

## **Amélioration génétique de la composition du lait des brebis laitières : situation, résultats et perspectives.**

*F. BARILLET, J.M ASTRUC\*, G. LAGRIFFOUL \*\**

*INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, BP 27, 31326 Castanet Cedex*

*\* UNLG, BP 27, 31326 Castanet Cedex*

*\*\* CNBL, Comité National Brebis Laitières, BP 27, 31326 Castanet Cedex*

**RÉSUMÉ** – En France, l'élevage des ovins laitiers, qui est orienté vers la production de fromages à haute valeur commerciale, est localisé dans des bassins de production délimités : race Lacaune dans le Rayon de Roquefort, races Basco-Béarnaise et Manech dans les Pyrénées, race Corse sur l'île du même nom.

Dans ces conditions, l'amélioration génétique des brebis laitières est assimilable actuellement à la sélection des races locales dans leur bassin de production respectif. L'importance à accorder à l'amélioration génétique de la composition du lait des brebis est conditionnée par le débouché quasi exclusivement fromager du lait.

Nous expliquons la stratégie de sélection qui a été adoptée en France, à l'échelle de toute une population ovine, compte-tenu des délais de réponse ou des problèmes pratiques de mise en oeuvre concrète du contrôle qualitatif (composition du lait) dans l'espèce ovine. Puis nous décrivons la situation, les résultats et les perspectives en France. Enfin, nous donnons un aperçu de la situation dans l'Union Européenne.

## **Genetic improvement of milk composition of dairy sheep : situation, results and prospects.**

Renc. Rech. Ruminants, 1994, 1, 133 – 138

*F. BARILLET, J.M ASTRUC\*, G. LAGRIFFOUL \*\**

**SUMMARY** – Dairy sheep is a traditional production in three mountain areas in Southern France. Each area is characterized by specific breeds and high quality cheese production : the Roquefort area with Lacaune breed, the Pyrenean mountains with Basco-Bearnaise and Manech breeds, and the Corsica Island with Corsica breed.

Thus dairy breeding schemes have been implemented for each local breed in its specific area and its specific production system. Genetic improvement of chemical milk composition has to account for transformation of milk into cheese.

We describe the genetic strategy used in France for milk composition of dairy sheep populations, taking into account the costs of qualitative milk recording in this species. Then we describe the situation, results and prospects in France. Finally, a survey of the situation in European Union is presented.

## INTRODUCTION

En France, l'amélioration génétique des brebis laitières est assimilable actuellement à la sélection de races locales dans leur bassin de production respectif: race Lacaune dans les Rayon de Roquefort, races Basco-Béarnaise et Manech dans les Pyrénées, race Corse sur l'île du même nom. La capacité de maîtriser le niveau génétique moyen de ces populations ovines pour les quantités et taux de matière grasse et de protéine est donc posée, dans la mesure où cet élevage est orienté vers la production de fromages à haute valeur commerciale. Mais le contrôle laitier ovin qualitatif est coûteux à mettre en œuvre, comparativement à la marge brute par brebis: compte-tenu de la taille importante des troupeaux et de la vitesse de traite élevée, se posent en effet des problèmes de main d'oeuvre pour les prises d'échantillons de lait et de coûts des analyses chimiques, qui imposent d'envisager des solutions différentes du classique contrôle laitier A<sub>4</sub> (contrôle des productions quotidiennes à périodicité mensuelle pour toutes les femelles du troupeau).

Une stratégie d'amélioration génétique de la composition du lait de brebis a été définie en France dans la décennie 80, dans le cadre d'une démarche de recherche-développement entre les Maîtres d'oeuvre des programmes de sélection concernés, l'INRA, l'Institut de l'Élevage et l'UNLG, au sein du groupe génétique du Comité National Brebis Laitières. Ce canevas sert de trame aux actions actuellement en cours sur ce sujet en France, sans possibilité de comparaison avec les autres pays méditerranéens de l'Union Européenne. Ces derniers sont en effet concernés pour l'instant principalement par le développement du contrôle laitier quantitatif (BARILLET et ASTRUC, 1994).

### 1. LA STRATÉGIE D'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA COMPOSITION DU LAIT DE BREBIS

L'amélioration génétique de la composition du lait de brebis passe obligatoirement par un allègement du contrôle laitier qualitatif (prises d'échantillons de lait pour analyses chimiques), raisonné à l'échelle de la base de sélection de la

race concernée. Ainsi, on distingue trois étapes du point de vue génétique: dans la *phase initiale* d'organisation pyramidale du programme de sélection, on ne pratique pas le contrôle laitier qualitatif, puisque le progrès génétique est négligeable à faible pour la quantité de lait, de sorte que le niveau génétique moyen pour la composition du lait demeure quasi stable. Dans une *deuxième étape*, lorsque le programme de sélection sur la quantité de lait devient efficace, on organise un contrôle qualitatif expérimental (avec une méthode de référence) sur une fraction des élevages du noyau de sélection, pour étudier son allègement (spécifique à chaque race - système d'élevage). Dans une *troisième étape*, on implante le contrôle qualitatif allégé (découlant de l'étape précédente) pour l'ensemble des éleveurs de la base de sélection, avec des adaptations éventuelles au fil des années, au vu des connaissances nouvelles et des évolutions génétiques de la population concernée.

#### 1.1. OBJECTIFS ET CRITÈRES DE SÉLECTION

La valorisation fromagère du lait est étroitement liée aux quantités de matière grasse et de protéine (QMG et QMP). Sachant que les fromages de brebis sont fabriqués à partir de lait entier non standardisé, il importe de plus que le rapport QMG/QMP reste supérieur à 1,2 pour respecter la teneur en gras sur sec des fromages de brebis à AOC. Le critère principal de sélection est donc de la forme  $a \text{ QMG} + b \text{ QMP}$ , avec une contrainte sur le rapport QMG/QMP. De plus, le rendement fromager, défini par le rapport de la quantité de fromage / (QMG + QMP), peut être amélioré si le taux de protéines (TP) augmente. L'objectif de sélection devient alors  $a \text{ QMG} + b \text{ QMP} + c \text{ TP}$ .

Le choix des paramètres a, b, et c dépend de la situation de chaque race et des formules de paiement du lait. Par exemple en race Lacaune, le critère de sélection était égal à  $0,5 \text{ QMG} + 0,925 \text{ QMP}$  de 1987 à 1992, ce qui visait à augmenter les quantités de lait et de matières, à taux (TB, TP) approximativement constants. Depuis 1993, le critère de sélection est devenu  $0,5 \text{ QMG} + 0,925 \text{ QMP} + 0,2 \text{ TP}$ , les matières étant exprimées en kg et les taux en g/l. On cherche alors à augmenter à la fois les deux quantités de matière et les taux (BARILLET et BOICHARD, 1987).

**Tableau 1 : Fréquences alléliques aux loci  $\alpha\text{S}_1$  - Cn et  $\beta$ -Lg en brebis laitières de race Lacaune et Manech**

Echantillon	Localisation	Fréquences alléliques			
		$\alpha\text{S}_1$ - Cn		$\beta$ -Lg	
		N	W	A	B
1 054 brebis Lacaune	Noyau de sélection (CLO)	0,993	0,007	0,643	0,357
222 brebis Manech	Noyau de sélection (CLO)	1,000	0,000	0,473	0,527
517 brebis Lacaune	Lignées divergentes (La Fage)	0,999	0,001	0,627	0,373

(Source : F. Barillet et al., 1993)

**Tableau 2 : Précision d'estimation des caractères laitiers avec un contrôle laitier qualitatif partiel en milieu de lactation (\*)**

Caractères (*)	Comparaison avec le contrôle mensuel A <sub>4</sub> de référence		
	Perte de précision	Héritabilité	Corrélation génétique avec la mesure A <sub>4</sub>
Quantité de matière grasse	3 à 5 %	0,25 à 0,30 comparable	0,99
Quantité de matière protéique	2 à 3 %	0,25 à 0,30 comparable	0,99
Taux bytureux	15 à 20 %	0,35 à 0,40 en diminution	0,96
Taux de protéines	10-15 %	0,40 à 0,45 en diminution	0,98

(\*) 3 à 4 prises d'échantillons à la traite du matin parmi les 120 premiers jours de traite  
(Source : F. Barillet, 1985 ; F. Barillet et al., 1987)

### 1.2. PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES DES CARACTÈRES LAITIERS ET POLYMORPHISMES DES LACTO-PROTÉINES

Grâce au contrôle qualitatif expérimental de *la phase 2*, on a pu vérifier que les paramètres génétiques des caractères laitiers (contrôlés selon la méthode de référence A<sub>4</sub>) étaient comparables à ceux des bovins laitiers aussi bien en race Lacaune (BARILLET, 1985) que Manech (non publiés); en particulier, on confirme que l'opposition génétique entre le LAIT et le TP est supérieure (- 0,47 +/- 0,05) à celle entre le LAIT et le TB (- 0,34 +/- 0,07). Comparativement aux vaches, la seule différence notable concerne l'augmentation de variabilité génétique des taux, selon un effet d'échelle conforme à la plus grande richesse du lait de brebis; ainsi, les écarts-types génétiques des TB et TP sont d'environ 2,5 et 1,4 g/l chez les bovins, contre 4,6 et 2,5 g/l chez les ovins (BARILLET et BONAITI, 1992), de sorte que les possibilités d'évolutions génétiques des taux (favorables ou défavorables) sont plus importantes en brebis.

Une analyse du polymorphisme génétique des lactoprotéines a été effectuée par électrophorèse à partir d'échantillons de brebis représentatifs des races Lacaune (BARILLET et al., 1993) et Manech (tête rousse). Le polymorphisme apparaît comme limité (tableau 1): au locus de la caséine  $\alpha_1$ , on observe le variant Welsh avec une fréquence allélique inférieure à 0,01, tandis que pour le locus de la  $\alpha\beta$ -lactoglobuline les variants A et B présentent des fréquences alléliques respectivement de 0,64 et 0,36 en Lacaune, de 0,47 et 0,53 en Manech.

De plus pour l'instant, on n'a pas mis en évidence de relation entre le polymorphisme de la  $\beta$  - lactoglobuline et les caractères laitiers. Les résultats sont donc loin d'être aussi importants que pour la caséine  $\alpha_1$  dans l'espèce caprine. Autrement dit, il importe en brebis d'entreprendre en priorité une " sélection classique " sur le TP, ce qui suppose au préalable de concevoir un contrôle laitier qualitatif adapté à l'espèce ovine.

(Voir tableau 1 ci-contre)

### 1.3. ALLÈGEMENT DU CONTRÔLE LAITIER QUALITATIF DE LA BASE DE SÉLECTION

L'analyse des paramètres génétiques des productions mensuelles et totales (BARILLET, 1985) permet de conclure que l'on peut mesurer de façon satisfaisante la composition du lait, à partir de deux à quatre prises d'échantillons par brebis et par lactation, si celles-ci sont réalisées dans la période la plus représentative située en milieu de lactation. Au vu des paramètres génétiques des productions du soir et du matin, il est possible de réaliser les prises d'échantillons sur une seule des deux traites journalières (de préférence le matin). Un tel dispositif de contrôle qualitatif est alors compatible avec la pratique du contrôle mensuel de type AC pour la quantité de lait (une seule traite journalière contrôlée, ajustée pour le lait du tank sur les 2 traites). Le biais soir-matin est négligeable pour le TP. Pour le TB (sous-estimé à la traite du matin), le biais soir-matin est confondu avec l'effet élevage sur une période ponctuelle de prélèvements en milieu de lactation.

Concrètement, le contrôle qualitatif allégé (ou contrôle partiel) est réalisé pour tout le noyau de sélection Lacaune, selon le protocole suivant: échantillonnage partiel, avec 2 à 4 prises d'échantillons à la traite du matin parmi les 4 premiers contrôles laitiers mensuels de la brebis (la réalisation d'au moins 3 prélèvements par brebis étant recommandée). Les corrélations génétiques avec les mesures totales de référence (contrôle A<sub>4</sub> pendant la phase expérimentale) figurent au tableau 2.

(Voir tableau 2 ci-dessus)

Les paramètres génétiques pour les mesures partielles (130 409 primipares de 1987 à 1993) sont conformes aux résultats attendus, confirmant en pratique l'efficacité du dispositif pour la race Lacaune (tableau 3): en particulier, les corrélations génétiques entre le LAIT annuel et le TB (-0,31) ou le TP (-0,40) partiels sont comparables à celles estimées avec les taux annuels, indépendamment de la baisse d'héritabilité des taux partiels (0,35 et 0,46 respectivement pour le TB et le TP partiels, versus 0,55-0,60 pour les

**Tableau 3 : Paramètres génétiques pour les caractères laitiers en première lactation, avec un contrôle laitier qualitatif partiel : ( Héritabilité sur la diagonale, et corrélations génétiques sous la diagonale )**

Caractères(*)	LAIT	QMG	QMP	TB	TP
Quantité de lait (LAIT)	<b>0,30</b>				
Quantité de matière grasse (QMG)	0,83	<b>0,28</b>			
Quantité de matière protéique (QMP)	0,91	0,89	<b>0,29</b>		
Taux butyreux (TB)	- 0,31	0,26	- 0,06	<b>0,35</b>	
Taux de protéines (TP)	- 0,40	- 0,04	- 0,03	0,63	<b>0,46</b>

(\*) avec contrôle laitier qualitatif partiel  
 (Source : F. Barillet et D. Boichard, 1994)  
 [ 130 409 agnelles Lacaune et 2670 pères ]

taux annuels). (Voir tableau 3 ci-dessus)

La perte de précision imputable au contrôle qualitatif partiel est voisine de 5 % pour un critère global de sélection du type  $a \text{ QMG} + b \text{ QMP} + c \text{ TP}$ , alors que les corrélations génétiques restent très élevées avec les mesures annuelles  $A_4$  (0,98 à 0,99), confirmant que l'on mesure toujours les mêmes critères (tableau 2). Pour les mâles, on peut compenser cette perte de précision en augmentant d'environ 10 % le nombre de filles de testage.

La démarche expérimentale en cours dans les Pyrénées devrait permettre d'adapter et de valider ce dispositif pour les races ovines des Pyrénées. Le contrôle expérimental de la phase 2 a été réalisé de 1990 à 1993 sur 17 969 brebis.

#### 1.4. UN SYSTÈME DE GESTION ET D'ANALYSE ADAPTÉ AU CONTRÔLE LAITIER QUALITATIF PARTIEL

Le contrôle qualitatif partiel, qui doit être géré au troupeau (intra numéro de lactation), est réalisable en ovins compte-tenu de la saisonnalité de la production. Pour optimiser sa mise en oeuvre, l'informatisation du contrôle laitier dès la salle de traite a permis de doter les techniciens d'un outil d'aide à la décision en temps réel (pour pratiquer les prises d'échantillon) (ASTRUC et al., 1992). De même, la gestion des données et l'évaluation génétique des reproducteurs ont été adaptées aux particularités de ce contrôle partiel des taux : les TB et TP partiels sont standardisés à partir du contrôle quantitatif pratiqué sur l'ensemble de la lactation (BARILLET, 1985). De plus, le modèle d'estimation de la valeur génétique des reproducteurs inclut un effet d'échantillonnage partiel, tandis que les taux sont pondérés dans l'analyse selon le nombre de prises d'échantillons par brebis (BARILLET et al., 1992).

Une autre alternative actuellement à l'étude consisterait à indexer les reproducteurs directement sur les contrôles laitiers mensuels, sans passer par des calculs partiels ou annuels (BARILLET et BOICHARD, 1994). Il faut donc retenir qu'un système spécifique de gestion et d'analyse des données doit accompagner la pratique du contrôle qualitatif partiel.

## 2. SITUATION ET PERSPECTIVES

### 2.1. SITUATION EN FRANCE ET À L'ÉTRANGER

2.1.1. Le schéma de sélection *Lacaune* repose sur de grands troupeaux utilisant depuis longtemps l'insémination artificielle à grande échelle: la capacité de testage de plus de 400 béliers par an a permis de dégager un progrès génétique important dans la décennie 80, estimé à 6,8 litres de lait par brebis adulte et par an (tableau 4). Dès lors, le contrôle qualitatif expérimental a été mis en oeuvre au début de la décennie 80, pour déboucher sur la conception du contrôle qualitatif partiel décrit précédemment. Depuis 1987, ce contrôle partiel est appliqué aux *primipares du noyau de sélection*, ce qui a permis dans un premier temps de sélectionner les reproducteurs sur le critère  $0,5 \text{ QMG} + 0,925 \text{ QMP}$ . A partir de 1992, le contrôle qualitatif partiel intéresse les deux premières lactations (environ 67 000 femelles par an) et le critère de sélection a été durci en incorporant le TP ( $0,5 \text{ QMG} + 0,925 \text{ QMP} + 0,2 \text{ TP}$ ). L'objectif est d'améliorer la composition chimique du lait, en référence au "rendement fromager" de 400.

Actuellement, les taux moyens pondérés annuels de l'ensemble du lait collecté s'établissent en moyenne pour les 5 dernières campagnes respectivement à 71,2 et 53,3 g/l pour le TB et le TP, soit un TMSU (TB+TP) moyen de 124,5 g/l (BERNARD, 1993), ce qui correspond approximativement à un "rendement" de 435.

2.1.2. La décennie 80 a été déterminante pour les races *Basco-Bérnaise* et *Manech*, avec simultanément une augmentation importante du nombre d'élevages en contrôle laitier officiel et une progression très significative de la proportion de brebis inséminées dans la base de sélection (10 à 44 %), permettant de multiplier par 6 la capacité de testage annuelle des béliers d'IA (tableau 4). En conséquence, à partir de l'année 1987, on observe un progrès génétique compris entre 2,8 et 3,6 litres par an pour les brebis adultes de la base de sélection (selon le rameau considéré). Logiquement à partir de 1990, un contrôle qualitatif expérimental a été mis en place dans quelque 40 élevages, pour adapter l'allègement du contrôle qualitatif à la réalité pyrénéenne. Depuis 1994, une première version d'allègement est testée en pratique dans 80 élevages. L'ensemble de ces travaux intervient alors que les taux moyens pondérés

**Tableau 4 : Importance des programmes de sélection des brebis laitières en France**

RACES	Année	Effectif de brebis en contrôle laitier officiel (troupeaux)	Pourcentage d'insémination artificielle pour les brebis en contrôle laitier officiel	Effectif de beliers mis en testage par IA	Progrès génétique annuel sur le lait pour les brebis dans la décennie 80
LACAUNE	1980 1993	93 707 (307) 156 624 (376)	59% 83%	370 430	6,8 litres
MANECH et BASCO-BEARNAISE	1980 1993	19 867 (159) 85 214 (338)	10 % 44 %	23 129	2,8 à 3,6 litres(*)
CORSE	1980 1993	4 401 (32) 17 480 (84)	0 4 %	- -	-

(\*) selon les rameaux (MTR, MTN, BB) à partir de 1987.

annuels de l'ensemble du lait collecté s'établissent en moyenne pour les 5 dernières campagnes respectivement à 74,7 et 55,7 g/l pour le TB et le TP, soit un TMSU moyen de 130,4 g/l (MILLET, 1993).

(Voir tableau 4 ci-dessus)

2.1.3. En *Corse*, un noyau stable d'éleveurs sélectionneurs est en train de se constituer, un centre d'élevage de jeunes mâles a été créé en 1987 et l'insémination artificielle commence à se mettre en place (PERRET, 1994), avec 758 IA réalisées en 1993 (tableau 4). Il s'agit donc de la première phase d'organisation du programme de sélection, permettant de ne pas pratiquer le contrôle qualitatif. D'ailleurs, les résultats de composition moyenne du lait de 74 éleveurs de la coopérative "A Pecurella" suivis depuis 1991 (SERVELLE, 1993), sont respectivement égaux à 77g/l et 55,5 g/l pour le TB et le TP, soit un TMSU moyen de 132,5 g/l, ce qui confirme que le contrôle laitier peut demeurer quantitatif pour l'instant.

2.1.4. Dans les autres pays de l'Union Européenne, selon la dernière enquête du groupe ovin du Comité International pour le Contrôle des Performances en Elevage (BARILLET et ASTRUC, 1994), la sélection sur la composition du lait de brebis n'est pratiquée qu'en Allemagne (pour 1460 brebis contrôlées en A<sub>4</sub> en 1992). Il est fait état par ailleurs de contrôles expérimentaux sur la composition du lait, d'une part en Espagne (races Latxa et Manchega), d'autre part en Grèce (race Karagouniki, 1250 brebis).

## 2.2. PERSPECTIVES EN FRANCE

La suite logique de l'informatisation du contrôle laitier en salle de traite concerne l'automatisation du contrôle laitier, avec ou sans identification électronique. Un prototype INRA de système de contrôle laitier automatisé est utilisé en permanence depuis 1992 au domaine de La Fage (GUILLOUET et al., 1990). Le succès de son industrialisation pourrait permettre éventuellement de repenser la méthodologie du contrôle qualitatif ovin, en tenant comp-

te aussi d'autres caractères à mesurer en plus de la composition du lait, tels que les comptages de cellules somatiques (LAGRIFFOUL et al., 1994).

## CONCLUSION

L'amélioration génétique de la composition chimique du lait des brebis laitières pose des problèmes matériels et financiers, pour sa mise en oeuvre concrète à l'échelle d'une population ovine. Les connaissances génétiques indispensables (paramètres génétiques des caractères laitiers, polymorphismes des lactoprotéines) sont de plus en plus disponibles pour les races ovines françaises, de sorte qu'une démarche et un dispositif cohérents de recherche-développement peuvent être proposés et adaptés à la réalité de chaque race locale concernée: conception d'un contrôle laitier qualitatif partiel (avec aide à la décision via le contrôle informatisé en salle de traite), valorisation spécifique des contrôles et adaptation de l'indexation des reproducteurs. Au vu de la réalité de chaque race locale, ce dispositif évolutif se met en place et se perfectionne actuellement en France.

Le dispositif de contrôle qualitatif partiel est volontairement dédié prioritairement aux actions de sélection, de sorte que son utilisation à d'autres fins demande des précautions évidentes. Que ce soit pour les éleveurs adhérents au contrôle laitier officiel et *a fortiori* pour les éleveurs en contrôle laitier simplifié, la démarche d'appui technique pour la maîtrise non génétique de la composition chimique du lait suppose donc une approche complémentaire fondée sur le suivi de la composition chimique du lait (tank) du troupeau. Un succès dans l'automatisation du contrôle laitier ovin pourrait cependant permettre de reconsidérer en partie le présent dispositif.

## RÉFÉRENCES

- ASTRUC J.M., LAGRIFFOUL G., JACQUIN M., ARHAINX J., GUILLOUET P., RICARD E., OBERTI J., BARILLET F., 1992. Proc. 5th International Symposium on machine milking of small ruminants. Budapest, Hungary, May 14-10, 1993, 311-321.
- BARILLET F. (1985). Thèse de Docteur-Ingénieur, INA Paris-Grignon, 144 pp., Paris.
- BARILLET F., ASTRUC J.M., 1994. Proc. 29th biennial Session of ICAR, Ottawa, Ontario, Canada, July 31-August 6, 1994 (à paraître).
- BARILLET F., BOICHARD D. (1994). Proc. 5th WCGALP, Guelph, Ontario, Canada, August 7-12, 1994, Volume 18 : 111-114.
- BARILLET F., MAHE M.F. PELLEGRINI O., GROS-CLAUDE F., BERNARD S., 1993. Proc. 5th International Symposium on machine milking of small ruminants. Budapest, Hungary, May 14-10, 1993, 199-207.
- BARILLET F., BONAÏTI B., 1992. INRA Prod.anim, hors série «Elements de génétique quantitative et appliquée aux populations animales», 117-121.
- BARILLET F., BOICHARD D., BARBAT A., ASTRUC J.M., BONAÏTI B. (1992). Livest. Prod. Sci.: 31, 287-299.
- BARILLET F., BOICHARD D. (1987). Génét. Sél. Evol., 19: 459-474.
- BERNARD J., 1993. Comptes-rendus d'activités du Service Qualité du Lait. Confédération Générale de Roquefort.
- GUILLOUET P., RICARD E., AUREL M.R., JACQUIN M., ASTRUC J.M., BIBE B., BARILLET F., 1990. Proc. 27th session of ICAR, Paris, France, 2-6 July 1990, 130-136.
- LAGRIFFOUL G., BERGONIER D., BERTHELOT X., JACQUIN M., GUILLOUET P., BARILLET F., 1994. Proc. Inter. Symp. on Somatic Cells and Milk of Small Ruminants, Bella, Italy, 25th-27th September 1994 (à paraître).
- MILLET F., 1993. Etats récapitulatifs des campagnes laitières. Association Interprofessionnelle du lait de Brebis des Pyrénées-Atlantiques.
- PERRET G. 1994. CR N° 2197, ANIO-IE, Castanet-Tolosan Cedex.
- SERVELLE S., 1993. DESS, Université de Corse, faculté des Sciences et Techniques, 20pp + annexes, Corte.