

IV - EFFETS DE FRAGMENTATION DES HABITATS SUR LA COMMUNAUTE DES PETITS MAMMIFERES NON-VOLANTS DANS LE COMPLEXE FORESTIER DE LA REGION DE LOKY-MANAMBATO

La réduction de surface et la fragmentation forestière sont parmi les principales causes qui provoquent l'extinction des espèces de petits mammifères non-volants endémiques. Elles peuvent agir de différente façon suivant l'espèce ; la réponse de cette dernière à ces phénomènes peut aussi varier selon le type de l'habitat ou de la végétation forestière.

IV. 1 - METHODOLOGIE

Pour cette étude des effets de fragmentation des habitats forestiers, les techniques du choix des sites d'étude, la classification par groupe d'âge et l'analyses statistique par structure en série emboîtée ou « nested subset structure » sont présentés ci-dessous ; les détails sur les méthodes de capture, les préparations de spécimens de référence, la taxinomie et l'identification des espèces et l'analyse statistique par régression linéaire sont déjà donnés dans le premier chapitre « Généralité : Milieu d'étude et Méthodes utilisées » en pages 14 -16.

IV. 1. 1 - CHOIX DES SITES D'ÉTUDE

Le bloc de forêt de Binara est considéré comme site de contrôle ou site de référence pour l'étude des effets de fragmentation des habitats forestiers. Il a une superficie de l'ordre de 4 143 ha et un gradient altitudinal allant de 200 à 1 171 m. Il présente deux catégories de végétation forestière (humide et de transition) ; il offre aussi un noyau ou « core-area » important grâce à sa forme plus ou moins circulaire. La forêt de Bekaraoka, qui présente la superficie la plus importante de la région (4 150 ha) est comprise entre 80 et 454 m d'altitude ; sa végétation est typiquement sèche ; sa forme est allongée et étroite. Malgré tout, elle présente un « core-area » moins considérable. De ce fait, elle n'est pas représentative de l'ensemble de la végétation forestière de la région de Loky-Manambato ; elle n'est pas considérée comme site de contrôle. Pour l'étude des effets de fragmentation des habitats forestiers et l'analyse statistique par la régression linéaire, le bloc forestier de Sahaka n'est pas considéré. Il est le seul qui présente de formation littorale.

IV. 1. 2 - CLASSIFICATION PAR GROUPE D'ÂGE

Les individus de petits mammifères non-volants capturés sont classés en 3 groupes selon leur âge : jeune, sub-adulte et adulte. La détermination du groupe d'âge est basée sur les caractères externes (taille, poids et couleur des poils), le développement de l'appareil génital, les soudures et l'ossification des os du crâne et l'éruption dentaire. Concernant ce dernier caractère, l'évolution au niveau des ordres de petits mammifères (Afrosoricida, Soricomorpha et Rodentia) n'est pas identique. Chez les rongeurs, le groupe d'âge jeune est caractérisé par le non apparition de la troisième molaire, le sub-adulte est indiqué par l'apparition de la troisième molaire mais pas encore abrasée et l'adulte est confirmé par la présence de la troisième molaire érodée avec table d'usure.

Chez les afrosoricides, la classification élaborée par MacPhee (1987) est considérée. Selon l'éruption de leurs dents définitives, ils sont classés en quatre stades :

- le n°1 (jeune) est marqué par l'existence des incisives n°3 ;
- le n°2 (sub-adulte) correspond à l'apparition des prémolaires n°2 et n°4 et des incisives n°1 ;
- le n°3 (adulte) est caractérisé par la présence des incisives n°2 et les prémolaires n°3 ;
- le n°4 (adulte) est indiqué par le jaillissement des canines.

IV. 1. 3 - ANALYSES DES DONNÉES

Différentes techniques d'analyse sont employées : la régression linéaire et la structure en série emboîtée ou « nested subset structure ».

STRUCTURE EN SERIE EMBOÎTÉE OU « NESTED SUBSET STRUCTURE »

Généralement, dans une zone où la forêt est discontinue, la diversité biologique au niveau des fragments suit une structure en série emboîtée (Figure 4-1, page 81) ; c'est-à-dire que la composition spécifique des blocs forestiers de petites surfaces constitue un sous-ensemble « subset » de celle des grandes surfaces (Atmar & Patterson, 1993 ; Wright *et al.*, 1998 ; Patterson & Atmar, 2000). Face à la réduction de la surface habitable, la sensibilité varie suivant les espèces : celles qui exigent une plus vaste superficie pour leur survie disparaîtront en premier et les autres qui s'adaptent se rencontreront toujours au niveau des isolats forestiers de différentes tailles. Dans la région de Loky-Manambato où la végétation forestière est complexe (voir chapitre I « description du milieu d'étude : végétation » en page 10), il serait important de savoir comment les membres de la communauté des petits mammifères non-volants se répartissent dans les différents habitats isolés ?

Par le programme NestCalc « Nestedness Temperature Calculator » (Atmar & Patterson, 1993, 1995 ; <http://aics-research.com/nestedness/tempcaic.html>), la distribution spécifique de la communauté des petits mammifères non-volants au niveau des différents fragments forestiers de la région de Loky-Manambato est évaluée : aléatoire ou déterministe. Pour un assemblage déterministe, la composition spécifique d'un fragment le moins riche constitue un sous ensemble de celle du plus diversifié ; c'est la structure en série emboîtée (« nested subset »). La matrice de distribution (MD) des espèces se présente sous forme de tableau qui montre la présence et l'absence inattendue d'espèce dans chacun des isolats. Avec la rubrique « maximally pack matrix » (organisation maximale de la MD), le programme se propose d'arranger la MD de façon à ce que les espèces sont placées de la gauche vers la droite selon le degré croissant du risque d'extinction ou d'extirpation locale et les fragments forestiers du haut vers le bas selon le degré décroissant de potentialité pour la conservation des espèces.

NestCalc évalue l'arrangement de la distribution des espèces par des faits analogues à ceux qui sont observés lors d'un simple phénomène thermodynamique et mesure la stochasticité de la distribution du groupe d'assemblage en degré (°). Généralement, la distribution des espèces dans les habitats isolés correspond à une température comprise entre 0 ° et 100 °. Selon Atmar & Patterson (1995), une structure en série emboîtée proche de la parfaite coïncide à une température de la matrice de distribution (TMD) des espèces près de 0 ° et de 100 ° pour un groupe d'assemblage spécifique relevant un processus totalement aléatoire. Les espèces montrant des présences ou des absences inattendues à travers la MD relèvent d'un processus aléatoire et engendrent des TMD élevées (températures idiosyncrasiques) ; elles sont nommées espèces idiosyncrasiques. Pour déterminer la valeur de probabilité que la MD atteint une structure de groupe d'assemblages spécifiques aléatoires, des simulations Monte Carlo sont proposées par le programme ; la probabilité < 0,05 est considérée statistiquement significative.

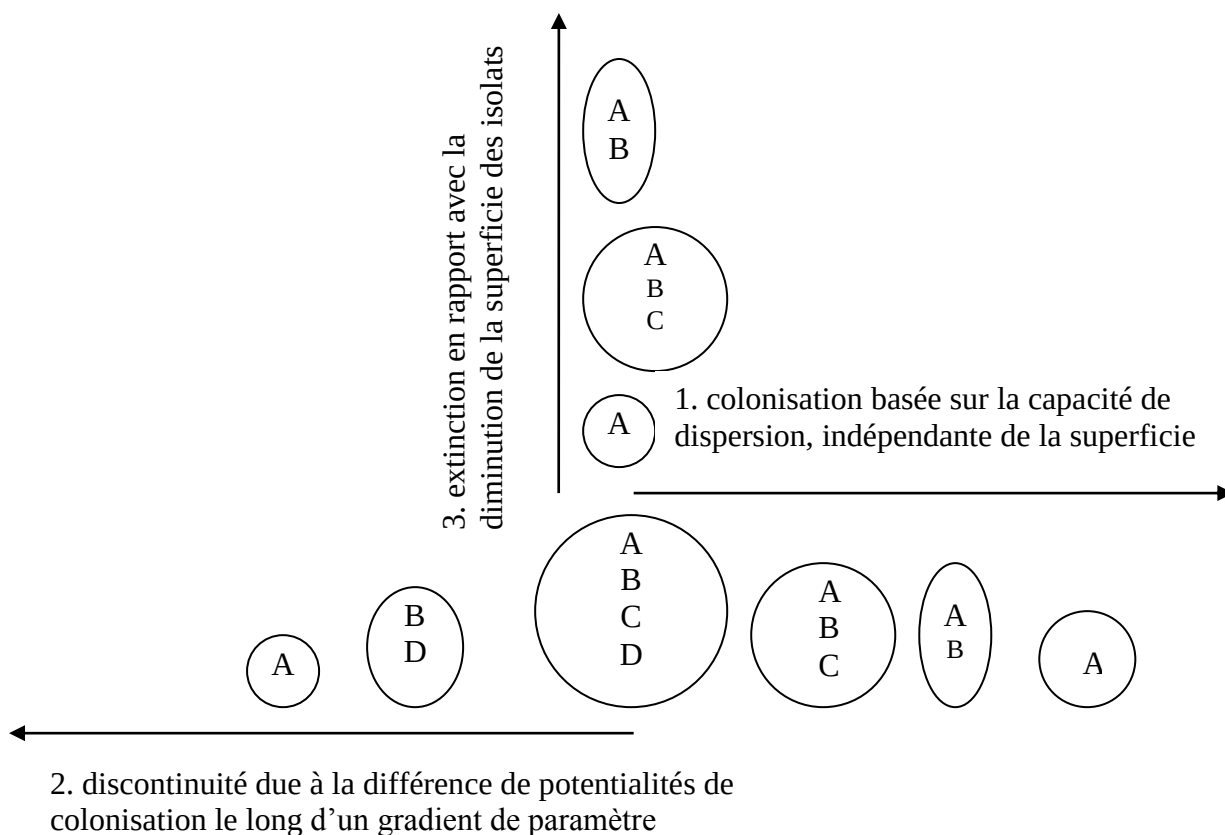


Figure 4-1 : Quelques exemples d'origines possibles des structures en série emboîtées (« nested subset structures ») dans la distribution des communautés biologiques dans les habitats isolés. A, B, C et D représentent les différentes espèces présentes (modifié à partir de Ganzhorn & Eisenbeiß, 2001).

IV. 2 - RESULTATS

IV. 2. 1 - CAPTURES D'AFROSORICIDA ET DE SORICOMORPHA PAR LES LIGNES DE « PIT-FALLS » (TROUS-PIEGES)

Les résultats détaillés sont présentés dans le Tableau 2-1 du deuxième chapitre « Biodiversité » (page 24). Au total, 10 espèces de petits mammifères non-volants ont été capturées dont 7 Afrosoricida (*Microgale brevicaudata*, *M. drouhardi*, *M. fotsifotsy*, *M. parvula*, *M. talazaci*, *Setifer setosus* et *Tenrec ecaudatus*), 1 Soricomorpha (*Suncus madagascariensis*) et 2 Rodentia (*Eliurus carletoni* et *Rattus rattus*).

À l'exception de *Tenrec ecaudatus* (Afrosoricida) et de *Suncus madagascariensis* (Soricomorpha), toutes les espèces capturées au niveau des différents sites ont aussi été trouvées dans le site de contrôle (Binara, 4 143 ha).

Par des analyses statistiques de régression linéaire, la relation entre le taux de capture (abondance relative) des Afrosoricida et Soricomorpha et la superficie du site d'étude n'est pas significative ; c'est-à-dire, ces deux paramètres n'évoluent pas parallèlement ; pour $N = 10$, $R = 0,101$ et $P = 0,780$.

IV. 2. 2 - CAPTURES DES RODENTIA PAR LES LIGNES DE PIEGE STANDARD

(« SHERMAN » ET « NATIONAL »)

Les résultats de capture par les pièges standard sont représentés dans le Tableau 2-2 du deuxième chapitre « Biodiversité » (page 31). Au total, 4 espèces de Rodentia et 2 d'Afrosoricida (*Setifer setosus* et *Tenrec ecaudatus*) ont été capturées. Parmi les premières, 3 sont endémiques (*Eliurus minor*, *E. myoxinus* et *E. carletoni*) et 1 est introduite (*Rattus rattus*).

En ce qui concerne les Rodentia endémiques, l'analyse statistique montre la présence de corrélation positive entre le taux de capture (abondance relative) et la superficie du site d'étude ; c'est-à-dire, le taux de capture augmente en fonction de la superficie du site d'étude (Figure 4-2, page 83) ; pour $N = 10$, $R = 0,6786$ et $P = 0,0310$; l'équation a pour formule :

- Taux de capture = $0,001 (\text{Superficie du site d'étude}) + 0,8135$

Des résultats d'analyse statistique analogues sont obtenus en examinant le rendement de la ligne de piégeage sur les Rodentia endémiques en fonction de la superficie du site d'étude (Figure 4-3, page 83) ; pour $N = 10$, $R = 0,7103$ et $P = 0,0213$; l'équation a pour formule :

- Rendement de piégeage = $0,0052 (\text{Superficie du site d'étude}) + 3,4295$

Par contre le taux de capture et le rendement de la ligne de piégeage sur les Rodentia introduite (*R. rattus*) n'évoluent pas de façon parallèle avec la superficie du site d'étude. Statistiquement il n'y a pas de corrélation entre ces deux paramètres et la superficie du site d'étude ; pour $N = 10$, R est respectivement égale à 0,004 et 0,023 et $P = 0,992$ et 0,945.

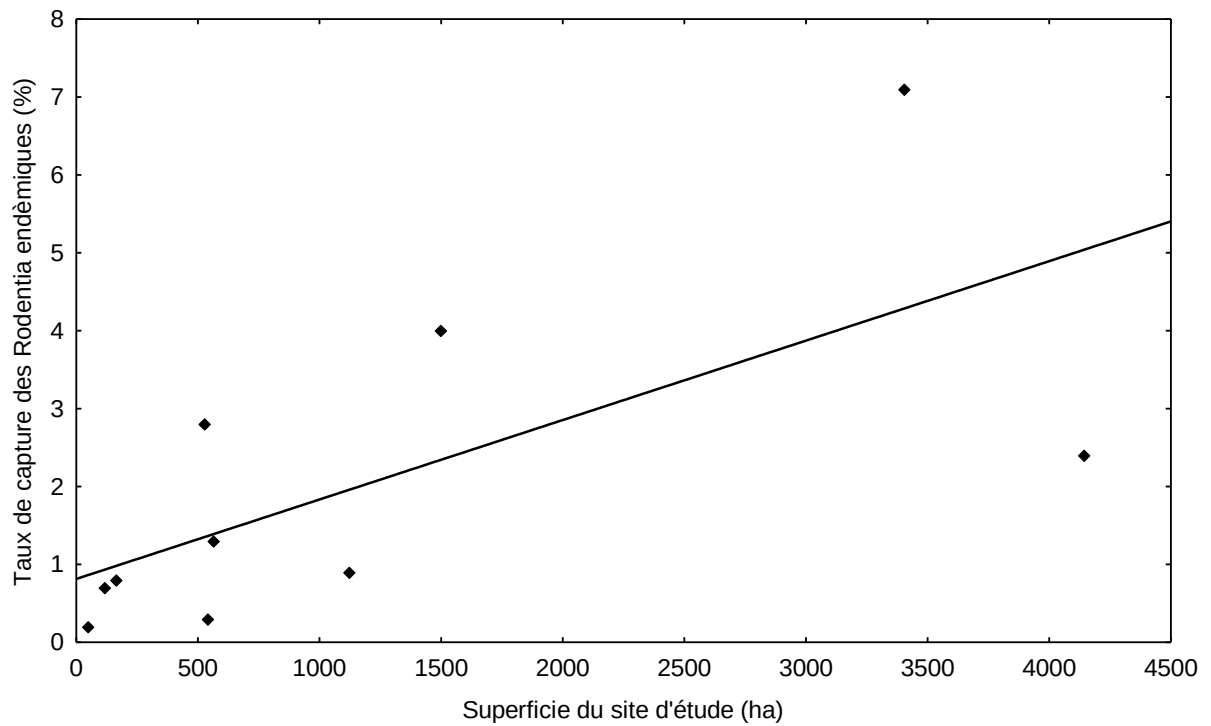


Figure 4-2 : Droite de régression montrant la variation du taux de capture des Rodentia endémiques en fonction de la superficie du site d'étude.

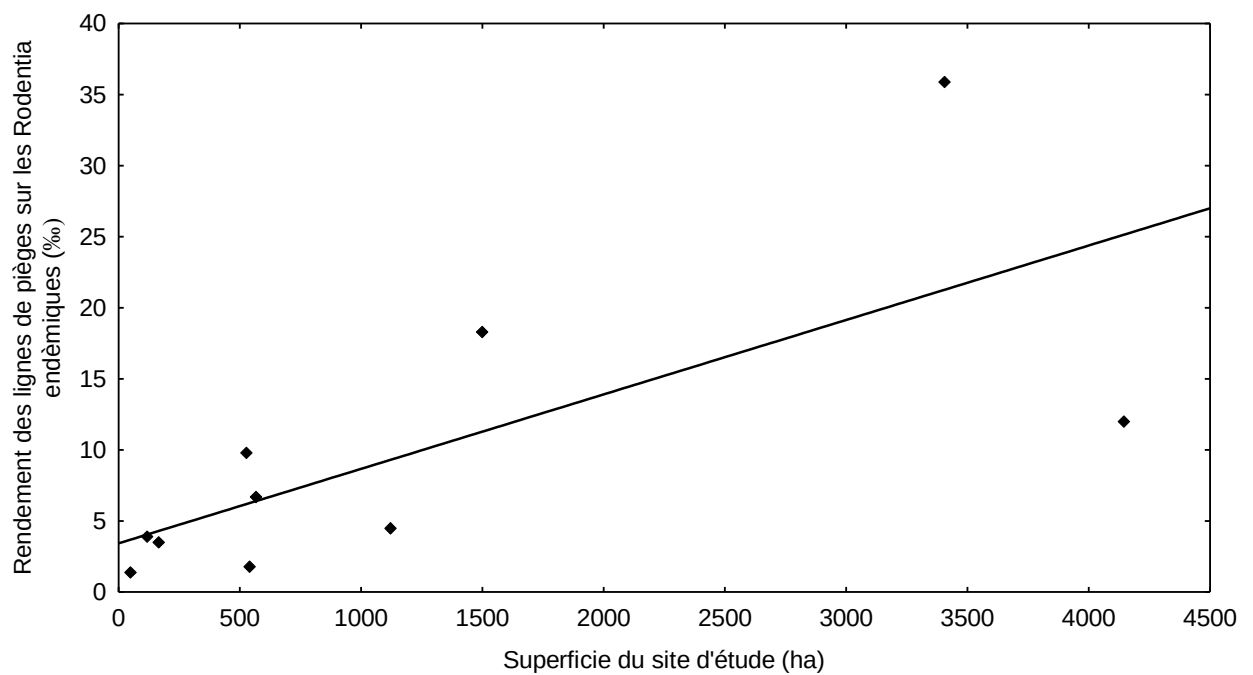


Figure 4-3 : Droite de régression montrant la variation du rendement de la ligne de piégeage les Rodentia endémiques en fonction de la superficie du site d'étude.

IV. 2. 3 – RICHESSE ET COMPOSITION SPECIFIQUES SELON LA TAILLE DU SITE D'ETUDE

Avec les 2 méthodes de piégeage (les lignes de « pit-falls » et les lignes de piège standard) la durée de 6 nuits de piégeage effectuée au niveau de chaque station d'échantillonnage des différentes superficies du site d'étude (bloc de forêt) de la région de Loky-Manambato est généralement suffisante pour inventorier les petits mammifères non-volants (Afrosoricida, Soricomorpha et Rodentia). En outre, les résultats des observations directes au cours des balades dans la forêt sont aussi considérés pour évaluer la richesse et la composition spécifiques. Les détails des résultats correspondants aux sites d'étude sont présentées dans le Tableau 2-3 du deuxième chapitre (page 41).

Les analyses statistiques par régression linéaire montre que la richesse spécifique en Afrosoricida et Soricomorpha évolue de façon parallèle et dans le même sens que la superficie et l'amplitude altitudinale du site d'étude ; c'est-à-dire qu'il y a une corrélation positive significative entre la richesse spécifique et ces deux dernières paramètres (Figure 4-4 et 4-5, page 85) ; respectivement pour N = 10 et 11, R = 0,7713 et 0,7601, P = 0,009 et 0,007 ; les équations ont pour formules :

- Richesse spécifique = 0,0008 (Superficie du site d'étude) + 2,4669
- Richesse spécifique = 0,0042 (Amplitude altitudinale du site d'étude) + 1,5117

En ce qui concerne la richesse spécifique en Rodentia endémiques et la superficie du site d'étude, les résultats d'analyse indiquent qu'il n'existe pas de corrélation ; il n'y a pas d'interdépendance entre ces deux paramètres : pour N = 10, R = 0,6156 et P = 0,06. Par contre, la relation est significativement positive entre le premier paramètre et l'amplitude altitudinale du site d'étude ; la richesse spécifique en Rodentia endémiques et ce dernier évoluent ensemble de façon parallèle et dans le même sens (Figure 4-6, page 86) ; pour N = 11, R = 0,7629, P = 0,006 ; l'équation a pour formule :

- Richesse spécifique = 0,0025 (Amplitude altitudinale du site d'étude) + 0,532

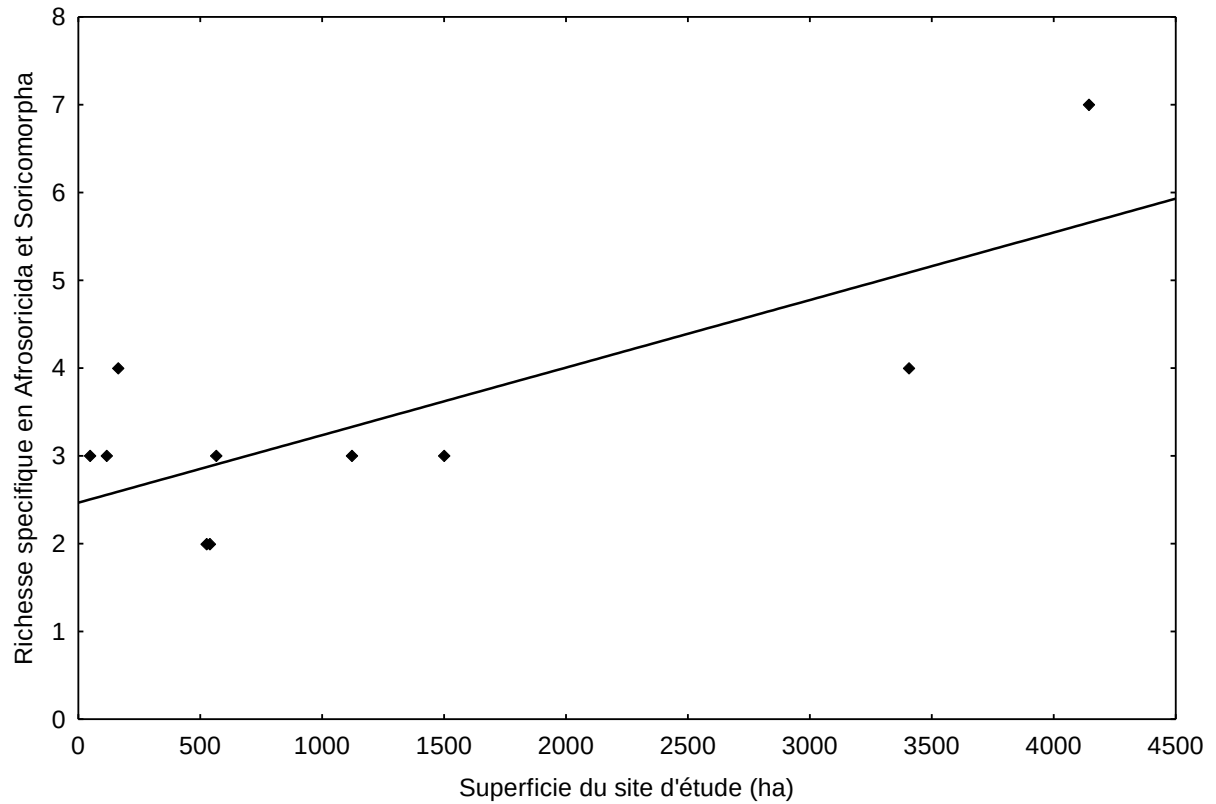


Figure 4-4 : Droite de régression montrant la variation de la richesse spécifique en Afrosoricida et Soricomorpha en fonction de la superficie du site d'étude.

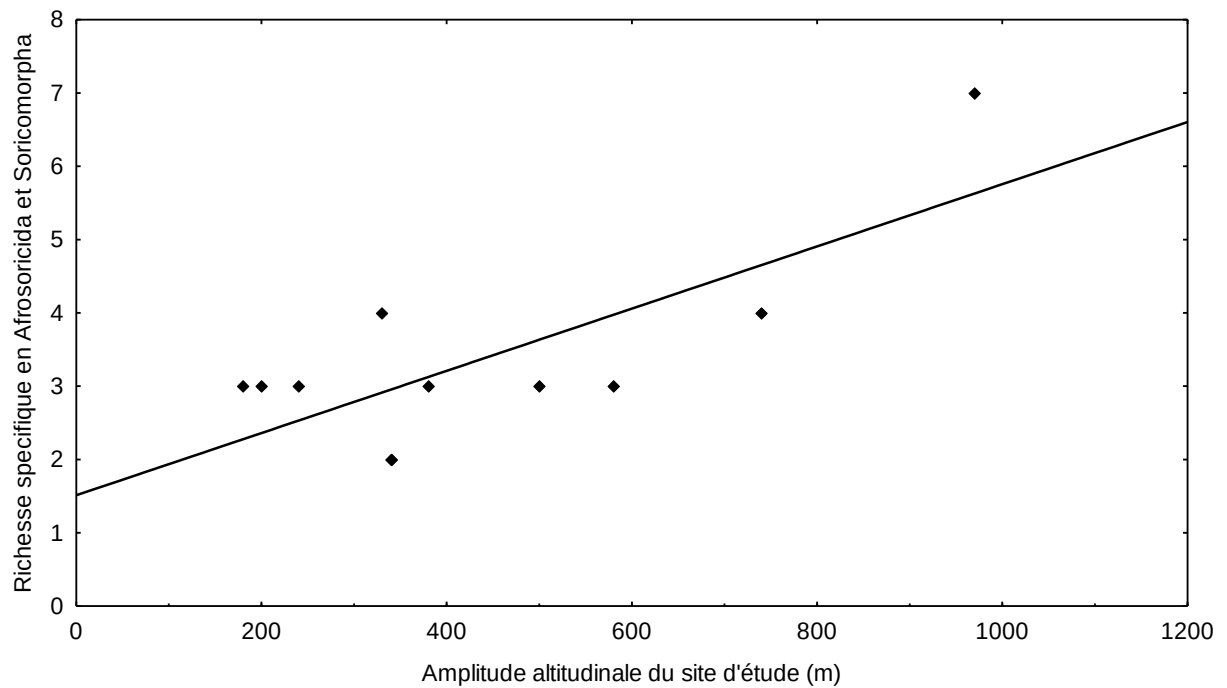


Figure 4-5 : Droite de régression montrant la variation de la richesse spécifique en Afrosoricida et Soricomorpha en fonction de l'amplitude altitudinale du site d'étude.

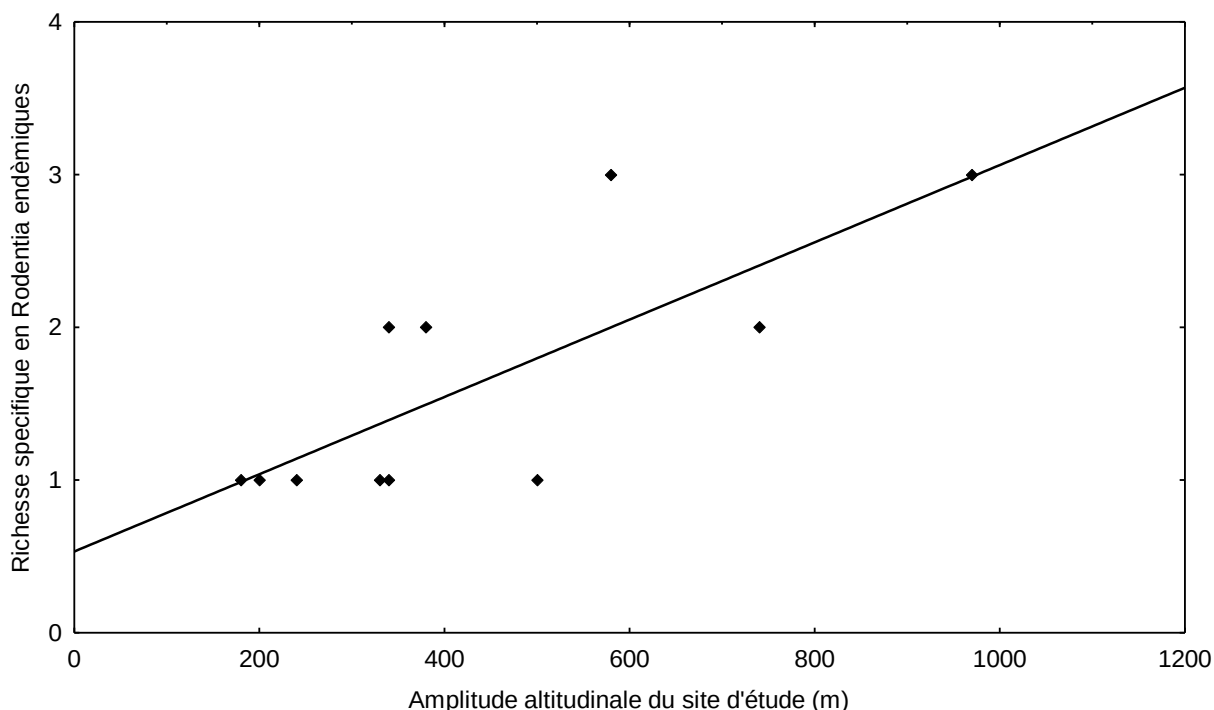


Figure 4-6 : Droite de régression montrant la variation de la richesse spécifique en Rodentia fonction de l'amplitude altitudinale du site d'étude.

Par le programme d'analyse NestCalc (Atmar & Patterson, 1993, 1995 ; <http://aics-research.com/nestedness/tempcaic.html>), les résultats pour la distribution spécifique de la communauté des afrosoricides et soricomorphes d'une part et de rongeur d'autre part, par rapport aux isolats forestiers sont respectivement présentés sur les Figures 4-7 et 4-8 (pages 88 et 89).

Chez les afrosoricides et soricomorphes, la matrice de distribution montre que les espèces présentes sont rangées par ordre de degré croissant de risque d'extinction locale comme suit : *Tenrec ecaudatus*, *Setifer setosus*, *Microgale brevicaudata*, *M. fotsifotsy*, *M. drouhardi*, *Suncus madagascariensis*, *M. talazaci* et *M. parvula* ; alors que les isolats forestiers sont classés par ordre de degré décroissant de potentialité pour la conservation des espèces comme suit : Binara, Antsahabe, Tsaramborona, Ambilondambo, Bekaraoka, Ampondrabe, Bobankora, Tsarahitsaka, Andranomifafy, Anjavobe et Ankaramy. D'après ces résultats, *S. madagascariensis* et *M. brevicaudata* sont les principaux responsables de la forte température, (T) est de 9,77 ° ; elles sont nommées « espèces idiosyncrasiques ». Selon le Tableau 4-1 (page 90), la distribution de la communauté d'espèces d'Afrosoricida et Soricomorpha ne suit pas la règle « nested subset » ; la composition spécifique d'un fragment

le moins riche ne constitue pas un sous ensemble de celle du plus diversifié ; l'exception peut venir de l'absence de *S. madagascariensis* à Binara (richesse spécifique égale à 7), mais qui est présent à Tsaramborona (richesse spécifique égale à 4).

Chez les rongeurs, selon la matrice de distribution du classement des espèces par ordre de degré croissant de risque d'extinction locale, elles sont arrangées comme suit : *Eliurus carletoni*, *Rattus rattus*, *E. myoxinus* et *E. minor*. Les isolats forestiers, suivant le classement par ordre de degré décroissant de potentialité pour la conservation des espèces sont organisés comme suit : Binara, Ambilondambo, Antsahabe, Ankaramy, Andranomifafy, Bobankora, Ampondrabe, Bekaraoka, Anjavobe, Tsarahitsaka et Tsaramborona. Selon les résultats observés sur la Figure 4-8, *R. rattus* et *E. myoxinus* sont appelées « espèces idiosyncrasiques » ; elles sont les principales responsables de la température élevée de la matrice de distribution (T) égale à 17,95 °. D'après le Tableau 4-2 (page 90), comme le cas rencontré chez les afrosoricides et soricomorphes précédemment, la règle « nested subset » n'est pas validée par la distribution de la communauté d'espèces de Rongeur.

Selon les 1000 simulations Monte Carlo de distribution aléatoire, pour les Afrosoricida et Soricomorpha, la moyenne de température est de 43 ° avec la standard déviation (σ) = 10,27 °, la probabilité $P = 0,006$ (Figure 4-7, page 88) ; pour les Rodentia, la moyenne de température est de 34,34 ° ; avec la standard déviation (σ) = 11,13 ° et probabilité (P) = 0,787 (Figure 4-8, page 89). Ces résultats indiquent que le modèle de matrice est significatif pour la distribution aléatoire des Afrosoricida et Soricomorpha mais non significatif pour les Rodentia.

Selon le schéma modifié à partir de Ganzhorn & Eisenbeiß (2001, Figure 4-1 en page 81), la distribution des communautés aussi bien chez les afrosoricides et soricomorphes que chez les rongeurs dans les habitats forestiers isolés de la région de Loky-Manambato est liées à la discontinuité due à la différence de potentialité de colonisation le long d'un gradient de paramètre écologique (type 2).

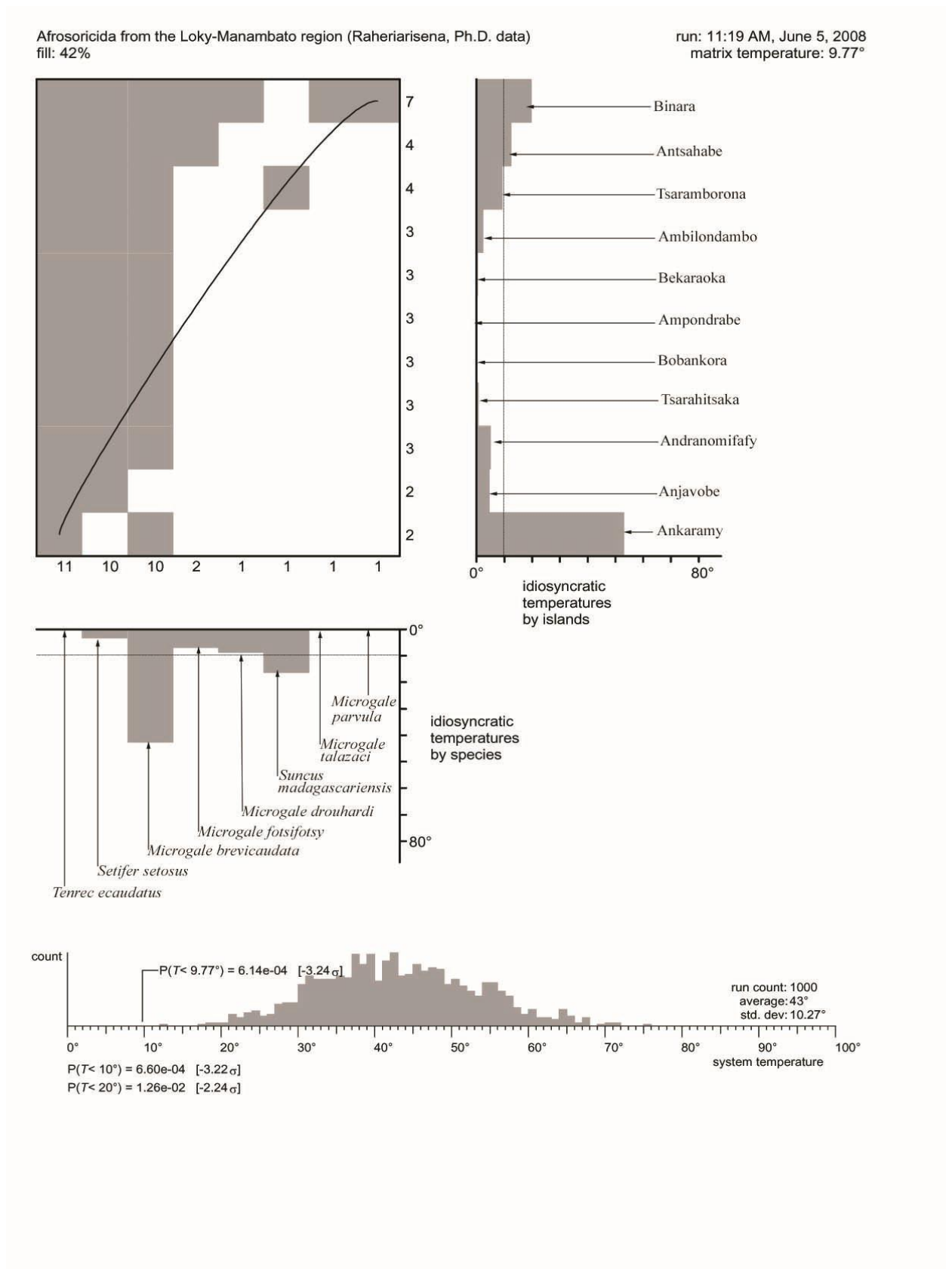


Figure 4-7 : Résultats des analyses par « nested subset » de la composition spécifique en Afrosoricida et Soricomorpha selon les isolats forestières.

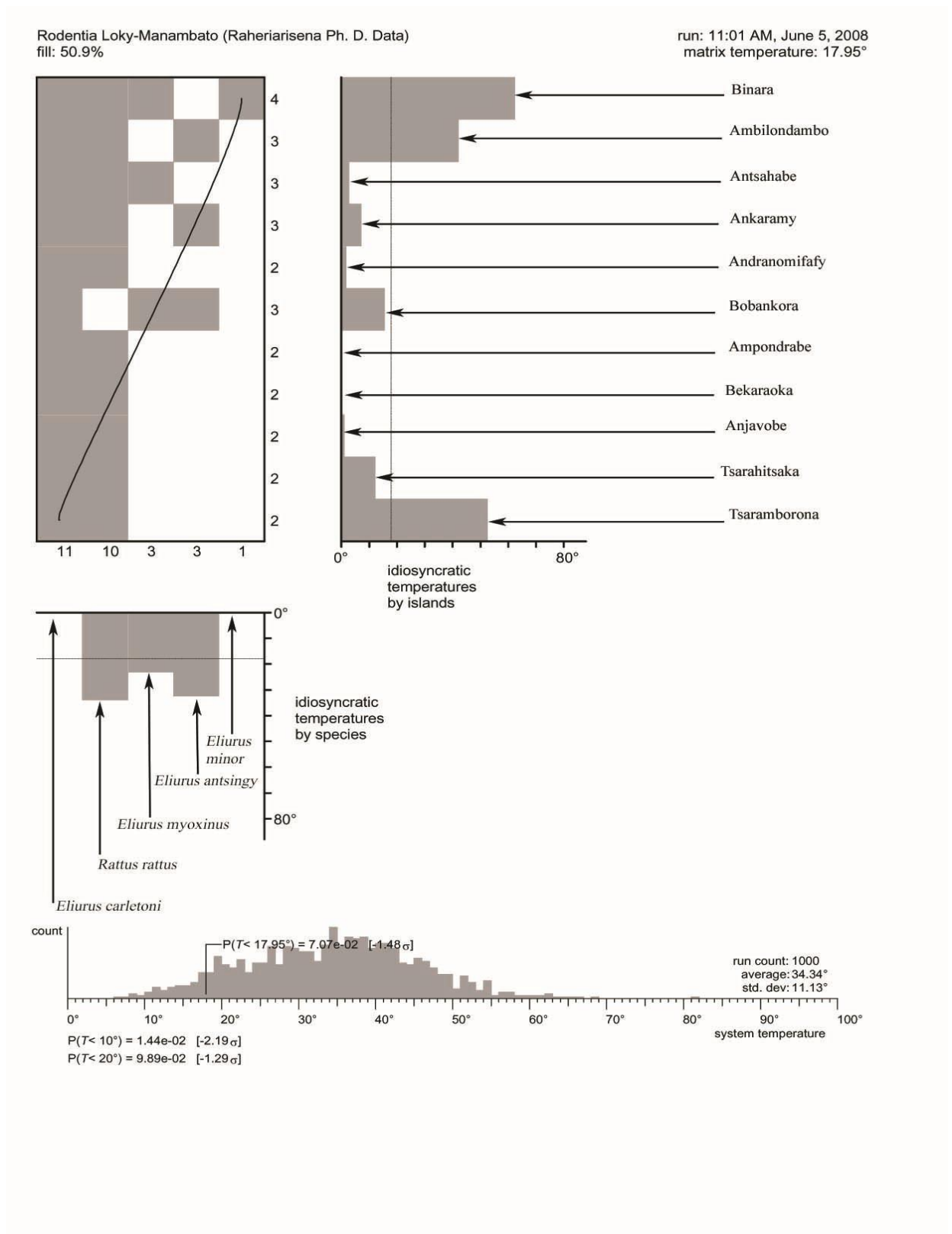


Figure 4-8 : Résultats des analyses par « nested subset » de la composition spécifique en Rodentia selon les isolats forestières.

Tableau 4-1 : Matrice de présence et absence de la distribution des espèces d'Afrosoricida et Soricomorpha dans les fragments de forêt de la région de Loky-Manambato.

Fragment de forêt	Binara	Antsahabe	Tsarambo-rona	Ambilondambo	Bekaraoka	Ampondrabe	Bobankora	Tsarahitsaka	Andranomifafy	Anjavobe	Ankaramy
Superficie (ha)	4 143	3 404	163	565	4 150	1 498	1 121	117	48	539	526
Altitudes (m)	200-1 171	350-1 090	150-480	200-580	80-454	80-580	90-670	230-430	220-400	90-430	160-340
Amplitude altitudinale (m)	971	740	330	380	374	500	580	200	180	340	180
Espèces											
<i>Tenrec ecaudatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Setifer setosus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
<i>Microgale brevicaudata</i> †	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1
<i>Microgale fotsifotsy</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microgale drouhardi</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Suncus madagascariensis</i> †	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microgale talazaci</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microgale parvula</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre d'espèces	7	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2

† = espèce idiosyncrasique

Tableau 4-2 : Matrice de présence et absence de la distribution des espèces de Rodentia dans les fragments de forêt de la région de Loky-Manambato.

Fragment de forêt	Binara	Ambilondambo	Antsahabe	Ankaramy	Andranomifafy	Bobankora	Ampondrabe	Bekaraoka	Anjavobe	Tsarahitsaka	Tsaramborona
Superficie (ha)	4 143	565	3 404	526	48	1 121	1 498	4 150	539	117	163
Altitudes (m)	200-1 171	200-580	350-1090	160-340	220-400	90-670	80-580	80-454	90-430	230-430	150-480
Amplitude altitudinale (m)	971	380	740	180	180	580	500	374	340	200	330
Espèces											
<i>Eliurus carletoni</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Rattus rattus</i> †	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1
<i>Eliurus myoxinus</i> †	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Eliurus minor</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre d'espèces	4	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2

† = espèce idiosyncrasique