

**SUR LA PRESENCE DE *CROCIDURA LEUCODON* (MICROMAMMIFERE)
DANS LE DEPARTEMENT DE L'INDRE (FRANCE)**

N. INDELICATO

45, rue de l'Alma, F-87100 Limoges

RESUME – La limite sud de la distribution de *Crocidura leucodon* (Musaraigne bicolore) traverse le département de l'Indre, sans raison climatique ou topographique. Le peuplement en petits mammifères de l'Indre a été étudié en se servant des pelotes de réjection fournies par la chouette *Tyto alba*. Les résultats d'une analyse statistique montrent une opposition entre *C. leucodon* et une autre musaraigne, *C. russula* (Musaraigne musette). La niche écologique de *C. leucodon* est, de plus, resserrée, car cette espèce est repoussée vers l'openfield et la forêt refuge. La compétition entre ces deux espèces similaires sur le plan écologique et éthologique est l'hypothèse la plus probable pour expliquer l'absence de *C. leucodon* de son aire potentielle au sud de l'Indre.

MOTS CLES – Composition des paysages, micromammifères, distribution, *Crocidura leucodon*, *C. russula*.

**ON THE PRESENCE OF *CROCIDURA LEUCODON* (SMALL MAMMAL)
IN THE INDRE DEPARTMENT (FRANCE)**

SUMMARY – The southern limit of the distribution of *Crocidura leucodon* (bicoloured white-toothed shrew) crosses the Indre department, without climatic or topographic reason. The community of small mammals was studied using the pellets of the owl *Tyto alba*. The results of a statistical analysis showed an opposition between *C. leucodon* and an other shrew, *C. russula* (greater white-toothed shrew). Moreover, the ecological niche of *C. leucodon* was limited, and this species was pushed back towards the openfield and the forest shelter. To explain the absence of *C. leucodon* from a potential area in the southern part of the Indre department, the more likely hypothesis is that of a competition between these two species almost identical on the ecological and ethological levels.

KEY WORDS – Landscape composition, small mammals, distribution, *Crocidura leucodon*, *C. russula*.

INTRODUCTION

Crocidura leucodon occupe la moitié Nord de la France, elle ne se rencontre pas dans le Sud-Ouest thermo-atlantique ni dans la majeure partie du Massif central et de la région méditerranéenne. Cette répartition dépendrait d'un facteur climatique (Saint Girons, *in* SFEPM, 1984). Une observation va à l'encontre d'une action directe de ce facteur. Les plantes méditerranéo-atlantiques, thermophiles, comme *Erica scoparia*, *Ruscus aculeatus* ou *Rubia peregrina* sont des bioindicateurs du climat. Elles bordent et effleurent le nord-ouest du Limousin où elles sont rapidement à la limite de leur répartition (Vilks, 1991). Elles pénètrent largement dans le département contigu de l'Indre où les altitudes sont basses (Rameau *et al.*, 1989 ; Indelicato, données non publiées). En effet, le climat de l'Indre et celui du nord-ouest du Limousin présentent

Terroirs de l'Indre	Champagne berrichonne			Boischaut Nord					Brenne		Boischaut Sud		
	Rendzine			Argile calcaire					Argile - Sol podzolique)		Arène granitique		
Paysages (éléments éventuels)	Openfield (forêt)			Bocage mixte (forêt, une part d'openfield)					Bocage (étang lande ou forêt)		Bocage typique ou simplifié		
Communes des sites	Bouges-le-Château	Limiez	Villegongis	Gitroux	Heugnes	Jeu-Maloches	Moulins-sur-Céphons	Sougé	Migné	Vendeuvres	Crevant	Eguzon-Chantôme	% sur 16323 proies
Micromammifères communs :													
<i>Apodemus sylvaticus</i>	70	46	96	109	169	144	109	140	114	284	126	252	10
<i>Clethrionomys glareolus</i>	9	4	38	19	39	25	34	52	22	103	34	14	2
<i>Microtus agrestis</i>	3	2	1	9	17	26	22	18	104	148	105	79	3
<i>M. arvalis</i>	1266	950	333	733	692	767	498	540	686	468	594	1565	56
<i>M. subterraneus</i>	0	0	2	2	9	13	0	1	0	2	15	0	0,3
<i>Arvicola sapidus</i>	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	0,1
<i>Mus musculus</i>	5	8	4	2	7	4	0	8	3	8	5	9	0,4
<i>Rattus norvegicus</i>	4	6	3	3	3	12	1	3	3	8	1	7	0,3
<i>Crociodura leucodon</i>	0	0	10	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0,1
<i>C. russula</i>	138	356	76	208	338	241	153	117	385	218	229	539	18
<i>Sorex coronatus</i>	14	20	27	15	79	74	46	69	130	103	129	79	5
<i>S. minutus</i>	0	0	9	1	9	5	4	6	9	22	22	2	0,5
<i>Neomys fodiens</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	2	1	0,1
<i>Talpa europaea</i>	0	2	1	0	3	2	0	2	2	1	2	5	0,1
<i>Eliomys quercinus</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	2	0,1
<i>Micromys minutus</i>	5	9	5	10	33	42	71	7	76	42	8	39	2
Micromammifères rares :													
<i>Apodemus flavicollis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	6	0,1
<i>Microtus pyrenaicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	10	0,1
<i>Rattus rattus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0,02
<i>Neomys anomalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,01
<i>Muscardinus avellanarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,02
Autres taxons :													
Chiroptères	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,01
Oiseaux	7	2	0	3	2	6	7	2	4	3	1	2	0,2
Amphibiens	0	0	1	0	2	1	12	2	54	6	38	0	0,7
Total	1521	1406	607	1118	1404	1366	961	974	1595	1420	1334	2617	100
Variables paysagères :													Moy.
Taille moyenne des parcelles agricoles (en %)	99	72	70	90	22	23	21	18	15	12	9	24	40
Zones boisées (en %)	1	5,5	30	10	13,5	10,5	18,5	29	12	41	18	20	14
Rives (longueur en km)	0	1,25	0	0,25	2,15	2,5	1,7	3,25	3,5	3,75	4	4,5	2,2
Nombre de bâtiments	3	80	5	40	54	50	57	30	28	35	55	60	41
Descripteurs de la biodiversité :													
S richesse spécifique / 21	9	10	14	13	14	16	12	16	14	14	18	17	
H' diversité Shannon / 4,5	0,9	1,3	2,1	1,6	2,1	2,1	2,1	2,1	2,3	2,7	2,4	1,8	
E indice de régularité (0 à 1)	0,3	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	
Altitude (m)	151	160	183	143	137	140	140	134	121	117	370	220	168
Pluviométrie annuelle (mm)	670	670	700	600	700	700	670	700	700	770	850	780	709

TABLEAU I – Inventaire des proies de *Tyto alba*, retrouvées dans les pelotes de réjection récoltées sur 12 sites de l'Indre, et caractéristiques géographiques et écologiques des sites.

L'auteur a recherché les pelotes et a déterminé les espèces. Le suivi annuel des sites a permis de détecter les petits mammifères peu fréquents, et de minimiser les variations saisonnières et les hasards de l'échantillonnage.

des caractéristiques similaires : température moyenne annuelle de 10,5 °C à 11,5 °C et pluviométrie modérée de 700 à 900 mm. Dans ce contexte, *C. leucodon* apparaît dans l'Indre et non dans le Limousin. De plus, la bordure granitique du Massif central finit en pente douce sous la couverture sédimentaire. La limite observée de la distribution du micromammifère coupe donc l'Indre sans qu'une barrière climatique ou topographique s'interpose.

Dans l'Indre cependant, par le jeu combiné de la diversité des sols, de la topographie plate et de l'action de l'homme, les paysages de plaine sont contrastés depuis les divers bocages et leurs prairies en herbe jusqu'à l'openfield très cultivé. Cet openfield conserve toutefois, portées sur les cartes IGN et observées sur le terrain, des « îles » de forêts feuillues et compactes, de rayon supérieur à 600 m pour ne pas être assimilées à des haies et pour ne pas souffrir d'un effet de lisière (Dajoz, 1996). A première vue, *Crocidura leucodon* se tient dans les paysages en contact avec l'openfield. Par conséquent, le but de ce travail est de déterminer quelle est la composition des paysages responsable de sa distribution.

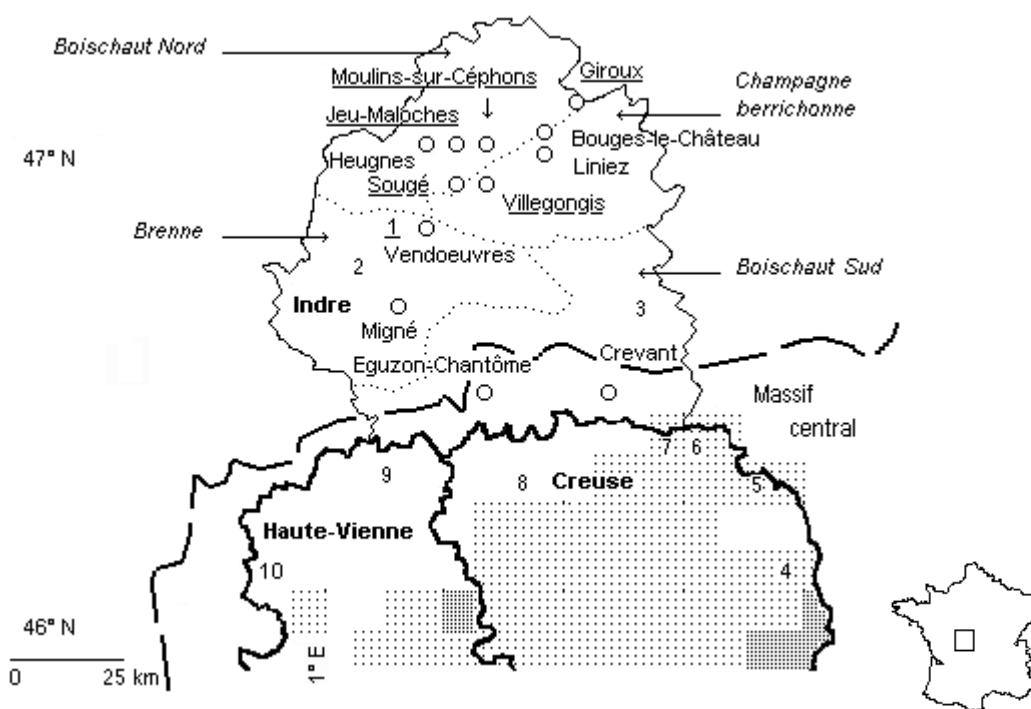


Figure 1 – Localisation des sites de l'étude numérique (cercles clairs), des autres sites (numérotés) et des sites de présence de *Crocidura leucodon* (soulignés), vers le centre-ouest de la France.

Gros tirets : limite du Massif central granitique.

Distribution des altitudes : < 400 m, plaine (blanc), ≥ 400 m, colline (trame large), ≥ 650 m, montagne (trame serrée).

Trait fin continu : le département de l'Indre, en région Centre. Trait fort continu : les départements de la Haute-Vienne et de la Creuse, en région Limousin. Les pointillés délimitent les quatre terroirs du département de l'Indre :

- . la Champagne berrichonne, plateau perméable et dénudé sur calcaires jurassiques (Dupuis, 1967), openfield céréalier,
- . le Boischart Nord, bocage mixte avec des forêts sur placages de limons à teneur en calcaire faible (Alcaydé, 1980),
- . le parc naturel régional de la Brenne, bocage humide avec des landes arbustives et thermophiles à *Erica scoparia*,
- . le Boischart Sud, sédimentaire et granitique, bocage typique avec un réseau de haies, ou bocage simplifié.

Autres sites :

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------|
| 1 Sainte-Gemme | 4 Fontanières | 7 Nouzerines |
| 2 Saint-Michel-en-Brenne | 5 Nouhant | 8 Villard |
| 3 Thévet-Saint-Julien | 6 Bussière-Saint-Georges | 9 Jouac |
| | | 10 Nouic. |

MATERIEL ET METHODES

Quatre variables paysagères décrivent les sites (Tab. I). Elles sont établies d'après les cartes IGN au 1/50 000^e, dans un cercle de 1 km de rayon centré sur le site. La première évalue le taux des zones boisées : forêt, bois, bosquets et haies, un taux élevé traduisant la présence d'une forêt. La seconde est la taille moyenne des parcelles agricoles, égale à l'ouverture globale du paysage divisée par le nombre de parcelles, une parcelle étant une terre délimitée par une zone boisée, un cours d'eau ou des bâtiments. La troisième ou rive est la longueur des ruisseaux, des rivières et des étangs. La quatrième compte le nombre de bâtiments : habitations, fermes et hangars.

Les restes des micromammifères ont été identifiés par l'analyse des pelotes de réjection de *Tyto alba*, recueillies entre 1996 et 2000. La prospection de 12 sites dans l'Indre a fourni 5300 pelotes et 16323 proies appartenant à 21 espèces de micromammifères et à d'autres taxons : Oiseaux, Chiroptères et Amphibiens (Tab. I). Cinq sites sur douze ont fourni dix-neuf *Crocidura leucodon* seulement. Les sites sont représentatifs des quatre terroirs de l'Indre (Fig. 1). Dix autres relevés ont été réalisés (Ann. II). Les ouvrages de détermination des espèces et d'étude du climat sont cités dans une étude antérieure (Indelicato, 2000).

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a permis de découvrir comment s'ordonne la distribution des micromammifères de l'Indre, dont *Crocidura leucodon*. Elle s'appuie sur la partie du tableau I qui regroupe, à partir d'*Apodemus sylvaticus* et jusqu'à *Micromys minutus*, 16 micromammifères communs sur 12 sites. Les espèces rares et les autres taxons sont exclus. Les variables paysagères sont sous la forme de points supplémentaires sur le graphique généré par l'AFC. Les contributions à la construction des axes, la représentation des espèces et des variables paysagères par les axes sont fournies par l'AFC (valeurs en pourcentages). La classification ascendante hiérarchique (CAH : critère de Ward) est élaborée sur les coordonnées factorielles des espèces et des sites. Le coefficient de corrélation de Spearman (r_s) mesure les relations espèces – variables paysagères. Les calculs sont effectués avec StatBox Pro 5.0 (Grimmer logiciels, 2000).

RESULTATS

Organisation générale du peuplement en petits mammifères de l'Indre

L'axe 1 de l'AFC explique 55 % de la variance des données (Fig. 2). Il sépare les espèces selon l'humidité et la fermeture du milieu, les bocages étant opposés à l'openfield homogène de la Champagne berrichonne sans arbres. En effet, les rives et les zones boisées sont en relation inverse avec la taille des parcelles agricoles (Tab. II). L'axe est construit par les contributions de Vendœuvres (40 %) et de Crevant du côté positif, par celles de Bouges-le-Château (24 %) et de Liniez du côté négatif. Nous constatons que les rives, les zones boisées et la taille des parcelles agricoles sont contrastées entre Vendœuvres et Bouges-le-Château (Tab. I). Il est construit encore par les contributions de *Microtus agrestis*, suivi de *Sorex coronatus*, *Apodemus sylvaticus* et *Clethrionomys glareolus*, tous opposés à *M. arvalis*. Les deux premiers sont hygrophiles voire prairiaux, les deux autres sont attirés par les zones boisées, à l'inverse de *M. arvalis* (Tab. III).

L'axe 2 de l'AFC explique 18 % de la variance des données. Il sépare les espèces selon la qualité des zones boisées : forestières ou bocagères, la forêt isolée dans la plaine cultivée de la Champagne berrichonne « fermée » étant opposée au bocage et aux landes denses de la Brenne. Les zones boisées et l'openfield sont cette fois conjugués, et éventuellement en relation inverse avec le nombre de bâtiments (Tab. II). L'axe est construit par les contributions de Villegongis (32 %) du

côté positif et de Migné (31 %) du côté négatif. Une partie de la petite forêt de Villegongis couvre 30 % du site et une vaste parcelle agricole le restant (Tab. I). Les zones boisées de Migné couvrent 12 % du site et les parcelles agricoles 15 % chacune. *Clethrionomys glareolus*, puis *Apodemus sylvaticus* et *Crocidura leucodon* construisent l'axe du côté positif, ils ont besoin de la forêt plutôt que des haies boisées et des landes arbustives, à l'inverse de *C. russula* bocagère. Vers le centre des axes, le bocage mixte de Sougé et de Moulins-sur-Céphons a des rives boisées et des prairies en herbe (axe 1), une part d'openfield et une forêt (axe 2).

L'axe 2 oppose très peu les sites selon le nombre de bâtiments (Tab. II, 8 %). Or ils attirent *C. russula* et éloignent *C. leucodon* (Tab. III et IV). La perturbation est due à *C. russula*, espèce à la fois anthropophile et sauvage. Sa population explose dans l'openfield quand le nombre de bâtiments passe de trois ou cinq à quatre-vingts entre Bouges-le-Château ou Villegongis et Liniez (taux de 25 %, d'après Tab. I). Elle explose aussi en Brenne : à Migné (24 %, Tab. I), qui compte à peine vingt-huit bâtiments ; à Saint-Michel-en-Brenne (35 %, Ann. II), qui compte une seule ferme. A l'instar des garrigues denses du Midi de la France (Poitevin *et al.*, 1987), le bocage de la Brenne avec des landes arbustives et thermophiles à *Erica scoparia*, même désert, est accueillant pour *C. russula*.

Plan principal de l'AFC	Taille des parcelles agricoles	Zones boisées	Rives	Bâtiments
Axe 1	30 (-)	39	58	1
Axe 2	30	45	6 (-)	8 (-)

TABLEAU II – Représentation des variables paysagères par les axes de l'AFC.

Valeurs exprimées en pourcentages. Coordonnées négatives indiquées par le signe (-).

Micromammifères	Taille des parcelles agricoles	Zones boisées	Rives	Bâtiments
<i>Apodemus sylvaticus</i>	- 0,34	0,80	0,22	- 0,14
<i>Clethrionomys glareolus</i>	- 0,51	0,76	0,18	- 0,14
<i>Microtus agrestis</i>	- 0,89	0,34	0,86	0,25
<i>M. arvalis</i>	0,89	- 0,61	- 0,53	- 0,05
<i>Crocidura russula</i>	0,05	- 0,34	0,27	0,59
<i>Sorex coronatus</i>	- 0,97	0,49	0,69	0,00
<i>S. minutus</i>	- 0,77	0,70	0,29	- 0,23

TABLEAU III – Corrélations espèces – variables paysagères sur les douze sites (r_s de Spearman).

Valeurs significatives en gras : r_s 0,58, $P < 0,05$; r_s 0,71, $P < 0,01$; r_s 0,82, $P < 0,001$; r_s 0,88, $P < 0,0001$. Les espèces sans corrélation ne sont pas reportées.

Micromammifère	Taille des parcelles agricoles	Zones boisées	Rives	Bâtiments
<i>Crocidura leucodon</i>	0,10	0,70	- 0,40	- 0,90

TABLEAU IV – Corrélations *Crocidura leucodon* – variables paysagères sur les cinq sites qui l'abritent (r_s de Spearman).

Valeur significative en gras : r_s 0,90, $P < 0,04$.

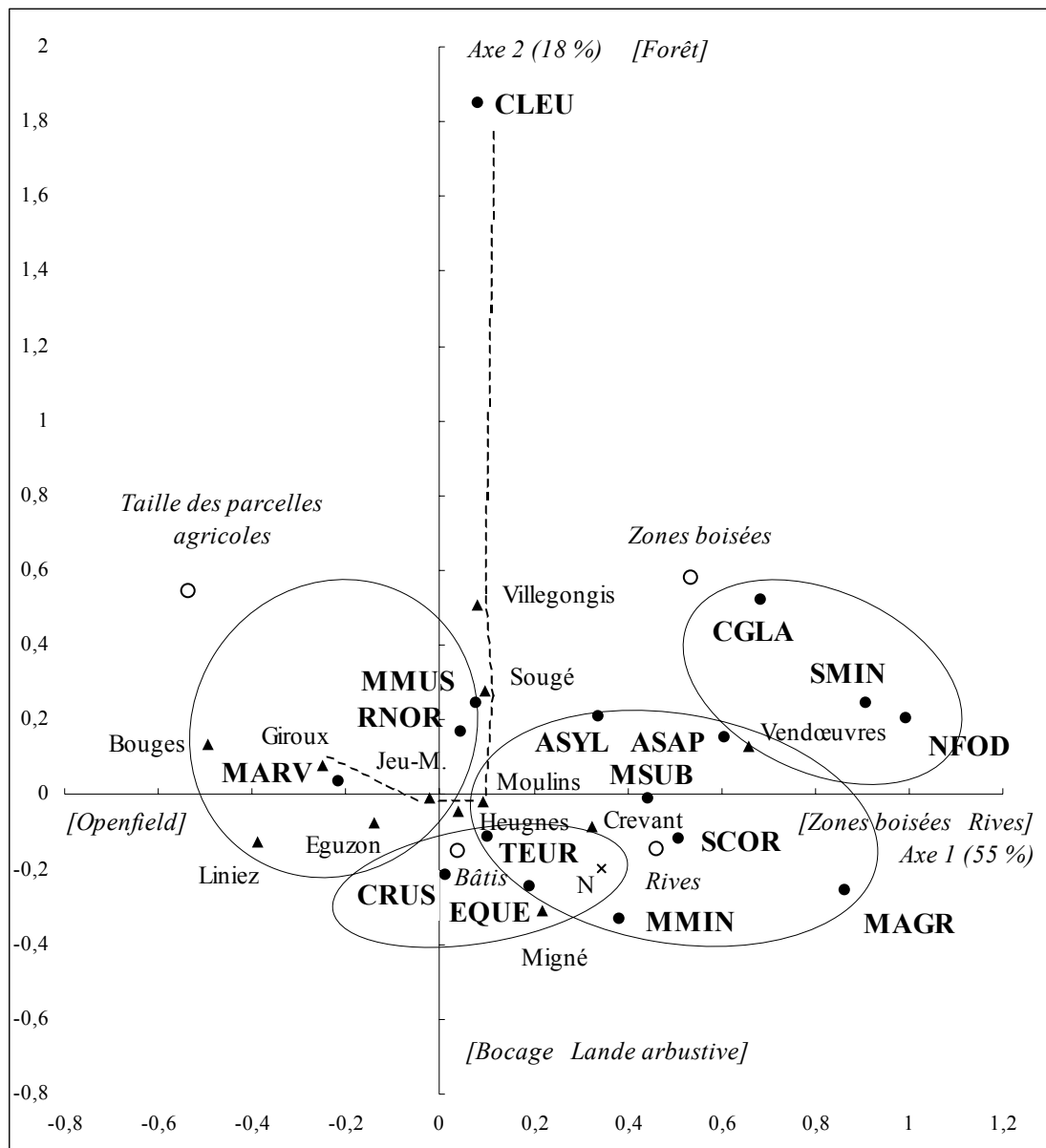


Figure 2 – Graphique de dispersion des points-micromammifères et des points-sites de l'Indre dans le plan principal de l'AFC, et représentation des groupements déterminés par la CAH.

Eléments supplémentaires : ronds clairs, les quatre variables paysagères ; N, Nouzerines, un site du Limousin (Fig. 1 ; Ann. II). Les groupements des espèces et des sites (CAH) sont visualisés par des ellipses, tandis que *Crocidura leucodon* est reliée par des tirets aux sites qui l'abritent. La suppression de *C. leucodon* ne changerait pas la construction des axes de l'AFC, ni la dispersion des espèces restantes.

Abréviations et noms des seize micromammifères communs :

ASAP	<i>Arvicola sapidus</i> , Campagnol amphibie	MMIN	<i>Micromys minutus</i> , Rat des moissons
ASYL	<i>Apodemus sylvaticus</i> , Mulot sylvestre	MMUS	<i>Mus musculus</i> , Souris grise
CGLA	<i>Clethrionomys glareolus</i> , Campagnol roussâtre	MSUB	<i>Microtus subterraneus</i> , Campagnol souterrain
CLEU	<i>Crocidura leucodon</i> , Musaraigne bicolor	NFOD	<i>Neomys fodiens</i> , Musaraigne aquatique
CRUS	<i>Crocidura russula</i> , Musaraigne musette	RNOR	<i>Rattus norvegicus</i> , Rat surmulot
EQUE	<i>Eliomys quercinus</i> , Léro	SCOR	<i>Sorex coronatus</i> , Musaraigne couronnée
MAGR	<i>Microtus agrestis</i> , Campagnol agreste	SMIN	<i>Sorex minutus</i> , Musaraigne pygmée
MARV	<i>Microtus arvalis</i> , Campagnol des champs	TEUR	<i>Talpa europaea</i> , Taupe d'Europe.

Micromammifères	Rives (Zones boisées présentes)	Forêt (Openfield présent)	Cumul des représentations (≥ 50 % souligné)
<i>Crocidura leucodon</i>	0	47	<u>47 %</u>
<i>Clethrionomys glareolus</i>	59	35	<u>94 %</u>
<i>Mus musculus</i>	2	25	27 %
<i>Sorex minutus</i>	73	5	<u>78 %</u>
<i>Apodemus sylvaticus</i>	62	24	<u>86 %</u>
<i>Neomys fodiens</i>	62	3	<u>65 %</u>
<i>Rattus norvegicus</i>	0	7	7 %
<i>Arvicola sapidus</i>	30	2	32 %
<i>Microtus arvalis</i>	92 (-)	3	<u>95 %</u>
<i>M. subterraneus</i>	9	0	9 %
<i>Talpa europaea</i>	3	3 (-)	6 %
<i>Sorex coronatus</i>	74	4 (-)	<u>78 %</u>
<i>Crocidura russula</i>	0	62 (-)	<u>62 %</u>
<i>Eliomys quercinus</i>	6	9 (-)	15 %
<i>Microtus agrestis</i>	75	6 (-)	<u>81 %</u>
<i>Micromys minutus</i>	19	14 (-)	33 %

TABLEAU V – Représentation des espèces par les axes ou facteurs définis grâce à l’AFC.

Valeurs exprimées en pourcentages. Espèces classées suivant leurs coordonnées sur l’axe 2, du plus vers le moins.

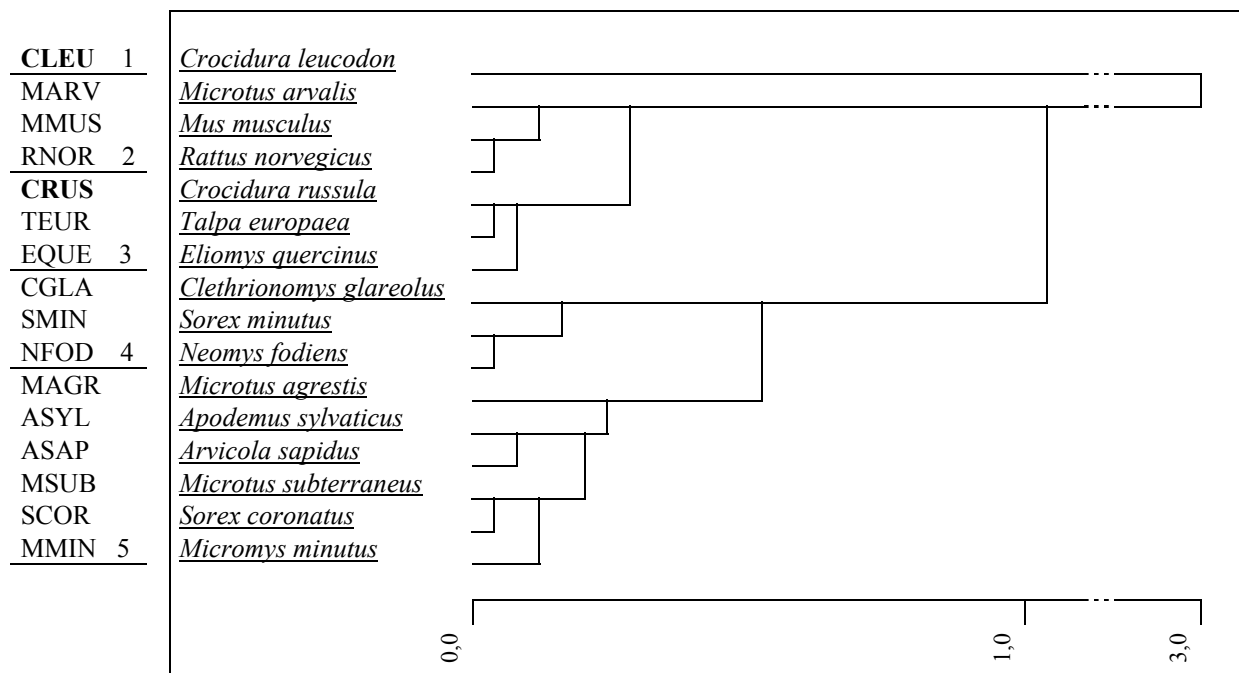


Figure 3 – Dendrogramme (CAH) montrant les groupements par affinités écologiques des espèces.

Les micromammifères de l’Indre sont distribués selon les deux facteurs de l’AFC qui expliquent 73 % de la variance des données. Leur influence exprime à près de 50 % ou plus les besoins écologiques de neuf espèces, dont *C. leucodon* (Tab. V). L’opposition entre les *Crocidura*, espèces congénériques et de taille similaire, reflète la séparation des niches écologiques : leurs besoins sont différents ou elles sont en compétition pour le partage des ressources. La discussion aborde le sujet. La présence des rives ne détermine pas leur distribution (Tab. II à V).

Groupements des espèces (des sites) par classification ascendante hiérarchique (CAH)

Crocidura leucodon (Sougé, Villegongis) est isolée dans le groupe 1 (Fig. 3 et 2) : elle est unique par son opposition à l'environnement humain ; elle seule, pas même *Microtus arvalis*, a besoin d'une part d'openfield pour exister ; elle n'est pas forestière stricte mais elle a besoin de la forêt (Tab. IV ; axe 2). Le groupe 2 de *M. arvalis* (terres cultivées de Giroux, Liniez, Bouges, Eguzon) est placé à gauche du plan de l'AFC. Le groupe 3 de *C. russula* et des espèces bocagères (landes de Migné, bocage typique de Crevant) est tiré vers le bas. A droite, le groupe 4 de *Sorex minutus* a des effectifs petits, la grande forêt humide le protège de l'extinction (Vendœuvres). Il est associé au groupe 5 hygrophile, bocager et forestier (Boischaut Nord ; Tab. I, tous les bocages).

Analyse de la biodiversité

A Bouges-le-Château (Tab. I), les indices sont bas : richesse spécifique faible (9), chute de la diversité spécifique (0,9) et de l'indice d'égalité répartition (0,3), car l'openfield homogène est inhospitalier et les effectifs sont concentrés sur *Microtus arvalis*. Par rapport à Crevant et à Eguzon-Chantôme qui ont la plus forte richesse spécifique (18 et 17), Vendœuvres ne comporte que 14 espèces, car la forêt de plaine n'est plus en continuité avec le Limousin, mais le peuplement est assez diversifié (2,7) et équilibré (0,7). *Crocidura leucodon* n'est pas totalement dominée, car elle occupe des sites dont les indices de biodiversité sont au-dessus de la moyenne (Tab. I). Son aire devrait être plus large au regard des espèces côtoyées, tel *Clethrionomys glareolus* (axe 2).

DISCUSSION SUR L'OPPOSITION DES DEUX CROCIDURA

La famille des Crocidurinae aurait une origine tropicale (Vogel, 1976 ; Vogel *et al.*, 1981). *C. russula* s'étend du Maghreb et de la péninsule ibérique jusqu'à l'ouest de l'Allemagne et de la Suisse, c'est une espèce ouest-méditerranéenne (Poitevin *et al.*, 1986). *C. leucodon* s'étend de l'Asie centrale (Zholnerovskaya, 1998) aux péninsules balkanique et italique et à l'Europe du nord, à l'exception du grand Sud-Ouest de l'Europe, c'est une espèce continentale-méditerranéenne ou asiatique. Les deux *Crocidura* sont méridionales, thermophiles et d'origine biogéographique différente. Leurs aires de diffusion nordique se recouvrent au nord-ouest de l'Europe.

Dans l'Indre, l'aire de *C. leucodon* traverse le Boischaut Nord, effleure l'entrée de la Champagne berrichonne et de la Brenne, puis s'interrompt vers le sud. L'aire couvre des paysages discontinus, où le degré de connectivité et l'effet de lisière sont faibles (Southwood, 1977, Merriam *et al.*, 1991, *in* Dajoz, 1996 ; Paillat et Butet, 1994). En effet, la forêt est tranchée sur les terres rases à Villegongis, les unités d'habitat sont disjointes ou pas assez interconnectées par des « haies corridors » dans le Boischaut Nord, il ne reste qu'un minimum de couverture permanente à Giroux. Cette distribution et l'opposition à l'omniprésente *C. russula* font penser que *C. leucodon* est repoussée par la compétition de *C. russula*, hors bocage typique et hors bâtiments, vers l'openfield inhospitalier et que la forêt est son refuge. L'hypothèse devient vraisemblable si l'on compare les données de l'Indre avec celles provenant de régions témoins, où chaque *Crocidura* est seule, l'ensemble des données constituant alors des expériences naturelles (Diamond, 1986, *in* Barbault, 1995).

Les petits mammifères du sud des péninsules ibérique et italique, en Andalousie et en Calabre, ont été étudiés par piégeage dans des biotopes homologues (Cagnin *et al.*, 1998). *C. russula* vit en Espagne, c'est une espèce dominante, assez envahissante, car son abondance est de

44 %. *C. leucodon* vit en Italie, son abondance est de 11 %. Les biotopes communs aux deux *Crocidura* sont les rives arbustives des ruisseaux intermittents et des ruisseaux permanents, les broussailles, les bois dégradés, les bois matures à sous-bois arbustif. Les contrées méditerranéennes témoignent que les niches écologiques sont ressemblantes et que les *Crocidura* sont potentiellement concurrentes. Dans l'Indre, *C. leucodon* abandonne à *C. russula* les formations arbustives ou boisées à fort effet de lisière, sa niche est resserrée par la présence de l'autre.

Le piégeage le long des rives arbustives et boisées du sud de l'Italie (Cagnin *et al.*, 1996) et les pelotes de réjection des *Tyto alba* romaines (Contoli *et al.*, 1983) ont donné respectivement 6 % et 10 % de *C. leucodon*. En résumé, cette dernière n'est jamais une espèce dominante, alors que *C. russula* peut l'être, comme dans l'Indre située au voisinage du Sud-Ouest thermo-atlantique de la France.

La Pologne témoigne que *C. leucodon* est une espèce anthropophile. Elle est rare dans les villages, elle préfère les petites villes et leur banlieue (1,5 % des captures de *Tyto alba*) : jardins, zones maraîchères, granges, haies vives (Buchalczyk, 1958). Elle se rapproche des fermes et des appartements en hiver (Walecki, 1866, *in* Buchalczyk, 1958). Il en est de même en Allemagne (Frank, 1984). La ressemblance est frappante avec *C. russula* en Suisse (Genoud et Hausser, 1979) et en France (Yalden *et al.*, 1973 ; Indelicato, 2000). Dans l'Indre, quand elles vont ensemble, *C. leucodon* abandonne à *C. russula* les bâtiments refuges, sa niche est resserrée par la présence de l'autre.

Au Cap Gris-Nez à la frontière nord de la France, dans la zone de recouvrement des aires, le piégeage montre bien que *C. leucodon* survit seulement en pleine nature, tandis que *C. russula* occupe aussi l'environnement humain (Yalden *et al.*, 1973). Par ailleurs, on observe que l'expansion de *C. russula* en limite orientale de son aire coïncide avec la disparition d'espèces affines seules présentes auparavant, de *C. leucodon* à l'ouest de la Suisse (Meylan, 1967) et au nord de l'Allemagne (Frank, 1984), de *C. suaveolens* au sud de l'Allemagne (Kraft, 2000). Mais la compétition de *Crocidura russula* est avérée dans un seul cas, et c'est la musaraigne *C. suaveolens* qui la subit (Poitevin *et al.*, 1987).

Dans le bocage du sud de l'Indre ou dans le semi-bocage boisé du Limousin, les paysages ont une structure en mosaïque, les unités d'habitat sont en réseau. Les populations de *C. russula* sont assez abondantes et surtout interconnectées. Elles doivent exercer un effet barrière vis-à-vis de *C. leucodon*. Quand la vigueur de *C. russula* est atténuée, la composition des paysages aidant, comme à Villegongis ou à Sougé où l'on compte 8 ou 40 *C. russula* pour 1 *C. leucodon*, la coexistence est assurée (Tab. I). Il peut s'agir d'une compétition indirecte, par exploitation, une espèce occupe tout l'espace et l'autre disparaît (*in* Dajoz, 1996). De fait, dans le Bassin méditerranéen, chaque *Crocidura* ne forme pas de populations isolées, comme déracinées, dans l'aire de l'autre.

CONCLUSION

Diverses régions ont révélé les similitudes écologiques de *Crocidura leucodon* et de *C. russula*. C'est le contraire dans l'Indre où la niche écologique de *C. leucodon* est resserrée. On en déduit que *C. leucodon* subit la compétition de *C. russula*. Son aire potentielle de distribution se rétrécit vers le sud, le climat atlantique assez doux et les paysages n'interviennent pas de façon directe. L'article montre un exemple de limite de répartition de *C. leucodon* et il propose une explication : la compétition interspécifique de *C. russula* et le refuge dans des biotopes forestiers.

REMERCIEMENTS – P. Brunet-Lecomte de l'Université de Bourgogne a vérifié des déterminations de *Microtus pyrenaicus*. G. Geneste et deux lecteurs anonymes ont apporté leurs conseils.

REFERENCES

- ALCAYDE, G. (1980) – Carte géologique de la France au 1/50 000^e Levroux. BRGM, Orléans.
- BARBAULT, R. (1995) – Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2^e édition. Masson, Paris, 273 p.
- BUCHALCZYK, T. (1958) – Die Feldspitzmaus – *Crocidura leucodon* (Hermann) in den nordöstlichen Gebieten Polens. *Acta Theriol.*, **2**, 55-73.
- CAGNIN, M., ALOISE, G., GAROFALO, G., MILAZZO, C. & CRISTALDI, M. (1996) – Les communautés de petits mammifères terrestres de trois “fiumare” de la Calabre (Italie du Sud). *Vie et Milieu*, **46**, 319-326.
- CAGNIN, M., MORENO, S., ALOISE, G., GAROFALO, G., VILLAFUERTE, R., GAONA, P., & CRISTALDI, M. (1998) – Comparative study of Spanish and Italian terrestrial small mammal coenoses from different biotopes in Mediterranean peninsular tip regions. *J. Biogeogr.*, **25**, 1105-1113.
- CONTOLI, L., AGOSTINI, F., ALOISE, G. & TESTA, A. (1983) – Sul rapporto trofico tra i micromammiferi terragnoli ed il Barbagianni (*Tyto alba*) nei Monti della Tolfa (Lazio). *Acc. Naz. Lincei*, **256**, 183-228.
- DAJOZ, R. (1996) – Précis d'écologie. 6^e édition. Dunod, Paris, 551 p.
- DUPUIS, J. (1967) – Carte pédologique de la France au millionième. INRA, Paris, 56 p.
- FRANK, F. (1984) – Zur Arealverschiebung zwischen *Crocidura russula* und *C. leucodon* in NW-Deutschland und zur wechselseitigen Verhältnis beider Arten. *Z. Säugetierk.*, **49**, 65-70.
- GENOUD, M. & HAUSSER, J. (1979) – Ecologie d'une population de *Crocidura russula* en milieu rural montagnard (Insectivora, Soricidae). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, **33**, 539-554.
- INDELICATO, N. (2000) – Aspects biogéographiques de la distribution des micromammifères dans le Limousin (France). *Ann. Sci. Limousin*, **11**, 61-80.
- KRAFT, R. (2000) – Ehemalige und aktuelle Verbreitung von Hausspitzmaus, *Crocidura russula* (Hermann, 1780), und Gartenspitzmaus, *Crocidura suaveolens* (Pallas, 1811), in Bayern. *Bonn. Zool. Beitr.*, **49**, 115-129.
- MEYLAN, A. (1967) – Les petits mammifères terrestres du Valais central (Suisse). *Mammalia*, **31**, 225-245.
- PAILLAT, G. & BUTET, A. (1994) – Fragmentation et connectivité dans les paysages : importance des habitats corridors pour les petits mammifères. *Arvicola*, **6** (2) : 5-12.
- POITEVIN, F., CATALAN, J., FONS., R. & CROSET, H. (1986) – Biologie évolutive des populations ouest-européennes de crocidures. I – Critères d'identification et répartition géographique de *Crocidura russula* et *Crocidura suaveolens*. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, **41**, 299-314.

- POITEVIN, F., CATALAN, J., FONS., R. & CROSET, H. (1987) – Biologie évolutive des populations ouest-européennes de crocidures. II – Ecologie comparée de *Crocidura russula* et de *Crocidura suaveolens* dans le Midi de la France et en Corse : rôle probable de la compétition dans le partage des milieux. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, **42**, 39-58.
- RAMEAU, J.C., MANSION, D. & DUME, G. (1989) – Flore forestière française, 1 Plaines et collines. Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 p.
- S.F.E.P.M. (1984) – Atlas des Mammifères sauvages de France. Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, Paris, 299 p.
- VILKS, A. (1991) – Analyse chorologique de la flore vasculaire du Limousin. Thèse Doct., Fac. Sci., Limoges, 1 : 241 p. ; 2 : 374 p.
- VOGEL, P. (1976) – Energy consumption of European and African shrews. *Acta Theriol.*, **21**, 195-206.
- VOGEL, P., GENOUD, M. & FREY, H. (1981) – Rythme journalier d'activité chez quelques Crocidurinae africains et européens (Soricidae, Insectivora). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, **35**, 97-107.
- YALDEN, D. W., MORRIS, P.A. & HARPER, J. (1973) – Studies on the comparative ecology of some French small mammals. *Mammalia*, **37**, 257-276.
- ZHOLNEROVSKAYA, E. (1998) – <http://www.bionet.nsc.ru/szmn/Vertebr/Mammalia.htm>.

Code INSEE	Communes des sites	Année de récolte des pelotes	Code INSEE	Communes des sites	Année de récolte des pelotes
<i>Sites actifs de l'AFC :</i>			<i>Site supplémentaire de l'AFC :</i>		
36 023 -	Bouges-le-Château	1999	23 146 -	Nouzerines	1996
36 060 -	Crevant	1999	<i>Autres sites :</i>		
36 070 -	Eguzon-Chantôme	1998-99	36 204 -	Saint-Michel-en-Brenne	1999
36 083 -	Giroux	1999	36 193 -	Sainte-Gemme	1998
36 086 -	Heugnes	2000	36 221 -	Thévet-Saint-Julien	1999
36 090 -	Jeu-Maloches	2000	23 038 -	Bussière-Saint-Georges	1998
36 097 -	Liniez	1998	23 083 -	Fontanières	1997
36 124 -	Migné	1998	23 145 -	Nouhant	1996
36 135 -	Moulins-sur- Céphons	1996	23 263 -	Villard	1997-98
36 218 -	Sougé	2000	87 080 -	Jouac	1995
36 232 -	Vendeuvres	1999	87 108 -	Nouic	1996-97
36 242 -	Villegongis	1996			

ANNEXE I – Liste des sites de l'étude.

Types de sols	Département Indre			Région Limousin						
	Rendzine Sol podzolique	Argile sableuse Sol podzolique	Argile calcaire	Arène granitique	Arène granitique	Arène granitique	Arène granitique	Arène granitique	Arène granitique	Arène granitique
Communes des sites	<u>Sainte-Gemme</u>	Saint-Michel-en-Brenne	Thévet-Saint-Julien	Fontanières	Nouhant	Bussière-Saint-Georges	Nouzerines	Villard	Jouac	Nouic
Micromammifères communs :										
<i>Apodemus sylvaticus</i>	20	111	101	194	104	270	115	268	212	436
<i>Clethrionomys glareolus</i>	30	17	35	33	26	52	25	27	30	50
<i>Microtus agrestis</i>	13	76	20	97	89	99	86	118	90	120
<i>M. arvalis</i>	330	199	738	603	1273	572	489	1227	571	1048
<i>M. subterraneus</i>	0	0	0	6	2	29	8	12	0	0
<i>Arvicola sapidus</i>	0	4	2	1	1	0	1	1	2	1
<i>Mus musculus</i>	7	1	1	0	2	8	1	6	5	14
<i>Rattus norvegicus</i>	1	1	1	2	1	3	2	2	2	0
<i>Crocidura leucodon</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. russula</i>	91	364	263	151	237	247	280	305	206	310
<i>Sorex coronatus</i>	18	118	58	142	114	122	125	117	49	52
<i>S. minutus</i>	1	9	2	13	16	19	17	10	5	8
<i>Neomys fodiens</i>	0	1	0	3	2	1	8	5	1	0
<i>Talpa europaea</i>	0	1	0	8	1	2	4	2	7	0
<i>Eliomys quercinus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Micromys minutus</i>	9	111	27	2	4	21	19	9	5	2
Micromammifères rares :										
<i>Apodemus flavicollis</i>	0	0	0	7	3	11	5	9	0	0
<i>Microtus pyrenaicus</i>	0	0	0	5	1	13	11	5	9	22
<i>Rattus rattus</i>	0	1	1	0	0	0	2	1	1	0
<i>Neomys anomalus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Muscardinus avellanarius</i>	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0
<i>Arvicola terrestris</i>	0	0	0	21	40	0	0	0	0	0
<i>Myoxus glis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Autres taxons :										
Chiroptères	0	0	0	0	1	0	0	0	3	2
Oiseaux	0	2	5	1	2	6	7	1	4	2
Amphibiens	2	23	3	8	1	5	36	16	2	6
Total	524	1040	1257	1297	1920	1481	1243	2143	1213	2073
Altitude	125	95	199	510	440	478	418	340	200	231
Pluviométrie annuelle (mm)	770	700	730	900	850	850	850	890	860	927

ANNEXE II – Inventaire des proies de *Tyto alba*, retrouvées dans les pelotes de réjection récoltées sur 10 autres sites de l'Indre et du Limousin, attestant l'extinction de *C. leucodon* vers le sud.

Les données sont celles de l'auteur. Noms des micromammifères rares :

Apodemus flavicollis, Mulot à collier jaune *Neomys anomalus*, Musaraigne de Miller

Microtus pyrenaicus, Campagnol des Pyrénées *Rattus rattus*, Rat noir.

Muscardinus avellanarius, Muscardin

Noms des micromammifères absents des sites de l'Indre :

Arvicola terrestris, Campagnol terrestre *Myoxus glis*, Loir gris.