

Étude comparée de la valeur nutritive du maïs et des sorghos dans l'alimentation du poulet de chair en zone tropicale sèche

G.P. GONGNET ¹ & S.G. VIAS-FRANK ¹

(Reçu le 11/11/1996 ; Accepté le 24/12/1996)

دراسة مقارنة للقيمة الغذائية للذرة والذرة البيضاء في تغذية دجاج اللحم من منطقة استوائية جافة

تمت مقارنة القيمة الغذائية للذرة (*Zea mays*) مع الذرة البيضاء، والحمراء على 150 ككتوت عمر يوم واحد من ذريته Ross 208. ربيت ثلاث وحدات، 50 طير في كل وحدة، لمدة 7 أسابيع وتم إخضاعها لثلاثة أنواع من الغذاء، الذرة الصفراء (R.M)، الذرة البيضاء (RSB) و الذرة الحمراء (RSR) كان الإستهلاك الغذائي 87 غ في اليوم لكل دجاجة بالنسبة لمجموعة RSB و 84 غ في اليوم لكل دجاجة بالنسبة لمجموعة RM-RSR. الفرق مهم بين كمية الغذاء المستهلك من طرف دجاج وحدة RSB مهم بالمقارنة مع دجاج الوحدتين الأخرتين RM و RSR ($P < 0,05$). في آخر الأسبوع السابع، يزن دجاج وحدة RSB، 2107g و 2079g و 2126g، هذا الاختلاف الموزون غير مهم بين الوحدات الثلاثة ($P > 0,05$) وكذلك بالنسبة لمتوسط الزيادات اليومية والتي كانت متساوية في الوحدات الثلاثة. وكانت المرودية الهيكلية مرتفعة مع الغذاء المعتمد على الذرة الحمراء (71,4%) أما الدجاج المغذي بالذرة (RM) فقد بين هياكل و أرجل صفراء.

الكلمات المفتاحية : القيمة الغذائية - ذرة صفراء - ذرة بيضاء - ذرة حمراء - متوسط الزيادة اليومية - المرودية الهيكلية - دجاج اللحم.

Étude comparée de la valeur nutritive du maïs et des sorghos dans l'alimentation du poulet de chair en zone tropicale sèche

L'analyse de la valeur nutritive du maïs (*Zea mays*) comparée à celle du sorgho blanc et du sorgho rouge a été effectuée sur 150 poussins d'un jour de souche ROSS 208. Trois lots de cinquante oiseaux chacun, ont été élevés pendant sept semaines et soumis à trois types d'aliments contenant du maïs jaune (RM), du sorgho blanc (RSB) et du sorgho rouge (RSR). La consommation alimentaire a été de 87g/jour pour le lot RSB et de 84g/jour pour RM et RSR. La différence entre la quantité d'aliments ingérés par les poulets de deux autres lots RM et RSR ($p < 0,05$). À la fin de la septième semaines, les poulets pesaient 2126g pour le lot RSM, 2107g pour le lot RSB et 2079g pour le lot RSR. Cette différence pondérale n'est pas significative entre les trois lots ($p < 0,05$) ; il en est de même pour les gains moyens quotidiens qui sont identiques dans les 3 lots (46g). Le rendement carcasse a été plus élevé avec l'aliment à base de sorgho rouge (71,4%). Les poulets nourris du maïs (RM) présentaient des carcasses et des pattes jaunes.

Mots clés : Valeur nutritive - Maïs jaune - Sorgho blanc - Sorgho rouge - Gain moyen quotidien - Rendement carcasse - Poulets de chair.

Comparative study of nutritive value of tropical corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum vulgare*) in broiler

One hundred and fifty one day-old chicks, ROSS 208 strain have been used to compare nutritive value of corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum vulgare*) for broilers. Chicks were divided into three groups and fed three diets containing yellow corn (RM), white sorghum (RSB) and red Sorghum (RSR) during 7 weeks. Feed intake was higher in group RSB, 87g/day, RM 85g/day for RM and 84g/day for RSR respectively. The difference between intake in the three groups was significant ($P < 0,05$). But the weights at slaughter were not significantly different ($P < 0,05$). The average daily gains (ADG) was 46g in all groups. Carcass yield was significantly influenced by the diets ($P < 0,05$).

Key words : Nutritive value - Average daily gains - Corn - Sorghum - Broiler

¹ École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires (E.I.S.M.V), Service de Zootechnie - Alimentation, B.P. 5077 Dakar, Sénégal

✦ Auteur correspondant

INTRODUCTION

Parmi le disponible céréalier de la zone tropicale, le maïs et le sorgho sont très utilisés dans l'alimentation des volailles. Toutefois, peu d'informations sont disponibles sur leur valeur nutritive.

Originnaire de l'Amérique Centrale notamment du Mexique (FAO, 1993), le maïs est une céréale de choix dans l'alimentation des poulets de chair. Ceci se justifie, entre autres, par la bonne digestibilité de sa matière organique qui se situe en moyenne à 81%, et sa valeur énergétique relativement élevée avec environ 3432 kcal EM/kg d'aliment.

Par contre, le maïs est pauvre en protéines avec un taux de 8% dans la matière sèche (Smith, 1992) presque dépourvue de sodium 0,01% et de calcium 0,01% dans la matière sèche (Larbier & Leclercq, 1992). Le maïs contient en moyenne 0,31% de phosphore total sous forme de phosphore phytique.

D'autre part, l'Afrique est considérée comme le centre d'origine du sorgho et on y trouve un grand nombre de variétés. Cette céréale est très proche du maïs du point de vue phylogénétique et peut le remplacer dans les aliments de volaille, de par sa composition chimique et sa valeur nutritive.

Certaines variétés de sorghos sont cependant riches en tanins qui peuvent limiter leur utilisation digestive.

Selon Anselme (1987), le sorgho africain est pauvre en tanins et présente une digestibilité plus élevée que le sorgho français ou américain. Néanmoins aucune étude systématique n'a été menée sur la valeur nutritive des sorghos africains

Ce travail a donc pour objectif de contribuer à l'étude de la valeur nutritive des sorghos et du maïs récoltés en zone tropicale sèche, afin de favoriser leur incorporation dans l'aliment des volailles.

MATÉRIEL & MÉTHODES

Cent cinquante poussins d'un jour de souche ROSS 208 ont été utilisés dans cette étude qui a duré 49 jours. Dès leur arrivée, les poussins ont été répartis en 3 lots de cinquante poussins chacun. Les trois types d'aliments utilisés ne diffèrent que par leur charge céréalière. Ils étaient fabriqués en fonction de deux phases : démarrage et croissance - finition.

Pour chacune de ces deux phases, trois types d'aliments ont été composés et préparés à la ferme de l'E.I.S.M.V. de Dakar où les expérimentations ont été menées de novembre à décembre 1994.

Ainsi, les aliments démarrage sont désignés par 1, 2 et 3 contenant respectivement du maïs jaune, du sorgho blanc et du sorgho rouge. Les aliments croissance - finition ont été identifiés par 4, 5 et 6.

Les compositions de différents aliments sont présentées au tableau 1. Ces aliments ont été analysés selon les méthodes décrites par Naumann & Bassler (1976). Les oiseaux, qui ont été élevés au sol durant toute la durée d'étude, ont reçu les aliments en deux repas par jour à 7 heures et à 17 heures. Les refus sont récupérés et pesés chaque jour.

À la fin de l'expérience, 10 poulets mâles et 10 poulets femelles ont été choisis au hasard dans chaque lot. Ils ont été pesés individuellement et sacrifiés par saignée pour la détermination des rendements en carcasse, du gras abdominal, du développement du foie et de la coloration des carcasses.

Les poulets ont été déplumés à chaud, éviscérés, les têtes et les pattes coupées. Les carcasses ont été pesées individuellement, ce qui nous a permis de calculer les rendements de la carcasse. Les gains moyens quotidiens (GMQ), les indices de consommation (IC), l'efficacité protéique ont été calculés. Les caractéristiques des carcasses et des pattes ont été déterminées. L'état d'engraissement de chaque poulet sacrifié a été estimé en fonction des lots.

Les valeurs moyennes des quantités d'aliments consommées, les gains moyens quotidiens, l'efficacité protéique, les rendements de la carcasse ainsi que l'état d'engraissement et le développement du foie ont été soumis à l'analyse de variance selon le test de Fisher (au seuil de signification 0,05).

RÉSULTATS

Le sorgho blanc est plus riche en protéines brutes que le maïs et le sorgho rouge avec respectivement 17,7% ; 10,3% et 7,5% de la matière sèche. Il est pauvre en cellulose avec 2% et plus riche en phosphore total 0,21% contre 0,10% dans le sorgho rouge et 0,18% dans le maïs (Tableau 1).

Tableau 1. Composition des aliments de démarrage et de croissance-finition

Ingrédients (%)	Aliments					
	Démarrage			Croissance		
	1	2	3	4	5	6
Maïs	67,50	-	-	70,00	-	-
Sorgho blanc	-	67,50	-	-	70,00	-
Sorgho rouge	-	-	67,50	-	-	7,00
Huile d'arachide	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Tourteau d'arachide	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Farine de poisson	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Lysine	0,25	0,25	2,50	0,25	0,25	0,25
Méthionine	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Phosphate bicalcique	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Premix	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sel	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Total	100	100	100	100	100	100
Composition chimique des aliments utilisés						
Matière sèche (%MF)	89,87	90,56	87,42	90,06	92,25	91,60
Protéines brutes (%MS)	23,74	24,33	22,47	26,36	26,59	26,65
Cellulose brute (%MS)	4,18	4,35	3,88	4,22	6,30	4,59
Matières minérales (%MS)	5,05	7,42	6,67	5,86	8,55	6,88
Calcium (%MS)	0,91	1,06	0,90	1,01	0,99	0,82
Phosphore (%MS)	0,86	1,01	0,86	0,89	0,89	0,85
Energie métabolisable (kcal/kg de MS)	3140	3059	3059	3184	3100	3100

1 : aliment démarrage à base de maïs ; 2 : aliment démarrage à base de sorgho blanc ; 3 : aliment démarrage à base de sorgho rouge ; 4 : aliment croissance-finition à base de maïs ; 5 : aliment croissance-finition à base de sorgho blanc ; 6 : aliment croissance-finition à base de sorgho rouge

La quantité d'aliment consommé par les poulets nourris à l'aliment à base de sorgho blanc diffère significativement ($P < 0,05$) de celle des poulets soumis aux autres types d'aliments (Tableau 2). Dans le lot RSB, les poulets ont consommé en moyenne 87 g d'aliment par jour et par oiseau, alors que ceux recevant l'aliment à base de maïs et de sorgho rouge ont consommé en moyenne 84 g par jour et par poulet. Cette différence de consommation alimentaire est surtout significative à la phase croissance-finition.

D'autre part, il est à souligner que les trois types d'aliment n'entraînaient aucune différence significative ($P > 0,05$) dans l'amélioration de l'indice de consommation. Toutefois, le meilleur indice de consommation a été obtenu avec l'aliment maïs (1,81), alors que les aliments 2 et 3 conduisaient respectivement à un indice de consommation de 1,93 et 1,98.

Après sept semaines d'étude, le meilleur gain de poids est obtenu chez les poulets soumis à la ration

maïs avec 2 126 g de poids final moyen. L'aliment à base de sorgho blanc conduisait à un poids final moyen de 2 107 g contre 2 079 g pour le sorgho rouge. Néanmoins, aucune différence significative dans l'évolution pondérale des oiseaux de ces trois lots n'est signalée ($P > 0,05$). Il est de même du gain moyen quotidien GMQ, qui est de 46g dans tous les lots.

L'efficacité protéique la plus élevée a été obtenue avec l'aliment 1, soit 2,57 par rapport aux rations sorgho blanc (2,27) et sorgho rouge (2,43). Ces différents aliments n'entraînaient aucune différence significative ($P > 0,05$) dans les valeurs de l'efficacité protéique chez nos poulets. Par contre, il nous a été donné de noter une différence significative ($P < 0,05$) dans les rendements de la carcasse chez les poulets soumis aux différents régimes alimentaires. Le meilleur rendement carcasse est obtenu chez les poulets soumis à l'aliment à base de sorgho rouge avec 71,4%, suivi de ceux des aliments maïs (68,5%) et sorgho (67,2%).

Tableau 2. Influence du type de régimes alimentaires à base du maïs et des sorgho sur la consommation alimentaire, les performances de croissance et d'engraissement des poulets

Paramètres étudiés	Lots		
	RM	RSB	RSR
	Consommation alimentaire moyenne (g/poulet.jour)		
Démarrage (1er-2ème jour)	62,7±34,22a	64,6±36,35a	62,4±33,3a
Croissance-finition (22ème-49ème jour)	114,3±17,56a	117,4±15,06b	113,5±16,08ac
Cycle de production	84,0±38,06a	87,2±39,13b	84,3±37,25ac
Gain moyen quotidien	46±18,59a	46±23,12a	46±22,40a
Indice de consommation (a)	1,81±0,10a	1,93±0,23a	1,98±0,48a
Efficacité protéique (b)	2,57±0,53a	2,27±0,24a	2,43±0,48a
Rendement carcasse (%) (c)	68,5±59a	67,2±0,48b	71,4±1,21a
Gras abdominal (% du poids vif)	1,37±0,91a	1,66±0,33b	1,67±0,64a
Développement du foie (% du poids vif)	2,81±0,58a	2,74±0,37a	2,42±0,18b

$$(a) = \frac{\text{Quantité d'aliment consommé (en g)}}{\text{Gain de poids vif (en g)}} \times 100 ; \quad (b) = \frac{\text{Quantité de protéine consommée (en g)}}{\text{Gain de poids vif (en g)}} \times 100 ;$$

$$(c) = \frac{\text{Poids de carcasse (en g)}}{\text{Gain de poids vif (en g)}} \times 100 ;$$

RM: Aliment à base de maïs ; RSB : Aliment à base de sorgho blanc ; RSR: Aliment à base de sorgho rouge

C'est la ration maïs qui produit les poulets les plus maigres avec le gras abdominal de 1,37% alors qu'il est de 1,66% et 1,67% chez les oiseaux recevant les aliments à base de sorgho blanc et de sorgho rouge (Tableau 2). Mais, aucune valeur ne diffère de façon significative. Les poulets nourris à la ration maïs ont des carcasses et des pattes jaunes, alors que les poulets soumis aux aliments à base de sorgho aussi bien blanc que rouge présentent des carcasses et des pattes blanches ou pâles.

DISCUSSION

La consommation alimentaire la plus élevée a été obtenue avec l'aliment 2 comparativement aux aliments 1 et 3. Les oiseaux consommaient la même quantité aussi bien d'aliment 1 que 3. Ceci confirme les résultats obtenus par Douglas *et al.* (1990) qui ont trouvé que la consommation alimentaire ne diffère pas chez les poulets nourris à l'aide d'un régime à base de maïs ou à base de sorgho rouge.

Mouhamadain *et al.* (1986) sont parvenus à montrer que les oiseaux ont un niveau de consommation plus élevé lorsqu'ils sont soumis à un aliment à base de maïs que ceux recevant une alimentation à base des sorghos. Cela pourrait s'expliquer par la grande variabilité des sorghos à travers le monde. Par contre, les oiseaux ont un

même niveau de consommation alimentaire lorsqu'ils consomment un aliment à base de maïs ou de sorgho rouge.

Les poulets du lot RM présentent le meilleur indice de consommation. Ceci pourrait expliquer une meilleure utilisation de l'aliment à base de maïs par rapport aux aliments à base de sorghos rouge et blanc.

Comme l'ont déjà souligné Mouhamadain *et al.* (1986), le tanin présent dans le sorgho était responsable de la réduction de la digestibilité des protéines et inhibait l'action des enzymes digestives.

Selon ces auteurs, les poulets nourris à l'aliment à base de maïs atteignaient en moyenne 1 241 g de poids vif alors que ceux nourris au sorgho pesaient 1 027 g avec le sorgho jauné égyptien et 966 g avec le sorgho jaune soudanais à l'âge de trente cinq jours.

La différence entre les poids vifs finaux des poulets soumis à ces types de sorgho rapportés par Ibrahim *et al.* (1988) et Mouhamadain *et al.* (1986) était significative ($P < 0,05$). Dans cette étude, les poulets nourris au sorgho blanc avaient un poids vif final moyen supérieur (2 107 g) à ceux nourris au

sorgho rouge (2 079 g) après 49 jours. Mais, la différence entre ces poids vifs n'était pas significative ($P < 0,05$). Les gains moyens quotidiens (GMQ) obtenus avec ces différents aliments étaient de 46 g par jour et par poulet dans les 3 groupes. Gualtier & Rapaccini (1990) accusaient les effets antinutritionnels du tanin contenu dans cette céréale.

En effet, des concentrations élevées de tanin réduisaient considérablement la consommation alimentaire, la digestibilité et la rétention protéiques (Nelson *et al.*, 1975)

Les trois types de régimes alimentaires 2, 1, 3 ont entraîné des différences significatives ($P < 0,05$) dans les rendements de la carcasse de poulets. Le rendement de la carcasse le plus élevé a été obtenu chez les poulets nourris à l'aliment à base de sorgho rouge avec 71,4% contre 68,5% (aliments à base de maïs) et 67,2% (sorgho blanc). Par contre, l'aliment à base de maïs entraînait la production des poulets plus maigres que ceux nourris aux aliments à base de sorgho. Toutefois, la différence entre le gras abdominal des poulets de ces trois lots n'était pas significative ($P < 0,05$).

Les poulets nourris au maïs jaune ont les pattes, la peau ainsi que les carcasses jaunes. Cette coloration, très appréciée par certains consommateurs, est due au pigment xanthophylle du maïs (Schwark *et al.*, 1987) et pourrait être également influencée par des aliments riches en caroténoïdes tel que le maïs jaune.

L'absence de pigment xanthophylle dans le sorgho expliquerait la couleur blanche des pattes et des carcasses des poulets des lots RSB et RSR dans notre étude.

CONCLUSION

Malgré les effets négatifs des facteurs antinutritionnels comme le tanin dans certaines variétés de sorghos, les poulets soumis aux sorghos blanc et rouge récoltés au Sénégal ont des performances identiques à ceux nourris au maïs.

En admettant que les sorghos cultivés au Sénégal sont pauvres en tanin, ils pourraient être valablement utilisés dans la ration de volaille.

Mais, c'est la disponibilité qui poserait peut-être des problèmes. Néanmoins, cela devrait constituer une des voies pour encourager et développer la culture des céréales locales. Ceci réduirait des sorties des devises et contribuerait à l'autosuffisance alimentaire dans les pays du Sahel à l'exemple du Sénégal.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Anselme B. (1987) L'aliment composé pour volaille du Sénégal : Situation actuelle, contribution à son amélioration pour une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales. Th. Med. Vet. Toulouse, 103p.
- Douglas J.H., Sullivan T.W., Bond P.L., Strowe F.J., Baiers J.G. & Robenson L.G. (1990) Influence of grinding, rolling and pelleting on the nutritional value of grains sorghum and yellow corn for broilers. *Poult Sci.* 69 : 2150-2156
- Ferrando L.R. (1969) Alimentation du poulet de chair et de la poule pondeuse. Paris, 197p.
- FAO (1987) Amélioration et production du maïs, du sorgho et du mil. FAO, Rome, 559p.
- FAO (1993) Le maïs dans la nutrition humaine. FAO, Rome, 120p.
- Gualtier M. & Rapaccini S. (1990) Sorghum grain in poultry feeding. *World's Poultry Science* 46 : 246-252
- Ibrahim S., Fischer C., Elalaily H., Soliman H. & Anwar A. (1988) Improvement of the nutritional quality of egyptian and sudanese sorghum grains by the addition of phosphates. *British Poult Sci.* 29 : 721-728
- Larbier M. & Leclercq B. (1992) Nutrition et alimentation des volailles INRA- Paris, 355p.
- Mouhamadain G.M.I., Babiker S.A. & Mouhamed T.A. (1986) Effect of feeding millet, maize and sorghum grains on performance, carcass yield and chemical composition of broiler meat. *Trop. Agric.* 2 (63) : 173-176
- Nauman K. & Bassler R. (1976) Methodenbuch Band III: Die chemische Untersuchungen von Futtermitteln, Melsungen, Verlag. J. Neumann-Neudamm
- Nelson T.S., Stephenson E.L. Buirgos A., Floyd J. & John O. (1975) Effect of tannin content and dry matter digestion on energy utilization and average amino-acids availability of hybrid sorghum grains. *Poult. Sci.* 54 : 1620-1623

28 Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc) 1996, Vol. 16 (4) Gongnet & Vias-Franck : Alimentation du poulet de chair

Schwark H.J., Mazanowski A. & Peter V. (1987) Internationales Handbuch der Tierproduktion : Geflügel D.L.V., Berlin, 600p.

Smith A.J. (1992) L'élevage de la volaille, Paris, A.C.C.T., Maison-Neuve et la Rose ; Wageningen : C.T.A. Vol. I, 123p.

INTRODUCTION

La variété d'amandier "Marcona" a été largement diffusée en Afrique du Nord. Au Maroc, elle constitue la variété de fond la plus plantée en raison d'une productivité élevée provenant de sa rusticité et de sa floraison abondante. Cependant, cette productivité varie avec la région. Ainsi, elle est faible dans le Haouz de Marrakech alors qu'elle est satisfaisante dans d'autres régions comme celle de Meknès.

Dans le but d'élucider les causes éventuelles de cette improductivité, un travail de recherche a été entrepris au Département d'Horticulture à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Les aspects ayant été étudiés couvraient la conduite technique de la culture en particulier l'efficacité de la pollinisation, l'authenticité du clone improductif avec celui de l'INRA de la Ménara, la satisfaction des besoins en froid, la sensibilité aux hivers doux et la biologie florale.

Concernant ce dernier aspect, un phénomène particulier relatif à la morphologie de fleurs a été noté. Il s'agit d'enroulement des styles de 93% des fleurs (Bakadir, 1984). Le phénomène d'anomalies florales est commun chez les espèces fruitières. Ces anomalies ont été décrites chez l'olivier (Musho, 1977), le pêcher (Monet & Bastard, 1977) et l'abricotier (Clanet & Salles, 1974). Ces malformations peuvent concerner le pistil qui peut être rudimentaire (olivier, abricotier) ou trop long (pêcher, abricotier) ou enroulé (amandier). Il peut y avoir des nécroses au niveau des pièces florales chez l'abricotier et le pêcher. Ces nécroses peuvent aller d'une tâche nécrotique ponctuelle à la nécrose totale d'une pièce florale.

L'improductivité de "Marcona" dans la région du Haouz a été attribuée à l'enroulement pistillaire (Bakadir, 1984).

Pour élucider le phénomène de l'enroulement pistillaire chez "Marcona" et vérifier l'hypothèse émise par Bakadir, on a abordé les points essentiels suivants : (i) l'étude quantitative et qualitative comparative du phénomène entre les régions de Meknès et Marrakech ; (ii) l'étude microscopique des différentes étapes de la fécondation (germination des grains de pollen sur les stigmates, croissance des tubes polliniques à travers les styles et réceptivité ovulaire chez trois variétés à styles morphologiquement différents: "Marcona" (enroulé), Ferragnès (coudé) et Fournat

(droit) ; (iii) une contribution à l'étude du déterminisme de ces déformations en étudiant, en particulier, l'influence de la température.

Le but de l'étude est l'évaluation des effets de l'enroulement pistillaire sur l'efficacité de la pollinisation-fécondation et, par conséquent, sur la production.

MATÉRIEL & MÉTHODES

L'étude a été menée principalement dans la région de Ras Jerri de la plaine du Saïss à une vingtaine de kilomètres de Meknès. Certains aspects ont été étudiés également dans la plaine du Haouz, région de Marrakech. Les données climatiques ayant régné pendant l'année de l'étude pour les deux sites sont reportés dans le tableau 1.

Tableau 1. Données climatiques des deux sites d'expérimentation

MoisMarrakech.....		Meknès.....		
	T(°C)	T(°C)	P	T(°C)	T(°C)	P
	moy.*	ext.*	(mm)	moy.*	ext.*	(mm)
Septembre	24	13	1	23	10	10
Octobre	20	5	2	17	5	8
Novembre	15	4	48	14	6	92
Décembre	14	1	3	12	-4	12
Janvier	10	1	90	7	-5	86
Février	15	3	18	14	4	40
Mars	15	2	21	12	-3	28
Avril	17	5	30	15	3	60
Mai	19	7	3	16	4	50

* T(°C) moy. = température moyenne ; T(°C) ext. = température externe minimale

Les variétés d'amandier concernées sont "Marcona", "Fournat de Brezenaud" et "Ferragnès". Pour certains aspects, d'autres variétés ont également fait l'objet de l'étude : il s'agit de "Nec Plus Ultra", "Non Pareil", "Aï" et "Ferraduel".

Les principales caractéristiques des arbres utilisés (âge, porte greffe, densité et origine des plants) pour les différents cultivars étudiés sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques principales du matériel végétal étudié

Lieu	Age (an)	Porte greffe	Origine des plants	Densité	Ecart (m)
Meknès	9	Semis de Marcona	Aïn Taoujdate	286	7 x 5
Marrakech	7	"	Ménara	417	6 x 4

1. Stades phénologiques

Cinq arbres homogènes par variété ont été choisis au hasard. Vingt pousses autour de l'arbre ont été régulièrement prélevées. L'étude a porté uniquement sur les pousses courtes qui représentent les principaux organes fructifères. Sur les pousses prélevées, les stades phénologiques des bourgeons floraux sont notés et l'état apparent des ébauches florales observé à l'aide d'une loupe binoculaire.

2. Étapes de la fécondation

La méthode adoptée est celle de de Martinez *et al.* (1982). L'étude a concerné "Marcona", "Fournat" et "Ferragnès" à Meknès et "Marcona" à Marrakech.

Une trentaine de rameaux de chaque variété ont été récoltés, placés dans une chambre climatisée à une température de 22°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), les rameaux sont placés dans une solution à 5% de saccharose. La base des rameaux est coupée et la solution est changée quotidiennement. Sur ces rameaux, seules les fleurs ayant atteint les stades D et E sont maintenues, castrées et pollinisées. On a interpollinisé "Marcona" et "Fournat" et "Ferragnès" et "Ferraduel". Un échantillon de 15 pistils à 0, 6, 12, 24, 48, 72 et 96 h après pollinisation a été collecté.

Les pistils prélevés sont: (i) fixés dans un mélange composé de 10% de formol à 40°, 10% d'acide acétique et 80% d'alcool à 70° pendant 24 h à une température de 4°C ; (ii) lavés à l'eau courante pendant trois heures pour éliminer le fixateur ; (iii) ramolis dans une solution de NaOH (8N), pendant trois jours à température ambiante ; (iv) lavés à l'eau courante pendant 3 h pour éliminer les traces de NaOH ; (v) colorés par trempage dans une solution du bleu d'aniline à 0,1% et K_3PO_4 à 0,1% pendant 24 h à 4°C.

Les pistils ainsi colorés sont soigneusement écrasés entre lame et lamelle et observés à l'aide d'un microscope à fluorescence, sous lumière réfléchie ultra-violette avec un objectif de 16X.

Ainsi, la callose présente sur les tubes polliniques réagit avec le fluochrome et prend, lorsqu'elle est exposée à la lumière fluorescente, une couleur vert brillant qui contraste avec le vert sombre des tissus normaux du style dépourvus de callose.

Pour la préparation du pollen, les fleurs de la variété pollinisatrice sont récoltées juste avant leur ouverture, les anthères sont prélevées à l'aide d'une pince et placées dans une boîte de Pétri, elle-même mise dans un dessiccateur à acide sulfurique (2/3 d'acide sulfurique, et 1/3 d'eau en volume) pendant 24 h.

La viabilité du pollen a été vérifiée par un test de germination des grains de pollen *in vitro* sur un milieu à 15% de saccharose et 1,2% d'agar pendant 24 h à une température de 22°C ($\pm 2^\circ\text{C}$).

Le pourcentage de germination des grains de pollen et la longueur moyenne des tubes polliniques sur cinq champs microscopiques ont été déterminés.

On a étudié les différentes étapes de la fécondation : la réceptivité stigmatique, la croissance des tubes polliniques à travers les styles et la réceptivité ovulaire. L'étude de ces différents paramètres a été menée sur les fleurs récoltées ouvertes (pollinisation libre) et celles récoltées au stade D et E et pollinisées artificiellement.

Le premier cas reflète la réalité qui traduit l'état de la pollinisation naturelle dans le verger sous les conditions climatiques régnant au moment de la floraison.

L'étude de la croissance des tubes polliniques dans les styles de différentes variétés a pour but de comparer le comportement des tubes polliniques dans des styles morphologiquement différents "Marcona" (styles enroulés), "Ferragnès" (styles coudés) et "Fournat" (styles droits).

Pour mesurer la vitesse de croissance des tubes polliniques et comme le microscope à fluorescence utilisé ne dispose pas d'objectif à échelle de mesure, on a subdivisé le style en quatre parties :

- du stigmate au premier quart du style [0,1/4] ;
- du premier quart à la moitié du style [1/4,1/2] ;
- de la moitié au 3/4 du style [1/2,3/4]
- du troisième quart à la base du style [3/4,1]

La longueur mesurée est celle du tube pollinique le plus long. Pour la pollinisation libre, on a calculé sur un échantillon de 20 fleurs, le pourcentage de pistils avec un ou plusieurs tubes polliniques à leur base. Pour la pollinisation artificielle, des prélèvements à 12, 24, 48 et 72 heures ont été effectués après pollinisation puis on a calculé le pourcentage des pistils où le tube pollinique a atteint le même niveau .

3. Influence de la température sur l'enroulement pistillaire

Afin d'étudier le déterminisme des déformations du style, en évaluant notamment l'influence de la température, trois lots de 20 pousses chacun de la variété "Marcona" sont récoltés au stade B et soumis à des températures de 7°, 13° ou 22°C ($\pm 2^\circ\text{C}$).

On a observé l'état apparent des pistils 15 jours plus tard une fois la phénologie des bourgeons relativement avancée.

RÉSULTATS & DISCUSSION

1. Enroulement pistillaire

Les observations de l'état des pistils de l'ensemble des variétés ont montré l'existence de trois types morphologiques de pistils: à style droit, coudé et enroulé.

L'enroulement peut se présenter :

- sous forme d'un Z plus ou moins plié ;
- sous forme d'un point d'interrogation avec le stigmate plus ou moins plaqué contre le style, ce qui pourrait diminuer la surface de réception des grains de pollen ;
- le style peut de même s'enrouler suivant le plan perpendiculaire au style.

Pour l'aspect quantitatif du phénomène, on a constaté une nette différence variétale dans les deux zones Meknès et Marrakech, avec un pourcentage d'enroulement atteignant 95% chez "Marcona". Le taux d'enroulement pistillaire demeure faible à nulle chez les autres variétés (Tableau 3).

Tableau 3. Pourcentage de fleurs à style enroulé de certaines variétés d'amandier

VariétéRégion.....	
	Meknès	Marrakech
Marcona	96	94
Fournat	1	0
Nec Plus Ultra	0	0
Non Pareil	8	-
Ferragnès	14	-
Ferraduel	0	-
Aï	0	-

Le phénomène d'enroulement pistillaire n'a pas varié de manière significative entre les deux régions pour les trois variétés étudiées: "Marcona",

"Fournat" et "Nec Plus Ultra". Bakadir (1984) a rapporté des résultats analogues pour les mêmes variétés : 93% pour "Marcona" et 0% pour "Fournat" et "Nec Plus Ultra".

L'étude de l'évolution du pourcentage d'enroulement chez "Marcona" à Meknès a révélé que vers le stade A, les styles sont encore normaux, l'enroulement commence vers le stade B et augmente de manière exponentielle entre les stades B-C et D pour atteindre un plateau à partir du stade D (Tableau 4).

Tableau 4. Évolution du taux d'enroulement pistillaire (%) chez "Marcona" et "Ferragnès" dans la région de Meknès

Stades	Marcona	Ferragnès
A	0	0
B	3	0
C	62	2
D	96	3
F	95	7

Ce phénomène a été observé dans la région du Haouz (Bakadir, 1984). Dans la présente étude, on a mis en évidence le même phénomène dans la région de Meknès avec la même importance. Dans les deux régions et pour la gamme des variétés étudiées, le phénomène a été observé presque exclusivement sur "Marcona" avec un taux constant entre régions et années.

La faible productivité de "Marcona" dans le Haouz a été attribuée à l'enroulement pistillaire (Bakadir, 1984). Cependant, la similitude quantitative et qualitative du phénomène entre Meknès et Marrakech et la différence très marquée de productivité de la variété entre les deux régions remet en question cette conclusion et impose sa validation.

Ainsi, a-t-on décidé d'étudier l'effet de l'enroulement pistillaire sur le déroulement du processus pollinisation-fécondation chez "Marcona".

2. Comportement des tubes polliniques dans les styles de "Marcona", "Fournat" et "Ferragnès"

2.1. Germination et croissance du pollen *in vitro*

Les résultats (Tableau 5) montrent que le pollen des deux variétés est viable et germe à des

proportions satisfaisantes pour une pollinisation efficace. Le taux de germination de pollen nécessaire pour des pollinisations artificielles est estimé à 5% (Ducom, 1968).

Tableau 5. Taux de germination (%) du pollen et la longueur moyenne des tubes polliniques de "Marcona" et "Fournat"

Variété	Germination (%)	Longueur du tube pollinique (μm)
Marcona	59	530
Fournat	51	300

El Mahfoudi (1978) a rapporté une longueur moyenne des tubes polliniques de 174 μm chez "Marcona" après 24 h d'ensemencement. Bakadir (1984) l'a estimée à 32 μm pour la même variété et à 44 μm pour "Fournat". Grasseley & Crossa-Raynaud (1980) ont rapporté 560 μm pour "Desmayo" après 6 h d'ensemencement. Ducom (1968) après une même durée a mesuré 935 μm pour Fourcouronne, 950 μm pour Princesse et 608 μm pour Ai.

Ces différences pourraient être dues : (i) à la différence de densité d'ensemencement des grains de pollen ; (ii) aux conditions de séchage et de stockage du pollen ; (iii) à un manque de standardisation des méthodes.

2.2. Nombre de grains de pollen retenus sur les stigmates

Les résultats du comptage de grains de pollen retenus sur les stigmates des variétés étudiées sont présentées dans le Tableau 6.

Tableau 6. Nombre moyen de grains de pollen germés sur les stigmates de certaines variétés d'amandier

Pollinisation	Variété	Meknès	Marrakech
Libre	Marcona	54	58
	Fournat	60	147
Artificielle	Marcona	45	34
	Fournat	74	-
	Ferragnès	52	-

En partant de l'idée que le nombre de grains de pollen retenus sur les stigmates traduit la réceptivité stigmatique (Martinez *et al.*, 1982), on peut avancer que les stigmates ont été réceptifs.

Il convient de souligner que le paramètre mesuré dans notre cas correspond au nombre de grains de pollen germés. L'ensemble des grains de pollen déposés sur le stigmate étant difficile à évaluer du fait que les grains de pollen non germés se détachent du stigmate sous l'effet des traitements subis, notamment le ramollissement et le lavage.

Le nombre de grains de pollen retenus sur les stigmates des fleurs pollinisées dans les conditions naturelles est supérieur à celui des fleurs pollinisées dans les conditions de laboratoire (Pimienta *et al.*, 1983). Cependant, le pourcentage de germination de ces grains de pollen est plus élevé (75 à 80%) dans les conditions contrôlées (température supérieure) que dans celles du verger (20 à 50%).

Ces effets inverses pourraient expliquer dans notre cas le rapprochement des valeurs du nombre de grains de pollen germés sur stigmates entre la pollinisation dans les conditions naturelles et la pollinisation dans les conditions du laboratoire.

2.3. Croissance des tubes polliniques dans les styles de s variétés "Marcona", "Fournat" et "Ferragnès"

Pour la pollinisation libre, les résultats ont montré que dans les conditions naturelles la majorité (80 à 90%) des pistils observés avaient des tubes polliniques à leur base aussi bien à Meknès qu'à Marrakech.

Pour la pollinisation artificielle, la croissance des tubes polliniques a présenté la même allure générale, avec des décalages dans la partie entre le premier et les 3/4 du style. La croissance s'est montrée sensiblement plus élevée pour "Marcona", suivie du "Fournat" et légèrement plus faible pour "Ferragnès". Cependant, 48 h après pollinisation, les tubes polliniques se retrouvent à un même niveau entre les 3/4 et la base du style qui est atteinte 72 h après pollinisation (Tableau 7).

Pour les trois variétés étudiées, Marcona, Fournat et Ferragnès, les tubes polliniques des variétés pollinisatrices traversent entièrement les styles dans la quasi-totalité des cas.

Le pourcentage des pistils avec tube(s) pollinique(s) à la base en pollinisation libre est plus faible que celui de la pollinisation artificielle. Les pourcentages des fleurs où les tubes polliniques n'ont pas atteint la base du style (10% à Marrakech et 20% à Meknès) peuvent s'expliquer par un prélèvement avant que les tubes polliniques

n'aient le temps nécessaire pour atteindre la base du style. L'observation de la pollinisation libre n'a pas révélé de développement anormal des tubes polliniques à travers les styles en particulier la formation de bouchons callosiques caractéristiques de l'arrêt de la croissance des tubes polliniques.

Tableau 7. Pourcentage de pistils dont les tubes polliniques ont atteint le même niveau du pistil en fonction du temps après pollinisation

Variété	Heures *	Niveau du pistil.....				1
		[0,1/4]	[1/4,1/2]	[1/2,3/4]	[3/4,1]	
1. Meknès						
Marcona	12	10	40	50	0	0
	24	0	13	37	37	13
	48	0	10	33	37	20
	72	0	0	0	12	88
Ferragnès						
Ferragnès	12	35	55	10	0	0
	24	24	38	38	0	0
	48	0	0	15	54	31
	72	0	0	0	14	86
Fournat						
Fournat	12	18	64	18	0	0
	24	0	0	87	13	0
	48	0	0	24	38	38
	72	0	0	0	0	100
2. Marrakech						
Marcona	12	20	50	30	0	0
	24	0	29	57	14	0
	48	0	0	31	54	15
	72	0	0	0	8	92

* Heures après pollinisation

La comparaison du comportement des tubes polliniques n'a révélé aucune différence entre variétés. On déduit que la forme du pistil n'a pas d'influence sur le cheminement des tubes polliniques dans les styles de ces variétés. En effet, que le style soit droit (Fournat), coudé (Ferragnès) ou enroulé (Marcona), les tubes polliniques les traversent normalement et à une même vitesse.

On peut conclure que l'enroulement des styles n'entrave pas le processus de la pollinisation-fécondation. Le but des travaux antérieurs concernant la croissance des tubes polliniques à travers les styles était l'étude des phénomènes de compatibilité et d'incompatibilité. Ces études n'ont pas évalué l'influence de la forme du pistil sur le comportement du tube pollinique dans les styles. Ainsi, Godini (1981) estime dans les conditions naturelles à 120 h, le temps mis par les tubes polliniques pour atteindre la base du style dans le cas des variétés "Fellipo Ceo" et "Genco". Pimienta *et al.* (1983) rapportèrent la même durée (120 h) pour "Non Pareil".

Dans les conditions de laboratoire, Martinez *et al.* (1982) estiment cette durée à 72 h chez le pêcher, le Myrobolan et *Prunus mahaleb*. Sous les mêmes conditions, on a trouvé la même durée (72 h) chez trois variétés d'amandier.

2.4. Réceptivité ovulaire chez "Marcona", "Fournat" et Ferragnès'

Cette réceptivité a été évaluée par la réaction du tissu ovulaire au colorant bleu d'aniline. Les résultats sont reportés dans le tableau 8.

Tableau 8. Pourcentage d'ovules réceptifs chez certaines variétés d'amandier

Pollinisation	Variété	Meknès	Marrakech
Libre	Marcona	62	83
	Fournat	66	63
Artificielle	Marcona	73	63
	Fournat	51	-
	Ferragnès	86	-

Le test statistique d'égalité de deux proportions effectué par variété et par région ne montre pas de différence significative de réceptivité ovulaire.

Les niveaux de réceptivité mesurés sont analogues à ceux rapportés par Martinez *et al.* (1982) pour le pêcher, le Myrobolan et *Prunus mahaleb* qui varient entre 40 et 90%.

3. Influence de la température sur le phénomène d'enroulement

Les résultats de l'exposition de trois lots de pousses à trois régimes de température à partir du stade B sont reportés dans le tableau 9.

Tableau 9. Effet de la température sur l'enroulement pistillaire

Température (°C)	Feurs à style enroulé en (%)
7	83
13	93
22	95

L'analyse statistique (test d'égalité de trois proportions) n'a pas révélé de différence entre les trois températures.

Ces résultats suggèrent que :

- les températures utilisées n'ont pas d'influence sur l'enroulement des styles ;

- la température a un effet, mais elle agirait à des stades plus précoces, au cours de la différenciation florale. Le nombre faible d'étamines, les styles déformés chez "Marcona" rapportés par Bakadir (1984) ont été attribués par Grasseley (1984) à un déroulement anormal de la morphogénèse.

CONCLUSION

La variété "Marcona" présente un déroulement normal des différentes étapes de la fécondation (réceptivité stigmatique, croissance des tubes polliniques à travers les styles et réceptivité ovulaire).

En effet, aucune différence n'a été décelée entre cette variété (style enroulé) et "Fournat" (style droit) ou "Ferragnès" (style coudé). Les déformations pistillaires ne constituent pas *a priori* un obstacle à une bonne fécondation. La bonne productivité de la variété "Marcona" dans la région de Meknès en dépit de la présence du phénomène d'enroulement ne peut que confirmer cette hypothèse.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Bakadir M. (1984) Analyse de quelques facteurs de la non productivité de la variété d'amandier "Marcona" à Marrakech. Mémoire de fin d'étude, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 85 p.
- Clanet H. & Salles J.C. (1974) Contribution à l'étude de la fructification de l'abricotier dans des conditions climatiques différentes. *Ann. Amélior. Plantes* 24(2): 97-127
- Ducom P. (1968) La fructification des arbres fruitiers, étude de quelques caractères du pollen et de biologie florale de l'amandier et du pommier. *Pomol. Fr.* 5 : 6-7
- El Mahfoudi A. (1978) Caractéristiques morphologiques et physiologiques de quatre variétés d'amandier cultivées au Maroc. Mémoire de fin d'étude Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, pp. 76
- Godini A. (1981) Observing pollen tube growth into selfed and Gressed styles of two self-compatible almond cultivars by means of fluorescence. *Riv. Ortoflorofrutt. It.* 65: 135-142
- Grasseley C. & Grossa-Raynaud P. (1980) L'amandier: Techniques Agricoles et Production Méditerranéenne. G.P. Maisonneuve et Larose. pp. 446
- Grasseley C. (1984) Communication personnelle.
- Martinez R. ; Tellez J. & Crossa-Raynaud P. (1982) Contribution à l'étude du processus de la fécondation chez trois espèces de *Prunus* : *P. persica*, *P. cerasifera* et *P. mahaleb* grâce à l'utilisation de couples de variétés mâle-stériles et mâle-fertiles. *Agronomie* 2: 333-340
- Monet R. & Bastard Y. (1977) Résistance au gel et évolution physiologique des bourgeons floraux du pêcher. *Ann. Amélior. Plantes* 27(6) : 717-728
- Musho U.S. (1977) Contribution à l'étude de la biologie florale de l'olivier *Olea europea* L., mise en évidence de cas de stérilité et recherche de pollinisateurs. Thèse de 3eme cycle USTL, France, 102p.
- Pimienta E., Polito V.S. & Kester D.E. (1983) Pollen tube growth in cross and self-pollinated 'Non Pareil' Almond. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108 : 643-647