types of dietary protein and energy on the reduction of nitrate and nitrite in the rumen and methemoglobin formation in sheep. *Jap. J. Zootech. Sci.* 51 : 649-657.

TAKAHASHI K., MATZUSAKI K., SONODA M., KUROSAWA T., NAKADE T., CHIHAYA-ATAKI K. et NARASAKI N., 1986. A mass outbreak of nitrate poisoning from hay in Holstein-Friesian heifers. *Journal of the College of Dairing, Japan-Natural Science*, 11 (1) : 361-370.

WIESNER E., BERSCHNEIDER F., NEUFFER K., WILLER S. et WALDECK B., 1979. Zur Frage der Nitrattoleranz bei Milchkühen. *Mh. Vet. Med.*, 34 : 489-491.

WRIGHT M. J. et DAVISON K. L., 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Adv. Agron.*, 16 : 197-247.

Résumé

L'influence de l'apport d'énergie à base de céréales (sorgho et maïs) sur l'évolution de nitrate et de nitrite sanguins a fait l'objet d'une étude en station chez le mouton du Sahel.

Quatre moutons mâles de l'espèce *Ovis aries* entiers, âgés de 18 mois et soumis à quatre différents régimes, en carré latin 4 X 4, ont été utilisés dans cette expérimentation.

Les animaux du lot I (témoin) reçoivent uniquement de la fane d'arachide. Ceux du lot II reçoivent 250 g de sorgho concassé en complément de la fane d'arachide. Dans le lot III, la fane d'arachide a été complétée par 250 g de maïs concassé. Enfin, les animaux du lot IV reçoivent par animal et par jour 250 g de mélange de maïs et de sorgho concassés à une proportion de 50 %.

Deux heures après la consommation d'aliments, une solution de 50 % de nitrate de potassium (KN03), correspondant à 613 mg de nitrate par kg de poids métabolique a été administré par voie orale aux animaux. Des augmentations significatives du nitrate et de nitrite sanguin ont été observées chez les animaux de tous les quatre lots, 2 heures après l'administration de nitrate de potassium. Ces concentrations sont de 10,4 ppm ; 7,9 ppm ; 6,6 ppm et 6,2 ppm pour le nitrate avec les lots I, IV, III et II et de 0,8 ppm ; 0,9 ppm ; 0,9 ppm et 1 ppm pour le nitrite au niveau des lots I, II, III et IV. Après 4 et 6 heures, la concentration en nitrate reste plus élevée chez les animaux de lot témoin. Quant à la concentration du nitrite, elle diminue progressivement chez les animaux des lots I et IV pour atteindre son bas niveau en 4 heures et en 6 heures dans le lot I. Le temps de prélèvement sanguin a un effet hautement significatif ($P < 0,0001$) sur la concentration du nitrate et du nitrite dans le sang. De même, les sources d'énergie influencent aussi significativement ($P < 0,4042$) ces concentrations. Mais l'interaction entre le temps de prélèvement sanguin et les sources d'énergie n'a pas d'effet significatif ($P > 0,9489$) sur la concentration du nitrate dans le sang.

Mots-clés : sources d'énergie, fane d'arachide, sorgho, maïs, nitrate sanguin, nitrite sanguin, mouton du Sahel.

Abstract

The influence of energy based on cereals (sorghum, maize) on the behaviour of blood nitrate and nitrite was experimentally undertaken. Four male sahelian sheep (*Ovis aries*) of 18 month old submitted to four different diets were used in this experimentation.

The animals of group I (control) were fed only with groundnut hay. In the group II the groundnut hay was supplemented with 250 g of crashed sorghum. In the group III, the complementation consisted of 250 g of maize. Finally, the animals of group IV received on top of the groundnut hay 250 g of mixture of maize and sorghum in the ratio of 50 %.

Two hours later, a solution of 50 % of potassium nitrate, corresponding to 613 mg of nitrate per kg of liveweight was orally administered to animals. A significant increase of blood nitrate and nitrite concentrations were observed in all the animals of four groups. The nitrate and nitrite concentrations were 10.4 ppm, 7.9 ppm, 6.6 ppm and 6.2 ppm for animals of groups I, IV, III and II, and 0.8 ppm, 0.9 ppm, 0.9 ppm and 1 ppm for nitrite in groups I, II, III and IV.

After 4 and 6 hours, the nitrate concentration was still higher in the animals of control group. The nitrite concentrations gradually decrease in animals of groups I and IV, to reach the lowest level in 4 and 6 hours for the group I.

The effect of time was highly significant ($P < 0.0001$) on the blood nitrate concentration. Similarly, the diet influenced significantly ($P < 0.4042$) this parameter. However, the interaction between the blood sampling time and the diets has not a significant effect ($P > 0.9489$) on the blood nitrate concentration.

Keywords : sources of energy, groundnut hay, sorghum, maize, blood nitrate, blood nitrite, sahelian sheep.

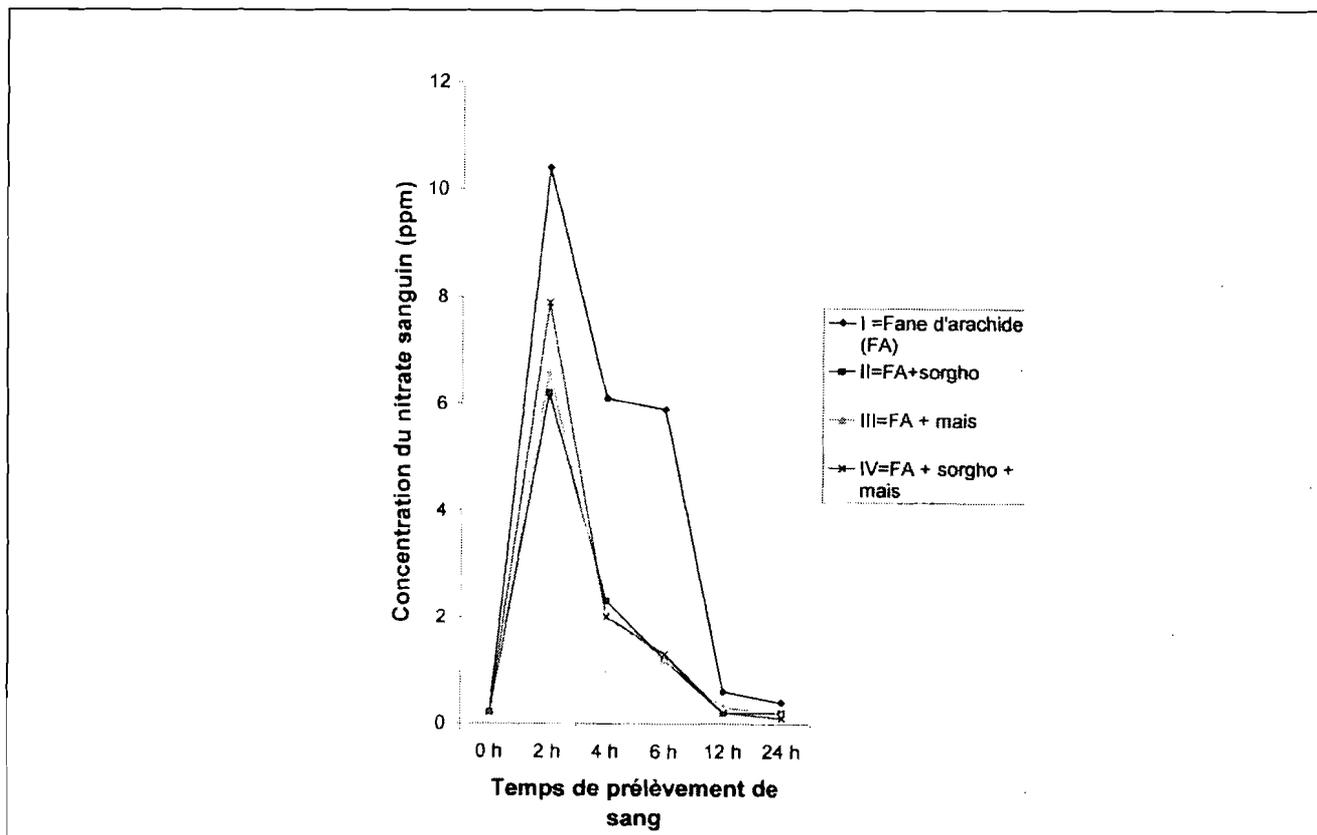


Figure 1 : Cinétique du nitrate sanguin sous l'influence de sources d'énergie alimentaire.

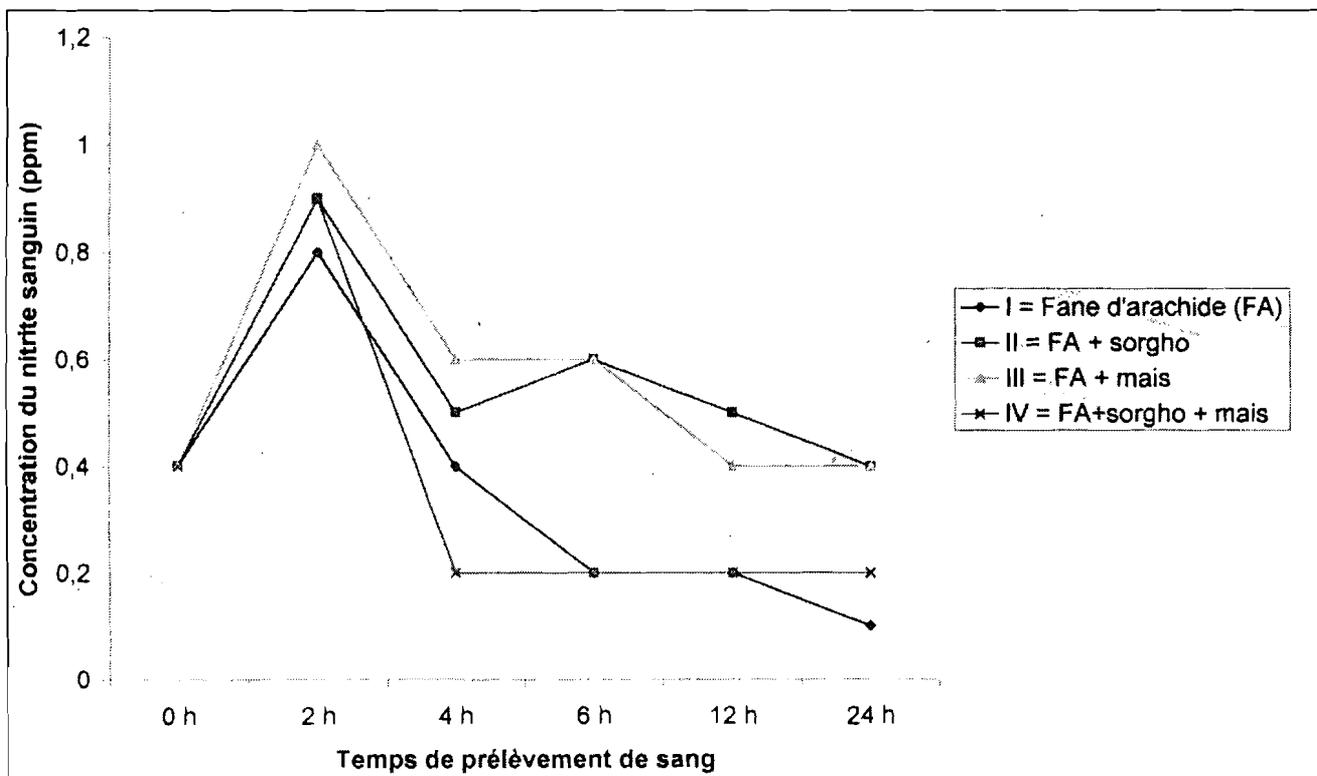


Figure 2 : Cinétique du nitrite sanguin sous l'influence de sources d'énergie alimentaire.