

Etude par radio télémétrie des mouvements, du domaine vital et de l'utilisation de l'habitat par des couleuvres à collier (*Natrix natrix helvetica*) en zone périurbaine. Implications en termes de conservation.



Photo : Julie Pittoors

Mémoire de recherche présenté par Julie Pittoors
Réalisé sous la direction de Michaël Ovidio et d' Emmanuël Sérusiaux.
Co-direction: Eric Graitson.

Pittoors Julie
Année académique 2008/2009
2^{ème} master en biologie des organismes
et écologie.

Remerciements :

Au terme de ce travail de fin d'étude, je voudrais remercier tout particulièrement Eric Graitson pour la confiance qu'il m'a témoignée, sa gentillesse ainsi que pour l'aide qu'il m'a procurée tout au long de mon travail de recherche et de rédaction. Un remerciement tout particulier également à Michaël Ovidio pour l'aide qu'il m'a également procurée dans le travail de rédaction, pour ses conseils et pour l'ensemble du matériel de radiotéléométrie qui m'a été prêté.

Je voudrais aussi remercier Emmanuël Sérusiaux pour l'accueil au sein de son service et pour m'avoir permis de réaliser un sujet de mémoire de terrain qui a été très enrichissant et très amusant.

Un remerciement également à Frédéric Gandar et à Ioan Mihaï Szalo pour leur travail d'opération des coulevres et leur gentillesse.

Je voudrais aussi remercier Claude Dopagne pour l'utilisation d'arview, Sandra Godfroid pour l'aide à la capture de la femelle 5, Pierre Collard pour la récolte des dernières données, Anne-Françoise Donneau pour les conseils de traitements statistiques, Michel Erpicum pour l'accès aux données climatiques, Aurore Serendynsky pour l'exemple de l'utilisation de la technique de radiotéléométrie, Martin Goblet pour ses photos d'excellente qualité, Jean Marc Lovinfosse et son assistant pour l'inspection des égouts et Eric Hallot pour l'utilisation de Hawth Analysis tool.

Un remerciement également à l'ensemble du personnel de l'acrea pour l'accueil qu'ils m'ont réservé.

Je voudrais également remercier mes parents pour leur soutien ainsi que pour la relecture de mon travail, mon père pour la traduction de mes documents en allemands, ainsi que ma sœur pour ses conseils.

Enfin, un remerciement également à mon compagnon pour son soutien et pour sa compréhension au vu des vacances que je n'ai pu lui accorder cette année...

Résumé :

Une étude des **déplacements**, du **domaine vital** et de l'utilisation de l'**habitat** à été réalisée sur dix femelles de **couleuvres à collier** (*Natrix natrix helvetica*), dans le domaine universitaire du **Sart Tilman**. Cette étude s'est déroulée à partir du mois d'avril, peu après la sortie d'hibernation, jusqu'au mois de juillet. Les couleuvres ont été équipées d'un émetteur radio et ont été localisées régulièrement (au minimum 4 fois par semaine) grâce à la technique de **radio télémétrie**. Il apparaît que les habitats les plus fréquentés par les couleuvres à collier sont les habitats de **friches** et plus particulièrement, les milieux de **lisières**, avec 70.5 % du total des localisations correspondant à ces zones. Les **microhabitats** les plus prisés se révèlent être la végétation à prédominance de ronciers (*Rubus fruticosus*), d'orties (*Urtica sp.*) et de graminées principalement. Les domaines vitaux des couleuvres à collier du Sart Tilman sont de l'ordre de 4.99 hectares \pm 4.47 hectares en moyenne. Troisièmement, Les **distances moyennes** couvertes en une heure sont de 14.16 \pm 17.28 mètres pour le mois de mai, 14.51 \pm 15.39 mètres pour le mois de juin et 25.89 \pm 32.59 mètres pour le mois de juillet. Nos analyses démontrent que les déplacements sont corrélés positivement avec la **température de l'air**. Enfin, la technique de radiotélémétrie a aussi permis de déterminer les périodes de pontes (fin juin pour l'ensemble des individus), les périodes de mues (juin) et a permis de localiser avec précision trois **site de pontes**.

Table des matières :

1. Introduction.

2. Les concepts à la base de la notion de biologie de la conservation.

- 2.1 La biogéographie insulaire
- 2.2 Les métapopulations
- 2.3 Le réseau écologique

3. Déclin, conservation des reptiles et situation en Wallonie

- 3.1 Le déclin mondial des reptiles
- 3.2 Conservation des reptiles

4. Synthèse bibliographique de quelques études réalisées sur les serpents.

- 4.1 Généralités sur les serpents
- 4.2 L'intérêt des serpents comme modèle de recherches
- 4.3 Ecologie spatiale et utilisation de l'habitat chez les serpents en zone tempérée.
- 4.4 La biotéléométrie et ses applications.

5. Synthèse bibliographique sur la couleuvre à collier.

- 5.1 Classification, caractéristiques anatomiques et répartition
- 5.2 Cycle vital de la couleuvre à collier
- 5.3 Répartition de l'espèce en Belgique
- 5.4 Régime alimentaire
- 5.5 Ethologie et thermorégulation
- 5.6 Habitats
- 5.7 Menaces et conservation

6. But et perspective du mémoire.

7. Matériels et méthodes.

- 7.1 Site d'étude.
- 7.2 Acquisition des données
 - 7.2.1 Capture
 - 7.2.2 Insertion de l'émetteur
 - 7.2.3 Caractéristiques des femelles équipées
 - 7.2.4 Suivis radiotéléométriques
 - 7.2.5 Suivis journaliers intensifs
 - 7.2.6 Caractérisation de l'habitat
- 7.3 Calculs des déplacements, des domaines vitaux et analyses statistiques.

8. Résultats.

- 8.1 Impact de l'insertion des émetteurs et captivité.
- 8.2 Suivis radiotéléométriques.
- 8.3 Domaines vitaux.
- 8.4 Mouvements saisonniers.
 - 8.4.1 Description de la mobilité individuelle
 - 8.4.2 Sites et périodes de pontes.
- 8.5 Suivis journaliers intensifs.
- 8.6 Sélection et utilisation de l'habitat.
- 8.7 Sélection et utilisation des microhabitats
- 8.8 Utilisation des lisières.
- 8.9 Analyse des comportements observés.

9. Discussion.

- 9.1 Validité de la technique de radiotéléométrie, impact de l'insertion des émetteurs et de la captivité.
- 9.2 Domaines vitaux, utilisation de l'espace et méthode de calcul.
- 9.3 Mouvements saisonniers.
- 9.4 Sites et périodes de pontes.
- 9.5 Suivis journaliers intensifs.
- 9.6 Utilisation et sélection des lisières, des habitats et des microhabitats.
- 9.7 Comportements observés.
- 9.8 Implications en termes de conservation.

10. Conclusion.

11. Bibliographie.

12. Annexe.

Étude par radiotéléométrie des mouvements, du domaine vital et de l'utilisation de l'habitat par des couleuvres à collier (*Natrix natrix helvetica*) en zone périurbaine et implications en termes de conservation.

1. Introduction :

L'érosion de la biodiversité :

D'une manière générale, peu d'espèces de nos jours peuvent se vanter de ne subir aucun désagrément dû à notre mode de vie. En effet, les pressions grandissantes de l'agriculture industrielle, l'expansion des villes et des villages, la pollution des milieux naturels, l'augmentation du trafic et des réseaux routiers ainsi que la fragmentation de plus en plus prononcée des habitats sont autant de raisons provoquant le déclin des populations de vertébrés et de la biodiversité. Jusqu'à présent, pas loin de 1.75 millions d'espèces ont été décrites mais les scientifiques estiment que le nombre d'espèces sur terre se rapprocherait plutôt des 13 millions. Actuellement, on estime que les taux d'extinctions globaux pour les animaux et les plantes est 1000 fois supérieur à ceux passés (Wilson, 1999, Baillie et al., 2004 *in* Cushman. 2006). La biodiversité telle que nous la connaissons aujourd'hui est le résultat de milliards d'années d'évolution résultant de processus naturels et plus récemment humain.

2. les concepts à la base de la notion de biologie de la conservation :

2.1 La biogéographie insulaire :

Depuis plusieurs années, la discipline de la biologie de la conservation a pris son essor et est aujourd'hui bien d'actualité. Parmi les facteurs cités précédemment, la fragmentation des habitats est un des éléments clés de la disparition des espèces et constitue un sujet primordial de la biologie de la conservation, les fondements de cette discipline ayant été établis suivant l'approche de la théorie de Mac Arthur et Wilson (1969). Cette théorie suppose que la richesse spécifique instantanée sur une île est la résultante d'un équilibre entre un taux de colonisation et un taux d'extinction. La richesse en espèces d'une île sera élevée si le taux de colonisation est élevé et le taux d'extinction est faible. Une île sera pauvre en espèces si le

taux de colonisation est faible et si le taux d'extinction est élevé. Cette théorie de biologie insulaire s'est donc étendue, à juste titre, aux écosystèmes terrestres dont les fragments d'habitats peuvent être considérés comme des îles continentales, la **destruction** et la **fragmentation** des habitats constituant actuellement une des problématiques majeures de conservation de la nature. Par destruction, on suppose une altération continue des différentes unités d'un habitat dans une zone donnée provoquant une disparition proportionnelle des populations d'espèces qui occupent ces habitats. Par fragmentation, on entend la disparition progressive d'un habitat particulier dans la matrice d'un paysage, les différentes unités de cet habitat se caractérisant par des tailles et des formes différentes.

2.2 Les métapopulations :

La fragmentation prend aussi en compte la notion d'isolement. Une population naturelle occupant une certaine région est souvent constituée d'un ensemble de populations locales qui peuvent montrer des dynamiques individuelles, c'est ce que l'on appelle une **métapopulation**, terme introduit pour la première fois en 1970 par Levins. Toutes ces petites populations sont interconnectées par les phénomènes de dispersion des individus entre ces différentes populations, à savoir l'**émigration** et l'**immigration**. La fragmentation des habitats altère donc la viabilité des populations principalement à travers les processus concomitant de diminution de la disponibilité des habitats et de l'augmentation de l'isolation de chaque parcelle d'habitats restants (Joly et al., 2003). La diminution des aires habitables affecte la viabilité des populations locales en réduisant la taille de la population (Shaffer, 1987, *in* Joly et al., 2003), tandis que l'isolation affecte la viabilité en réduisant l'immigration venant d'autres populations (Brown, Kodric-Brown, 1977, *in* Joly et al., 2003). La fragmentation des habitats implique donc aussi des conséquences génétiques, en effet, la petite taille de la population favorise la dérive génétique et la consanguinité, ces processus conduisant à l'érosion de la **diversité génétique** et altérant la **fitness** (Frankham et al., 2002 *in* Joly et al., 2003). Ainsi, plus la diversité génétique d'une population est réduite, c'est-à-dire plus elle est homogène génétiquement, plus elle est vulnérable et à la merci d'une modification des conditions écologiques telles la concurrence d'autres espèces, l'action des parasites et des maladies ainsi que l'action des prédateurs. De plus, si les habitats sont fragmentés, se déplacer d'un fragment à un autre demande un certain coût en énergie (déplacements, stress, rareté de nourriture et d'eau,...) et augmente le risque de mortalité (prédation, compétition, risque de mortalité sur les réseaux routier,...).

2.3 Le réseau écologique :

Un des objectifs de la conservation de la nature serait alors de réduire le taux d'extinction et de maintenir les possibilités d'immigration des individus, et donc, il semblerait que la **connectivité** des habitats soit la clé pour la viabilité régionale des populations (Hecnar and M'Closkey, 1996 *in* Cushman., 2006). Pour assurer cette connectivité, le concept de **réseau écologique** apparaît comme une stratégie efficace pour la conservation du patrimoine naturel en fournissant des réponses aux problèmes de fragmentation et d'isolement des milieux. En effet, le réseau écologique se définit comme l'ensemble des milieux qui permettent d'assurer la conservation à long terme des espèces sauvages sur un territoire

(Melin, 1995). Cette stratégie nécessite donc la mise en place d'un réseau cohérent d'écosystèmes naturels et semi-naturels qui prendraient en compte les exigences vitales des espèces et de leurs populations. Ainsi, puisque la proportion de milieux occupés par une métapopulation augmente en fonction de la facilité de dispersion entre les différents fragments, la création de corridors écologiques (corridors de communication), le maintien et l'amélioration des conditions de vie sur le reste du territoire et la formation d'un bon **maillage écologique** permettraient de favoriser les déplacements et de maintenir une population viable. Le maillage écologique n'est pas tout à fait semblable au réseau écologique et se définit plutôt comme la trame formée par la présence de biotopes sur un territoire local, ce maillage étant constitué de divers éléments naturels du paysage comme des haies, des bandes boisées, des talus, des cours d'eau,...et contribuant, s'ils sont assez nombreux et interconnectés, à renforcer le réseau écologique (Melin, 1995). Une des mesures efficaces pour améliorer ce réseau et réduire la mortalité sont les **passages à faunes**, comme les passages surplombant les grands axes routiers et permettant le passage des grands ongulés et des autres animaux, ou encore les passages sous les routes, comme on en voit parfois pour les amphibiens, ou encore les échelles à poissons.

En Wallonie, les paysages ont été fortement modifiés depuis 1950. Il y a eu un développement important du réseau routier ainsi qu'une forte augmentation des zones occupées par les activités humaines, augmentation qui s'est faite au détriment des surfaces agricoles. La densité de populations en Wallonie est assez élevée (deux wallons à l'hectare, soit 200 habitants / km²), faisant de celle-ci une des régions les plus densément peuplées à l'échelle européenne, la moyenne européenne étant de 32 habitants au km². Ainsi, la densité des activités humaines est telle qu'alors auparavant les milieux forestiers et agricoles étaient un facteur de diversité, la majorité d'entre eux sont aujourd'hui impropres à l'expression de la biodiversité, celle-ci ne pouvant vraiment s'exprimer que dans les espaces protégés ou exploités de façon extensive. Les milieux habituellement riches en biodiversité tels les landes, les tourbières, les pelouses calcaires ont régressés de 98% en 150 ans (Branquart et al. 2003). Une politique de conservation de la nature, prônant un concept de réseau écologique et de préservation des espaces protégés semble donc nécessaire.

3. Déclin, conservation des reptiles et situation en Wallonie :

3.1 Le déclin mondial des reptiles :

La fragmentation et la perte d'habitats, constitue l'une des six causes majeures généralement admises provoquant le déclin généralisé des populations de reptiles dans le monde, les autres causes étant l'introduction d'espèces invasives, la pollution environnementale, les parasites et les maladies, l'utilisation non viable des reptiles (chasse, commerce illégal,...), et les changements climatiques (Whitfield et al., 2000). Cependant, les fluctuations naturelles et les extinctions locales sont des phénomènes communs, autant chez les reptiles que chez les amphibiens (Pechmann et al., 1991, Blaustein et al., 1994c in Whitfield et al., 2000), et ne doivent pas être considérés comme des phénomènes alarmants (Whitfield et al., 2000). Tous les déclinés ne sont cependant pas naturels et les reptiles sont un des taxons les plus menacés à l'échelle mondiale à l'heure actuelle. Le déclin des populations s'avère quelques fois difficile à détecter, pour cette raison, les études à long terme de

populations naturelles sont indispensables afin de comprendre les tendances naturelles et normales ainsi que les fluctuations des populations (Tinkle, 1979 *in* Whitfield et al., 2000).

3.2 Conservation des reptiles :

En ce qui concerne la conservation des reptiles, malgré le peu d'études scientifiques orientées vers cet objectif, on a remarqué que ceux-ci forment fréquemment de petites métapopulations isolées (Balletto and Giacoma, 1993 *in* Luiselli and Capizzi, 1997). A cause de leurs petites tailles, ces populations sont donc beaucoup plus vulnérables et susceptibles de subir des extinctions (Balletto and Giacoma, 1993 *in* Luiselli and Capizzi, 1997). Les serpents, quant à eux, qui sont de plus grands prédateurs, sont moins abondants que les autres reptiles (lézards) et sont donc encore plus vulnérables et susceptibles de subir des extinctions au niveau local à cause de la fragmentation ou la perte d'habitats (Corbett, 1989 *in* Luiselli and Capizzi, 1997). De plus, les serpents ne réalisent habituellement pas de grands déplacements dans les zones cultivées et urbaines (Capizzi and Luiselli, 1996 *in* Luiselli and Capizzi, 1997) et restent donc isolés quand leur habitat est fragmenté (Corbett, 1989 *in* Luiselli and Capizzi, 1997).

En Belgique, il existe sept espèces indigènes de reptiles, quatre espèces de **sauriens** (e.a Parent 1997) ; l'orvet fragile (*Anguis fragilis*), le lézard des souches (*Lacerta agilis*), le lézard des murailles (*Podarcis muralis*) et le lézard vivipare (*Zootoca vivipara*) et trois espèces d'**ophidiens** ; la coronelle lisse (*Coronella austriaca*), la couleuvre à collier (*Natrix natrix*) et la vipère péliade (*Vipera berus*). Ces espèces sont surtout présentes en haute Belgique et sur les versants du sillon Sambre-et-Meuse, ce fait étant dû à l'existence de milieux favorables beaucoup plus nombreux dans le sud de la Wallonie et de pressions humaines moins importantes dans ces régions (Jacob et Graitson, 2007 *in* Jacob et al., 2007).

En Wallonie toutes les espèces de reptiles sont en régression, les menaces pesant sur cette herpétofaune étant nombreuses (Jacob et Graitson, 2007 *in* Jacob et al., 2007). En effet, en plus des causes naturelles telles la modification des facteurs climatiques (changement dans l'ensoleillement, dans les précipitations,...), il faut aussi prendre en compte les causes écologiques et la réduction du territoire disponible pour cette faune dû à un aménagement du territoire lié aux activités humaines. Ainsi, le drainage des zones humides, les rectifications des cours d'eaux, les enrésinements massifs d'épicéas au détriment de landes et d'autres milieux semi-naturels ont été très néfastes. Ces massifs constituant des barrières difficilement franchissables pour les reptiles de par leur pauvreté et leur l'assombrissement. Il faut aussi mentionner la disparition des clairières et des groupements de lisières. Ces groupements que l'on appelle « manteau » et « ourlet », qui forment une transition entre la forêt et la pelouse, sont un exemple d'habitat à ressources alimentaires variées et servent de refuges à la plupart des reptiles de nos régions.



Figure 1 : paysage de bocage,
Photo : Alain Perceval

La **politique de remembrement**, pratiquée ces dernières décennies en Belgique, a provoqué l'extirpation massive des haies, des talus, des sentiers, le comblement des mares et détruit les **paysages de bocage** (voir figure 1). Cette politique de remembrement est une des grandes opérations d'aménagement du territoire mises en place en milieu rural suite à la loi du 22 juillet 1970, ce remembrement légal des biens ruraux ayant pour but de redessiner les limites des propriétés et des exploitations pour répondre aux besoins d'une agriculture productiviste en pleine expansion, les impacts sur l'environnement passant alors en second plan. Cette politique, en plus de la destruction de sites de grands intérêts biologiques, a entraîné une réduction des effectifs de reptiles, en particulier l'orvet (*Anguis fragilis*) et les trois espèces de serpents de notre faune, à savoir la couleuvre à collier (*Natrix natrix*), la coronelle lisse (*Coronella austriaca*) et la vipère péliade (*Vipera berus*).

4. Synthèse bibliographique de quelques études réalisées sur les serpents.

4.1 Généralités sur les serpents :

Les serpents sont apparus sur terre au crétacé (- 135 millions d'années) et contiennent aujourd'hui plus de 3000 espèces réparties dans le monde entier, excepté quelques îles comme la Nouvelle Zélande par exemple. Ces prédateurs ont réussi à s'adapter à une grande variété d'habitats et se retrouvent dans des milieux très variés tels les déserts, les montagnes, les lacs et rivières, les forêts et même la mer ou le milieu souterrain. Les caractéristiques principales de ces animaux sont un corps et des organes allongés, une peau recouverte d'écailles de forme et de taille variables selon leurs emplacements sur l'animal, une évolution du crâne qui acquiert des os très mobiles, reliés par des ligaments leur permettant d'avaler de grosses proies, et un appareil olfactif développé en rapport avec un organe particulier ; l'**organe de Jacobson**. Cet organe, découvert en 1813 par Ludvig Jacobson, est constitué d'une paire de cavités situées dans le palais et dans lesquelles le serpent insère les extrémités de sa langue bifide qui a récolté les molécules odorantes de l'extérieur.

4.2 L'intérêt des serpents comme modèle de recherche :

Depuis les années 1990, les études écologiques réalisées sur les serpents ont très fortement augmentés, pour égaler le nombre d'études réalisées sur les organismes modèles les plus populaires que sont les vertébrés homéothermes tels les mammifères et les oiseaux (Bonnet et Shine. 2000). Cette augmentation peut s'expliquer par différents facteurs. Premièrement, les études comportementales sur les serpents ont été révolutionnées par une technologie nouvelle, le développement d'émetteurs miniature de **radiotélémetrie**, qui a rendu les études de ces animaux discrets, et parfois dangereux, beaucoup plus facile (Bonnet et Shine, 2000). Deuxièmement, les études sur l'écologie comportementale étant de plus en plus prisées, les scientifiques, dans le but d'exploiter de nouveaux programmes de recherches, ont développé des projets écologiques concernant certains animaux impopulaires tels les

serpents. Troisièmement, les serpents sont de remarquables modèles en ce qui concerne certaines questions de recherches. En effet, ils montrent une grande plasticité dans beaucoup de traits écologiques et traits d'histoire de vie comme les taux de croissance, la direction et le degré de dimorphisme sexuel, les habitudes alimentaires et la biologie de la reproduction, une telle plasticité se prêtant relativement bien pour des études expérimentales. Enfin, la traditionnelle vue judéo-chrétienne sur les serpents exerce un effet néfaste sur la possibilité d'études impliquant ces derniers, cependant, la prise de conscience générale sur la nécessité de conservation de ces prédateurs ainsi que l'éducation sur les questions d'environnement a facilité une approche plus tolérante et rendu les contribuables moins enclin à considérer les études sur les serpents comme une perte d'efforts (Bonnet et Shine, 2000).

4.3 Ecologie spatiale et utilisation de l'habitat chez les serpents en zone tempérée:

Diverses études sur l'**écologie spatiale** de différentes espèces de serpents ont déjà été réalisées. Ces études se focalisent, pour la plupart d'entre elles, sur la recherche d'informations sur les **mouvements**, la taille des **domaines vitaux** (le domaine vital étant défini comme l'aire fréquentée par un individu pour accomplir ses activités normales d'alimentation, de reproduction, et de repos), et la fidélité à des sites propres de cette faune menacée. Ces informations fournissent une base pour des plans de conservation (taille et localisation de réserves, vulnérabilité à une fragmentation des habitats, la possibilité de recolonisation naturelle d'habitats restaurés,...) (Webb et Shine, 1997). Les serpents qui vivent dans les régions tempérées montrent typiquement des variations dans leurs mouvements, la taille de leurs domaines vitaux et dans l'utilisation de l'habitat (Reinert, 1993, *in* Brito, 2003). Les facteurs principaux qui affectent ces changements sont les variations saisonnières dans la disponibilité de l'habitat (Reinert et Kodrich, 1982, *in* Brito, 2003), l'abondance des proies (Madsen et Shine, 1996, *in* Brito, 2003), la disponibilité des sites de thermorégulation (Huey et al., 1989 *in* Brito, 2003) et l'évitement des prédateurs (Krebs et Kalcenik, 1991, *in* Naulleau et al., 1996). Le statut reproductif joue aussi un rôle important dans l'écologie spatiale des serpents (Charland et Gregory, 1995, *in* Brito, 2003). Dans la majorité des espèces étudiées on observe une augmentation d'activités des mâles qui recherchent des femelles pendant la période de reproduction et une diminution d'activités des femelles vivipares pendant la gestation (Secor 1994, *in* Brito, 2003). Dans la plupart des cas, peu de généralisations concernant les mouvements des serpents peuvent être faites, car les différentes études utilisent souvent des méthodes et des techniques différentes et sont réalisées dans des milieux différents (Gregory et al., 1987 ; Macartney et al., 1988 *in* Webb et Shine, 1997). On peut toutefois synthétiser certains résultats découverts grâce à la technique de télémétrie :

- Les serpents ont tendance à passer de **longues périodes dans les mêmes endroits** (Weatherhead et Charland, 1985 *in* Brito, 2003) et ils effectuent fréquemment des déplacements de types « sit-and-wait » (Naulleau et al., 1996)
- Les **domaines vitaux** ne sont, le plus souvent, **pas très étendus**, citons comme exemple 0.05 hectare pour les femelles gravides de *Hoplocephalus bungaroides* dans le sud-est de l'Australie, les mâles et les femelles non gravides ont, quant à eux, des domaines vitaux de 3.3 ha (méthode des polygones convexes minimum, MCP) (Webb et Shine, 1997), 5.8 ha (MCP) pour *Pseudonaja textilis* dans un milieu agricole dans

le sud-est de l’Australie, les mâles ayant de plus grands domaines vitaux que les femelles (Whitaker et Shine, 2003), ou encore 39.7 ± 35.5 ha (MCP) pour les femelles de *Natrix natrix helvetica* dans un milieu à prédominance agricole en Suisse (Wisler et al., 2008). De même, les serpents sont en général des **espèces peu mobiles** avec de faibles déplacements journaliers, citons par exemple 5.4 m par jour pour *Vipera latastei*, au nord du Portugal (Brito, 2003), des déplacements inférieurs à 15 mètres par jour pour *Morelia spilota* sur la côte nord-est de l’Australie dans une exploitation forestière (arbres fruitiers) (Shine et Fitzgerald, 1996) ou encore 18.8 ± 61.9 mètres en juin, 36.5 ± 115 mètres en juillet et 3.28 ± 19.25 mètres en août pour les femelles de *Natrix natrix helvetica*, dans un milieu agricole en Suisse (Wisler et al., 2008).

Ces résultats de domaines vitaux et de déplacements ne sont pas absolus puisque les mouvements et les domaines vitaux peuvent prendre des valeurs différentes en fonction des saisons. De plus, certains résultats obtenus avec des méthodes de calculs différentes ne peuvent être comparés. De même, dans les études télémétriques, la méthodologie employée, telle la fréquence de localisations des individus, diffère fréquemment. D’après l’étude réalisée par Ovidio et al. (2000), il s’avère que toutes comparaisons entre des études utilisant différentes fréquences de localisations peuvent générer une ambiguïté quant à l’interprétation des phénomènes biologiques ou de différences géographiques.

La **télémétrie** a aussi permis de caractériser les habitats utilisés par les serpents. Les données sur la sélection des habitats sont nécessaires non seulement pour la conservation et la gestion de la faune mais aussi pour augmenter les connaissances sur l’écologie spatiale des espèces (Scali et al. 2008). Les règles gouvernant l’écologie spatiale des vertébrés terrestres sont basées principalement sur les mammifères et les oiseaux. Ces règles ne sont pourtant pas applicables aux reptiles qui, en comparaison des oiseaux et des mammifères, ont des taux métaboliques plus bas. Ainsi, la demande énergétique des ectothermes affecte leur écologie spatiale (Shine et al., 2003 ; Pough 1980 *in* Carfagno et Weatherhead, 2008). Spécifiquement, les ectothermes ont besoin de moins d’espace qu’un endotherme de même taille, ceci est dû au fait que le comportement des reptiles et leur fitness sont influencés directement par les conditions environnementales (Huey, 1982 ; Huey et Kingsolver, 1989 *in* Carfagno et Weatherhead, 2008). En effet, les reptiles ont des besoins particuliers qui conditionnent leur présence dans un milieu. De nombreuses espèces de reptiles, en particulier de serpents, ont besoin d’un couvert végétal assez dense, de bonnes places d’insolation à proximité du couvert végétal leur permettant de réguler leur température corporelle, de refuges souterrains non inondés l’hiver leur fournissant des lieux d’hibernation en toute sécurité et enfin des proies en nombres suffisant (Saint Girons et Duguy, 1977 *in* Naulleau, 2002). Les milieux de **lisières**, c’est-à-dire de transition entre deux milieux particuliers, rassemblent fréquemment ces caractéristiques. A titre d’exemple, les talus plantés du bocage du centre ouest de la France offrent à plusieurs espèces de reptiles l’ensemble de leurs besoins et constituent donc un milieu extrêmement favorable. Dans les milieux de bocage, la densité de reptiles est proportionnelle à la longueur des haies et des lisières boisées (Naulleau, 2002). Pour exemple, 100 mètres de haies peuvent abriter une quinzaine de lézards verts (*Lacerta bilineata*), une dizaine de couleuvre à collier (*Natrix natrix*) et une trentaine de vipères (*Vipera aspis*) (Saint Girons et Duguy, 1977 *in* Naulleau, 2002). Dans la province de Berneau en Allemagne, 20 individus *Natrix natrix* ont été recensés sur 20 mètres de lisières forestières (Schreitmüller et Günther, 1994 *in* Grillitsch et al., 1999). Dans l’étude réalisée par Wisler et al. (2008) en Suisse sur une population de femelles de *Natrix natrix helvetica*, il a aussi été démontré que les serpents montraient une nette préférence pour les habitats de lisières en général (berges, talus, lisières forestières, ..). Une étude réalisée sur les couleuvres agiles (*Coluber constrictor*)

en Illinois a démontré que les habitats de lisières en général étaient significativement préférés à tous autres types d'habitats (Carfagno et Weatherhead, 2006). Aussi, l'étude de Naulleau et al. (1996), réalisée dans le centre ouest de la France, montre une préférence des vipères aspics (*Vipera aspis*) pour les haies, les ronciers, les bandes herbeuses et broussailles. Enfin, l'étude réalisée par Scali et al. (2008) sur la couleuvre verte et jaune (*Hierophis viridiflavus*) dans le nord de l'Italie montre également une préférence de cette espèce pour les habitats de lisières.

4.4 La biotéléométrie et ses applications :

En raison de la nature discrète des serpents, l'utilisation de la **biotéléométrie** s'avère être un outil indispensable (Naulleau et al., 1996) et le développement d'une technologie de plus en plus performante, a permis aux scientifiques d'examiner les patterns de dispersion des serpents en détail et a aussi permis de clarifier les mouvements, les sélections des sites d'abris mais aussi les indices impliqués dans la réalisation de ces comportements (Whitaker et Shine, 2003).

La radiotéléométrie est une technique d'acquisition d'informations à partir d'un animal équipé d'un **émetteur** et grâce à la transmission dans l'atmosphère de signaux utilisant les ondes radio. La radiotéléométrie, apporte ainsi deux avantages supplémentaires aux recherches scientifiques. En effet, elle permet d'identifier chaque animal en particulier et de le localiser précisément, et permet de suivre un animal dans ses activités de déplacements, d'utilisation de l'espace, et dans toutes les conditions environnementales. Ces avantages ont permis, depuis la conception de cette technique en 1963, de très larges applications et études (Mech and Barber, 2002). En effet, la radiotéléométrie peut être utilisée pour étudier des animaux appartenant à des taxons très divers comme les mammifères, les reptiles, les poissons ou encore les amphibiens. En plus des applications classiques réalisées grâce à cette technique comme l'étude des mouvements ou du domaine vital, cette technique s'avère aussi utile pour récolter des informations aussi diverses que la transmission de maladies (Cheeseman and Mallinson, 1980 *in* Mech and Barber, 2002), la prédation et la co-évolution (Mech, 1967, 1980 *in* Mech and Barber, 2002), les vocalisations (Harrington and Mech, 1970 ; Gautier, 1980 ; Alkon and Cohen, 1986 *in* Mech and Barber, 2002), la socio-écologie et la reproduction (Mech, 1980 *in* Mech and Barber, 2002), les caractéristiques du sommeil (Schmidt et al., 1989 *in* Mech and Barber, 2002), les études physiologiques s'intéressant au rythme cardiaque, au rythme respiratoire et à la température corporelle (Kreeger et al., 1990 *in* Mech and Barber, 2002) ou encore les conditions d'incubation (Howey et al., 1977, 1987 ; Schwartz et al., 1977 ; Boone and Mesecar, 1989 *in* Mech and Barber, 2002).

Figure 2 : couleuvre à collier (*Natrix natrix helvetica*).
Photo : Julie Pittoors



5. Synthèse bibliographique sur la couleuvre à collier :

5.1 Classification, caractéristiques anatomiques et répartition de la couleuvre à collier :

La couleuvre à collier (voir **figure 2**) est un animal appartenant à la classe des reptiles. C'est un serpent de taille moyenne appartenant à la famille des **colubridés** (contenant presque la moitié des espèces de serpents) et à la sous-famille des natricinae, au genre *Natrix* et à l'espèce *Natrix natrix*. C'est une espèce diurne.

Du point de vue de sa répartition, cette espèce est la plus répandue en Europe. On la rencontre dans presque toute l'Europe, de l'extrême sud (péninsule ibérique) jusqu'à la moitié sud de la Scandinavie (67° de latitude en suède). Elle est aussi présente sur les îles britanniques (excepté l'Ecosse et l'Irlande) et sur les îles méditerranéennes (excepté Malte et la Crète). On peut aussi la rencontrer au nord ouest de l'Afrique et dans l'ouest de l'Asie.



Carte de répartition de la couleuvre à collier (*Natrix natrix*) (Arnold et Ovenden, 2004).

La couleuvre à collier est le plus grand des serpents de Belgique. La taille des mâles adultes est habituellement comprise entre 50 et 90 centimètres, celle des femelles entre 65 et 120 centimètres. Des tailles exceptionnelles, pouvant aller jusqu'à 180 centimètres, sont cependant observées quelques fois (Beebee et Griffiths, 2000). Les caractéristiques morphologiques de cette espèce sont la présence d'une longue queue (proportionnellement plus grande chez les mâles), d'un cou bien marqué ainsi qu'un museau court. La coloration varie du gris-olive au vert-olive tirant même parfois vers le brun (Beebee et Griffiths, 2000). Le dos est parcouru de deux rangées de points noirs et les flancs sont parcourus de petits traits verticaux noirs (Beebee et Griffiths, 2000). Le ventre est clair et possède des tâches blanches et noires disposées en damier (Beebee et Griffiths, 2000). La caractéristique principale de cette espèce, et qui lui a valu son nom, est la présence de deux zones claires ou jaune pâle en forme de croissant disposées sur la nuque et se rejoignant pour former **un collier**, les deux zones claires étant bordées postérieurement d'une zone noire (Beebee et Griffiths, 2000). On peut aussi remarquer la présence de barres verticales noires sur les écailles labiales supérieures (Geniez et Grillet, 1989). Les jeunes couleuvres à collier sont des répliques miniatures des adultes mais sont toutefois plus sombres et disposent d'un collier bien marqué (Beebee et Griffiths, 2000). Les écailles de cette espèce disposent d'une carène (petite arête sagittale) (voir **figure 3**) et forment de grandes plaques sur la tête (voir **figure 4**). Les mues chez cette espèce sont réalisées plusieurs fois par an (Grillitsch et al., 1999).



Figure 5 : quelques sous espèces de *Natrix natrix* :

- *Natrix natrix astreptophora*
- *Natrix natrix persa*
- *Natrix natrix cettii*

Photos : Marc Cheylan et Philippe Geniez.



Figure 3 : détail des écailles avec les carènes
Photo : Julie Pittoors



Figure 4 : détail des écailles de la tête
Photo : Julie Pittoors

La couleuvre à collier est **aglyphe**, c'est-à-dire qu'elle est dépourvue de dents spécialisées permettant d'inoculer le venin.

Au moins quinze sous-espèces de *Natrix natrix* ont été décrites. Elles diffèrent entre elles principalement par leur coloration (voir **figure 5**) et sont situées dans des régions géographiques différentes. La sous espèce *Natrix natrix helvetica* se répartit en Grande-Bretagne, au Bénélux, en France (sauf en Corse), en Allemagne occidentale, en Suisse occidentale et au nord de l'Italie.

5.2 Cycle vital de la couleuvre à collier :

Comme beaucoup de serpents vivants en région tempérée, la couleuvre à collier a un pattern d'activité qui varie en fonction des saisons. Fin octobre la couleuvre à collier entre en période d'hivernage (dans des tas de bois, de fumiers, des terriers de micromammifères,...) pour plusieurs mois et n'émerge que dans le courant du mois de mars, les mâles émergeant plus tôt que les femelles (Luiselli et al., 1997, Beebee et Griffiths, 2000). Les accouplements ont lieu en avril – mai (Grillitsch et al., 1999). L'oviposition a lieu en juin, des périodes plus tardives sont toutefois renseignées dans la littérature (Grillitsch et al. 1999). En effet, la couleuvre à collier est une espèce **ovipare** qui réalise une seule ponte par année. (L'ovoviviparité se rencontre chez les deux autres espèces de notre faune belge, à savoir la vipère péliade, *Vipera berus*, et la couleuvre coronelle lisse, *Coronella austriaca*). La fécondité des femelles est corrélée avec la taille (Madsen, 1983 in Madsen, 1987) et donc avec l'âge, la maturité sexuelle étant atteinte à 4 ou 5 ans pour les femelles et à 3 ans pour les mâles (Madsen, 1987). La ponte contient de 10 à 50 œufs blancs mats et mesurent de 15 à 25 mm, cependant, ils absorbent de l'eau et grossissent jusqu'à atteindre une taille de 3-4 cm de long. Une fois les œufs expulsés, une sécrétion poisseuse les maintient ensemble. La période d'incubation des œufs varie entre 5 et 10 semaines, la durée dépendant de la chaleur d'incubation. A la naissance, les couleuvreaux mesurent entre 14 et 19 cm et ont une croissance assez rapide puisqu'ils atteignent à peu près 50 centimètres en trois ans (Luiselli et al., 1997). L'éclosion a lieu de mi-août jusque début septembre (Luiselli et Capula, 1996). Les serpenteaux sortent des œufs grâce à une dent située sous l'extrémité de leur museau qui leur permet de couper la coquille (Kabisch, 1978 in Grillitsch et al., 1999). La dent tombe dans les 12 heures suivant l'éclosion. Tous les œufs d'une ponte éclosent en quelques heures. Les périodes de l'année où cette espèce est donc la plus active sont entre fin mars et mai, où les mâles se déplacent pour chercher une femelle, et en juin - début juillet, où les femelles

cherchent des lieux favorables pour déposer leur ponte. La ponte est souvent déposée dans des tas de végétaux, des tas de fumier, des terriers (Grillitsch et al., 1999 ; Beebee et Griffiths, 2000), la chaleur nécessaire à l'incubation des œufs étant dès lors générée par un processus naturel de décomposition.

On a remarqué que la période de reproduction est une période critique pour la survie aussi bien des mâles que des femelles. En effet, c'est à cette période qu'ils se déplacent le plus et donc qu'ils sont le plus vulnérables à la prédation ou encore courent le risque de se faire écraser sur les routes. De plus, avant l'oviposition, les femelles passent plus de temps à se chauffer au soleil pour accélérer le développement embryonnaire (Shine, 1980 *in* Madsen 1987) et donc sont aussi soumises au risque de prédation puisqu'elles sont à découvert (Madsen, 1987).

5.3 Répartition de l'espèce en Belgique :

La couleuvre à collier, à l'heure actuelle, est présente dans les grandes vallées du sillon Sambre- et- Meuse et au sud de celui-ci. Une population d'indigénat douteux a toutefois été découverte récemment en Moyenne Belgique (entre Godarville et Ronquières), trois populations ont également été introduites en Flandres et à Bruxelles. Cette espèce est surtout présente dans les grandes vallées, et peut aussi se trouver éloignée de celles-ci et être présente sur des crêtes de partage entre bassin versants par exemple. Cette espèce semble absente de la majeure partie du bassin de la Sambre, du Condroz central, de la Basse-Meuse, de la Famenne centrale et de l'Ardenne centrale ainsi que de la majeure partie de l'Ourthe occidentale. Dans le Condroz, il y a trois noyaux où cette espèce est présente. Ces trois noyaux sont inféodés à de grandes vallées et plus moins connectés entre eux par la bande forestière de l'Ardenne Condruzienne. Le premier noyau s'étend de part et d'autre de la Haute Meuse et de ses principaux affluents. Le deuxième concerne la Meuse Hutoise et le Hoyoux et le troisième concerne le bassin de l'Ourthe et couvre tout le Condroz oriental, y compris les vallées de la Vesdre et de l'Amblève (Graitson, 2007 *in* Jacob et al., 2007).

5.4 Régime alimentaire :

Le régime alimentaire des couleuvres à collier se compose en grande partie d'amphibiens anoures (Beebee et Griffiths, 2000 ; Reading et Davies, 1996). En effet les grenouilles et les crapauds sont des proies communes pour les serpents des deux sexes (Luiselli et al., 1997 ; Beebee et Griffiths, 2000 ; Reading et Davies, 1996). Les serpents adultes se nourrissent également de tritons et de poissons (Grillitsch et al., 1999 ; Beebee et Griffiths, 2000). Les femelles couleuvres à collier, étant plus grandes que les mâles, peuvent aussi attraper de plus grandes proies telles des micromammifères (Grillitsch et al., 1999 ; Beebee et Griffiths, 2000). Les proies sont avalées vivantes. En effet, la couleuvre à collier avale directement sa proie après l'avoir saisie à l'aide de ses dents (Beebee et Griffiths, 2000). Si elle est dérangée ou est sous l'emprise de la peur, il arrive qu'elle régurgite sa proie, parfois encore vivante après son ingestion (Grillitsch et al., 1999, Beebee et Griffiths, 2000).

5.5 Ethologie et thermorégulation :

Une petite particularité éthologique de cette espèce réside dans ses capacités à « **faire la morte** » (voir **figure 6**). En effet, lorsqu'elle se sent menacée elle se met sur le dos, tête sur le côté et langue pendante pour simuler à la perfection un serpent mort (Grillitsch et al., 1999 ; Beebee et Griffiths, 2000). Une autre possibilité de défense est l'intimidation, dans ce cas elle adopte une posture redressée et souffle bruyamment en donnant des coups de museau, certains individus peuvent mordre mais cela n'est que rarement observé (Beebee et Griffiths, 2000). Enfin, cette espèce peut aussi sécréter, grâce à ses glandes anales, une odeur repoussante pour éloigner la menace (Beebee et Griffiths, 2000).



Figure 6 : couleuvre à collier faisant « la morte ».
Photo : Martin Goblet.

Les couleuvres à collier, comme tous les reptiles, sont **ectothermes**, c'est-à-dire que leur température interne est variable et influencée par les conditions externes, à la différence des **homéothermes** dont la température interne est toujours constante et cela quelle que soit la température extérieure. Les régions tempérées comme les nôtres sont donc une contrainte environnementale supplémentaire à laquelle les reptiles de nos régions doivent faire face contrairement à leurs congénères des régions tropicales (Blouin-Demers and Weatherhead, 2001 *in* Isaac and Gregory, 2004). Pour cette espèce ectotherme le comportement de thermorégulation est très important. En effet, la couleuvre doit avoir une température corporelle suffisante pour réaliser certaines activités telles la prédation, la reproduction, les déplacements,...qui demandent de l'énergie. Les longs déplacements se déroulent les jours chauds et ensoleillés alors que les jours de pluie ou de froid les réduisent ou les stoppent (Mertens, 1994). Les couleuvres à collier sont actives dans un intervalle de températures extérieures allant de 6°C à 30°C, les températures internes optimales, quant à elles, sont comprises entre 28°C et 34°C (Mertens, 1994). Une fois que les couleuvres se mettent au soleil, elles se réchauffent très vite et l'augmentation de température peut aller jusqu'à 1.3°C par minute (Mertens, 1994). Ces serpents sont aussi actifs à de basses températures extérieures entre 6°C et 12°C mais uniquement si la possibilité de se réchauffer est disponible (donc les journées ensoleillées) (Mertens, 1994). En effet, les déplacements se réalisent pour

la plupart à couvert (buissons,...), donc à l'ombre, pour éviter les risques de prédation et donc la possibilité de se réchauffer doit être disponible.

5.6 Habitats :

En ce qui concerne les habitats fréquentés par cette espèce, on peut trouver dans le nom scientifique de la couleuvre à collier une indication sur ses milieux de prédilections. En effet, le nom « *Natrix* » vient du latin « *Nato* » qui signifie « je nage », mettant ainsi en avant les habitudes aquatiques de cette espèce. En effet, étant donné son régime alimentaire, cette espèce est particulièrement liée à la présence d'eaux et aux milieux humides, les principaux habitats fréquentés sont donc les étangs, les marais, les prés humides, les mégaphorbiaies, les bords de rivières, les noues et les bras morts ainsi que les carrières inondées (Parent 1984 ; Graitson 2007 in Jacob et al., 2007). On peut aussi la rencontrer aux bords des lacs et des mares et dans les forêts alluviales. Cependant, elle peut s'éloigner considérablement du milieu aquatique et il n'est pas rare de la rencontrer dans des milieux thermophiles et plus secs (abords de voies ferrées, anciennes carrières, affleurements rocheux,...), ces milieux leur étant profitables pour la ponte ou pour la thermorégulation. Il est possible aussi de la trouver dans les lisières forestières, les pelouses sèches, les fourrés, les talus,.. (Graitson, 2007 in Jacob et al., 2007).

5.7 Menaces et conservation :

En Wallonie et dans les régions voisines, la couleuvre à collier a subi et subit encore une forte **régression** dont les causes sont multiples. En plus des causes néfastes aux reptiles et aux amphibiens décrites précédemment, la pollution des milieux par les pesticides, principalement les insecticides organochlorés, est très néfaste pour cette espèce (Parent, 1984). En effet, les résidus sont d'autant plus élevés chez cette espèce qui, non seulement est un des prédateurs de bout de chaînes alimentaires, mais consomme en plus des proies aquatiques. L'altération de ses habitats tels l'altération des sites d'ensoleillement par l'enrésinement, le reboisement des anciennes carrières, l'aménagement des abords de voies ferrées ainsi que l'altération des sites de pontes sont aussi responsables du déclin des populations (Graitson, 2007 in Jacob et al., 2007).

6. But et perspective du mémoire :

Le sujet de ce travail est l'étude par radio télémétrie des mouvements, des domaines vitaux et de l'utilisation de l'habitat par des couleuvres à collier (*Natrix natrix*) en zone péri-urbaine et les implications en termes de conservation. Ce travail d'éco-éthologie a donc pour but :

- d'étudier l'utilisation et les préférences d'habitats et de microhabitats, localiser les sites de pontes favoris (les sites de pontes étant des points stratégiques pour l'établissement de mesures favorables au développement de la population), les lieux les plus habituellement fréquentés.
- de calculer l'étendue des domaines vitaux des différents individus équipés.
- de mesurer les déplacements réalisés par les femelles équipées à l'échelle journalière et saisonnière.
- de mettre en relation les déplacements avec certaines variables météorologiques telles la température de l'air, l'humidité, la direction et la vitesse du vent, la pluviométrie et le rayonnement solaire et de comprendre comment ces variables influencent les déplacements.

7. Matériel et méthodes

7.1 Site d'étude :

La zone d'étude est le **domaine universitaire du Sart Tilman** (760 ha) situé dans la province de Liège, au nord-est de la Belgique. Ce domaine est un promontoire formé par les vallées de la Meuse et de l'Ourthe, qui ont creusé leurs vallées dans des terrains tertiaires et secondaires. Ce site d'étude est aussi découpé par de nombreux ruisseaux qui érodent en direction des cours d'eau principaux. Ce lieu est situé près de la ville de Liège, et contient les implantations des installations universitaires. Le domaine, dont l'altitude varie entre 70 et 240 mètres, est une zone principalement boisée située dans la région de l'Ardenne Condruzienne, sa flore est donc typiquement composée d'espèces telles hêtres (*Fagus*), chênes (*Quercus*), charmes (*Carpinus*), aulnes glutineux (*Alnus glutinosa*), frênes (*Fraxinus*), bouleaux (*Betula*), érables (*Acer*). Un tapis végétal herbeux couvre le sol et l'humus est de type pauvre et acide. Cette forêt a été fortement influencée par l'homme et a toujours été l'objet d'exploitation, notamment pour le besoin de combustible pour les industries de la région liégeoise. Certaines zones du domaine du Sart Tilman sont actuellement intégralement protégées (réserve naturelle de 240 hectares), cependant, d'autres zones sont libres d'accès au public, qui trouve dans ce domaine un lieu de détente, de randonnées pédestres, cyclistes ou équestres. Le climat de la région est un climat de type tempéré, mais est relativement rude par rapport à celui de la vallée de la Meuse. La température moyenne annuelle, au Sart Tilman, est de l'ordre de 9°C, la pluviosité est de l'ordre de 900 à 1000 mm d'eau par an et la durée de l'enneigement est supérieure à celle de la vallée de la Meuse en général.

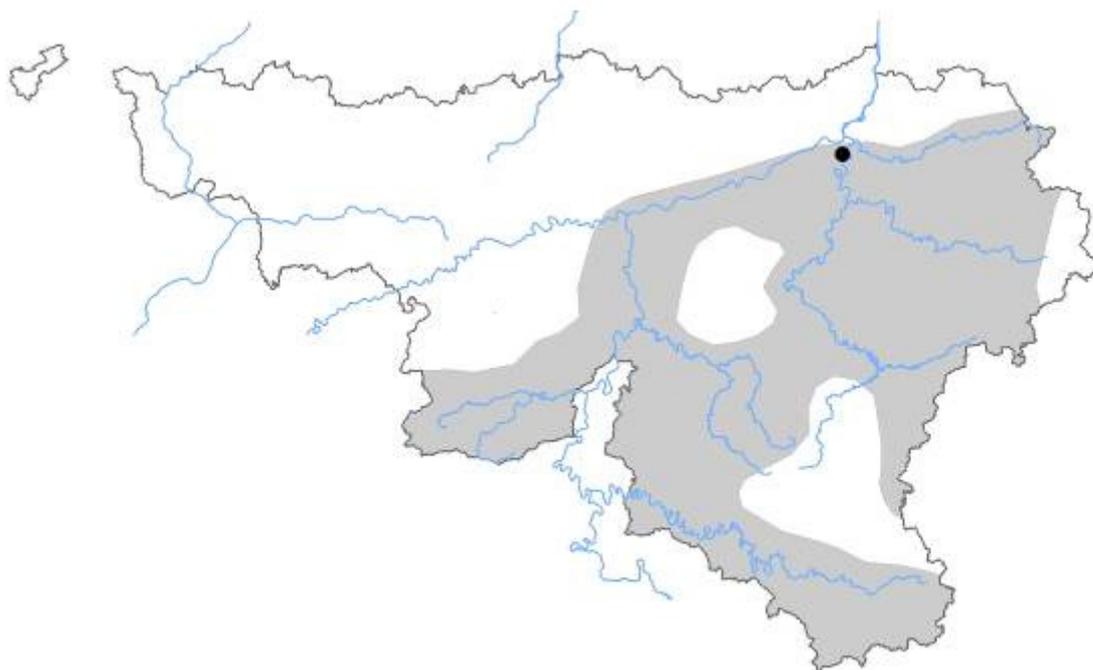
Le domaine universitaire du Sart Tilman a été choisi pour réaliser cette étude car cette zone abrite une **population à densité très élevée** de couleuvres à collier, fait observé que très rarement à d'autres endroits. La population présente au Sart Tilman est, en outre, la seule en Belgique à avoir fait l'objet d'une étude par capture - marquage - recapture (CMR), 200 adultes ont ainsi été capturés sur une surface de 12 hectares, et la population est estimée à près de 250 adultes (E. Graitson. Com. pers.).

7.2 Acquisition des données :

7.2.1 Capture :

Dix femelles de couleuvres à collier ont été capturées. Dans la zone d'étude, sont dispersées des plaques ondulées en fibrociment et quatre plaques métalliques (voir **figure 7**) ainsi que quelques bâches en toile foncée. La **carte 1** représente l'occupation du sol du domaine d'étude et donne la localisation de **27 abris artificiels**. Ces plaques, d'une surface moyenne de 1.8 m² constituent des abris artificiels pour les reptiles et ont permis d'obtenir une estimation des effectifs de la population de couleuvres à collier (*Natrix natrix*) au travers d'une étude de capture- marquage – recapture (CMR). Ces abris artificiels offrent certains avantages aux reptiles (Graitson et Naulleau, 2005) comme un abri contre les prédateurs, et surtout, ces plaques absorbent très efficacement la chaleur, l'accumule et la restitue de manière durable, et constituent donc une source de thermorégulation efficace pour les reptiles. Ces plaques sont disposées dans le site préférentiellement dans des microhabitats appréciés par les reptiles comme les ourlets herbeux buissonnants, sur les talus, etc. Le site d'étude a aussi été enrichi en milieux de pontes potentiels (tas de compost, tas de débris de végétaux) disposés à plusieurs endroits (voir **figure 8**).

Carte de la Wallonie représentant, en grisé, la répartition de la couleuvre à collier (*Natrix natrix helvetica*). Le point noir indique la localisation du site du Sart Tilman.



Carte 1 : Occupation du sol du domaine d'étude et localisations des abris artificiels (bâches, plaques métalliques et plaques en fibrociments).

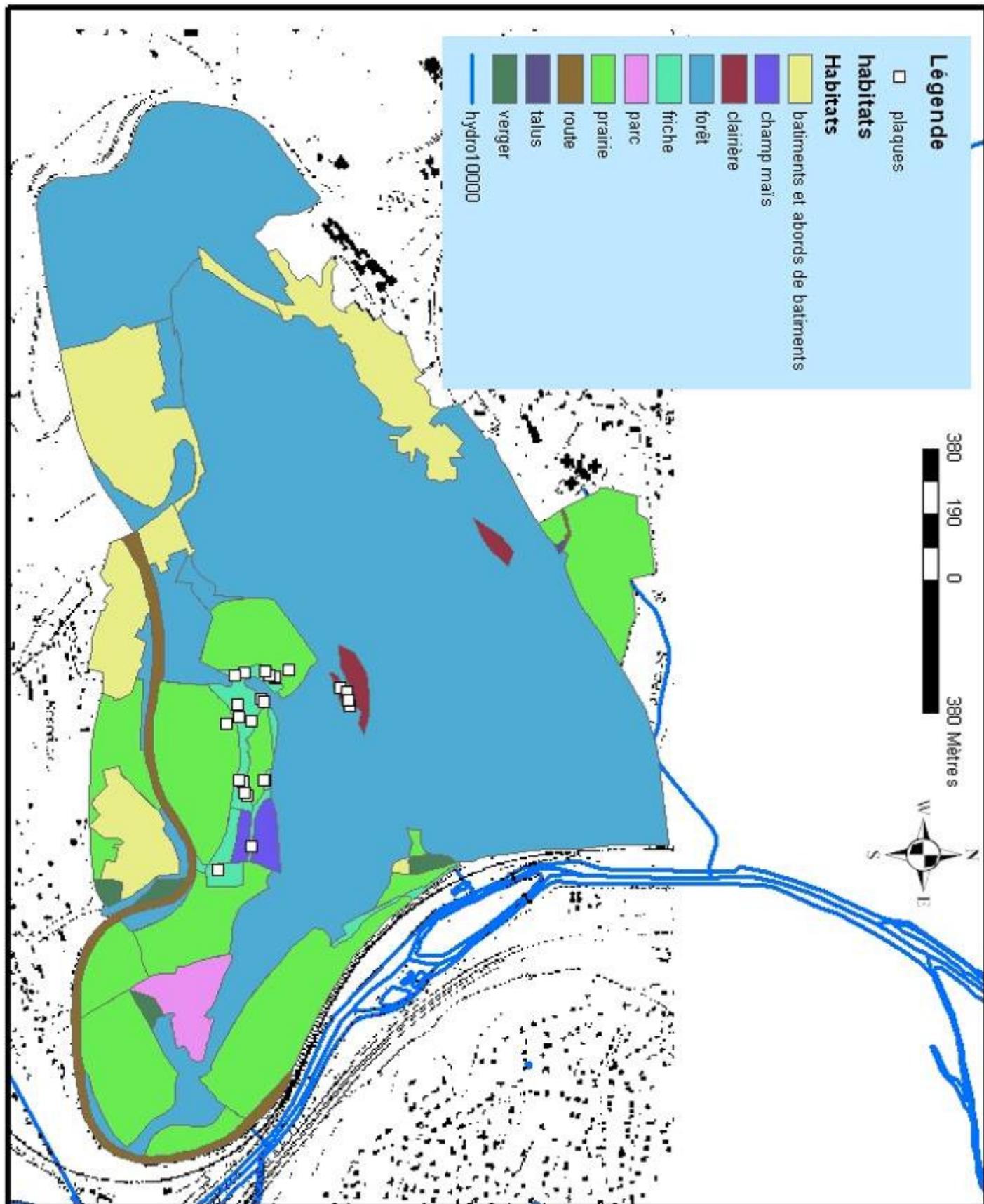




Figure 7 : abris artificiels
Photo : Julie Pittoors



Figure 8: site de ponte aménagé.
Photo : Julie Pittoors

Les femelles couleuvres à collier ont été capturées à des endroits différents du domaine du Sart Tilman. La capture des femelles s'est déroulée dans le courant du mois d'avril et du mois de mai 2009 après la période d'hibernation. Il avait été prévu de capturer l'ensemble des individus au plus tard pour la fin avril, cependant, l'hiver long et rigoureux de cette année a provoqué une sortie tardive d'hibernation. La première femelle a été capturée le 7 avril et la dernière le 18 mai. En ce qui concerne les lieux de capture, 6 des 10 femelles ont été capturées alors qu'elles étaient sous des plaques, les 4 autres lors de leur exposition au soleil. Celles-ci ont été capturées dans des habitats et des microhabitats variables. Seules les grandes femelles adultes jugées aptes à supporter un émetteur de radiotélémétrie ont été retenues. Les femelles ont été mesurées (longueur totale, du bout de la tête au bout de la queue), pesées à la capture, sexées (comptage des écailles ventrales de la queue) et ont été placées en terrarium en vue de leur opération. Pour cette étude, nous avons décidé de ne suivre que des individus femelles et cela pour plusieurs raisons. Premièrement, les femelles de *Natrix natrix* atteignent des tailles et des poids supérieurs à ceux des mâles, et sont donc plus aptes à supporter un émetteur de radiotélémétrie que ces derniers. Deuxièmement, il est préférable, dans un but de conservation de l'espèce, de suivre des individus femelles plutôt que des mâles, notamment car elles sont susceptibles de se rassembler en des endroits précis pour la ponte, les lieux de ponte rassemblant eux aussi par la suite une grande concentration de jeunes.

7.2.2 Insertion de l'émetteur :

L'équipement des serpents avec des émetteurs de radiotélémétrie peut se faire de différentes manières, soit une implantation chirurgicale est réalisée (voir notamment Webb et Shine, 1997 ; Brito, 2003 ; Whitaker et Shine, 2003 ; Pearson et al., 2003 ; Shine et Fitzgerald, 1995 ; Wisler et al., 2008), soit l'émetteur est introduit de force dans le tube digestif de l'animal (voir Naulleau et al., 1996). L'émetteur n'est pas placé de manière externe sur l'animal ce qui pourrait entraver ses déplacements dans un terrier par exemple ou entraver ses mouvements dans la végétation. Dans le cadre de notre étude, c'est **l'implantation chirurgicale** qui a été réalisée, grâce à l'aide du Docteur Frédéric Gandar et du Docteur Ioan Mihai Szalo de la clinique vétérinaire aviaire de l'Université de Liège.

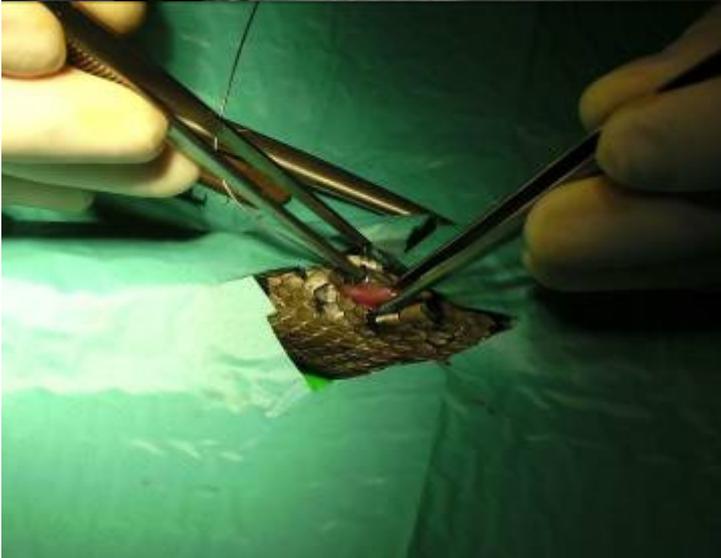


Figure 9 : disposition du serpent sur la table d'opération.
Figure 10 : dispositif d'anesthésie.
Figure 11 : placement de l'émetteur.
Figure 12 : fermeture de la cicatrice.
Figure 13 : vérification de la couleur des muqueuses.
Figure 14 : serpent en terrarium pour la convalescence.
Photos : Julie Pittoors.

Avant l'opération proprement dite, l'animal est placé dans une enceinte où l'anesthésique gazeux, l'isoflurane, peut diffuser. Une fois que le serpent ne bouge plus, celui-ci est sorti et placé sur la table d'opération et sur un tapis chauffant préalablement désinfecté (voir figure 9). La tête de l'animal est placée dans un masque d'anesthésie recouvert d'un gant en latex (voir figure 10). Les risques de problèmes étant élevés lors de la phase d'anesthésie, celle-ci est donc particulièrement surveillée. La zone d'insertion de l'émetteur est désinfectée à l'isobétadine avant ouverture, l'insertion de l'émetteur se faisant environ 5 cm en arrière de la vésicule biliaire, repérée par palpation. Quelques radiographies d'une des femelles ont été réalisées pour bénéficier d'une vue d'ensemble de l'emplacement de l'émetteur, (voir figure 15). L'insertion se fait sur le côté gauche de l'animal, ce qui permet d'éviter la partie postérieure du poumon localisé du côté droit de l'animal. L'incision se fait d'avant en arrière entre les deux premières rangées d'écailles à côté de la rangée ventrale. La longueur de l'incision est d'environ 2 cm. Une fois l'ouverture réalisée, les tissus mésentériques sont séparés de manière à visualiser les côtes et leur terminaison ventrale. Ensuite, un trou est aménagé à l'aide de ciseaux dans la paroi, les organes sont, à ce moment, visibles. L'émetteur est désinfecté et placé dans la **cavité générale** de l'animal en avant de l'incision (voir figure 11). La paroi abdominale est refermée à l'aide d'une aiguille montée et de points de sutures Everting matress (points appropriés aux reptiles), avant d'insérer l'antenne de l'émetteur. L'antenne de l'émetteur est glissée en arrière **sous la peau**. Pour ce faire, on s'aide d'une canule afin de diriger l'antenne et un petit trou est réalisé à l'aide de ciseaux à l'extrémité saillante de la canule pour tirer l'antenne vers l'arrière. L'ensemble des ouvertures sont recousues à nouveau à l'aide de points de sutures Everting matress (voir figure 12). Durant toute l'opération, le rythme cardiaque est contrôlé visuellement et le contrôle de la couleur des muqueuses est vérifié après l'opération (voir figure 13). Lorsque l'insertion est terminée et avant de recoudre l'animal, l'alimentation gazeuse en isoflurane est coupée et remplacée par une ventilation d'oxygène. La phase de réveil est la partie la plus critique de l'opération et une ventilation mécanique du poumon est réalisée. Un massage de la zone postérieure du corps est également pratiqué jusqu'à la reprise de la tonicité. L'ensemble de la procédure est répété jusqu'au réveil complet de l'animal, c'est-à-dire quant il commence à sortir la langue. Pour le réveil complet, l'animal est placé dans un terrarium propre et chauffé modérément à 25 °C (voir figure 14). L'ensemble de la procédure, comprenant l'anesthésie, l'opération et la reprise de la tonicité, durait en moyenne 50 minutes. Les serpents ont ensuite été gardés en terrarium pendant plusieurs jours pour s'assurer de leur bon rétablissement. Ils n'ont pas été nourris durant toute la durée de leur captivité. La durée du temps passé en captivité est en moyenne de 4.3 jours (de 3 à 5 jours en fonction des individus) moyenne calculée sur 9 des dix individus. La femelle 1 a été exclue de la moyenne car elle est restée 14 jours en terrarium pour cause de fermeture temporaire de la clinique vétérinaire. Après convalescence, les serpents ont été relâchés à l'endroit exact de leur capture.

7.2.3 Caractéristiques des femelles équipées :

Le poids moyen des femelles équipées est de 246.5 g \pm 58.8 g (étendue : 177 g - 347 g) et leur taille moyenne est de 92.7 cm \pm 4.36 cm (Longueur totale) (étendue 86 cm – 101 cm). L'émetteur de radio télémétrie pesant 3.6 g, celui-ci représente en moyenne 1.53 % \pm 0.34 % (étendue : 1.04 % - 2.03 %) de la masse corporelle des individus. L'ensemble des données mesurées à la capture est repris dans le **tableau 1**. Ce tableau renseigne sur le poids (g), la longueur totale (cm), les coordonnées GPS (Lambert belge 72) de l'endroit de capture, l'habitat, le microhabitat, la fréquence de l'émetteur de chaque femelle et le pourcentage de la masse corporelle que l'émetteur représente, la date de capture, d'opération et de relachage de chaque femelle.

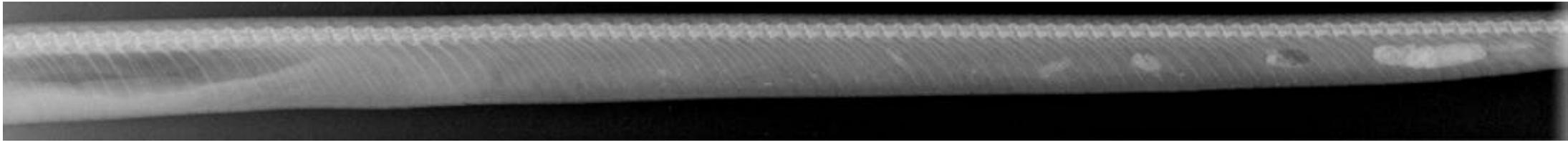


Figure 15 (1) : Radiographie de la femelle 4 avant placement de l'émetteur

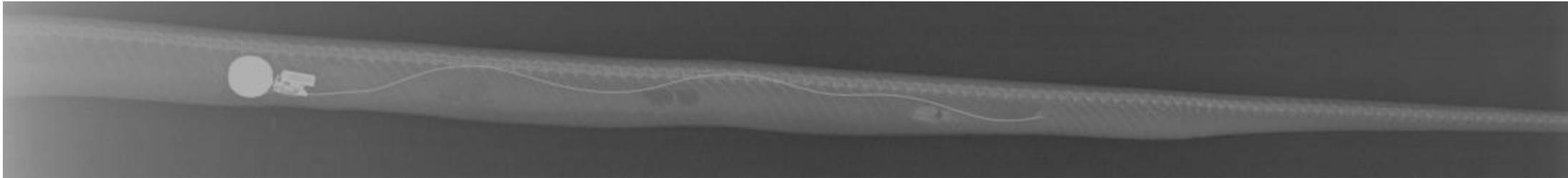


Figure 15 (2) : Radiographie de la femelle 4 après placement de l'émetteur



Figure 15 (3) : Radiographie du squelette entier de la femelle 4 après placement de l'émetteur.

Radiographie du Dr Frederic Gandar de la clinique aviaire de l'Université de Liège.

Tableau 1 : Ensemble des variables et des données mesurées à la capture des femelles *Natrix natrix*.

	Taille (cm)	Poids (g)	Coord. GPS X y	Date de capture	Date d'opération	Date de relachage	Masse émetteur (g)	% du poids	Fréquence (Hz)	Micro-habitat à la capture	Catégorie d'habitat à la capture
Femelle 1	94	222	235431 142446	07/04/09	17/04/09	20/04/09	3.6	1.62 %	49851	Ptéridés ronciers	1.2
Femelle 2	97	322	235906 142045	15/04/09	17/04/09	20/04/09	3.6	1.12 %	49840	ronciers	1.2
Femelle 3	90	197	236421 141701	16/04/09	17/04/09	20/04/09	3.6	1.82 %	49881	Massifs d'orties	2.5
Femelle 4	86	182	237169 141720	20/04/09	21/04/09	23/04/09	3.6	1.98 %	49870	Haies d'aubépines, orties	4.9
Femelle 5	91	242	235900 141715	27/04/09	28/04/09	30/04/09	3.6	1.49 %	49890	ronciers	2.5
Femelle 6	90	177	235926 141707	02/05/09	04/05/09	07/05/09	3.6	2.03 %	49820	Haies d'aubépines, orties	2.5
Femelle 7	93	237	236422 141690	02/05/09	04/05/09	07/05/09	3.6	1.52 %	49860	Orties	2.5
Femelle 8	101	302	236163 141827	07/05/09	08/05/09	12/05/09	3.6	1.20 %	49900	ronciers	2.5
Femelle 9	89.5	237	236159 141761	10/05/09	12/05/09	15/05/09	3.6	1.52 %	49810	Renouées du japon	2.5
Femelle 10	96	347	235648 141836	18/05/09	19/05/09	22/05/09	3.6	1.04 %	49831	ronciers	1.1

7.2.4. Suivis radios télémétriques :

De nos jours, trois types de radio télémétrie sont utilisées ; **la radiotélémétrie VHF** (very high frequency), le repérage satellite et le repérage GPS (Global Positioning System), la radiotélémétrie VHF étant la plus utilisée actuellement. Le matériel de base de cette technique se compose d'un système de transmission, classiquement composé d'un émetteur (ou de plusieurs émetteurs) d'une batterie et d'une antenne propagatrice et d'un système de réception incluant un récepteur (pouvant être réglé sur les différentes fréquences des émetteurs), une antenne réceptrice et une batterie. Si plusieurs animaux sont suivis en même temps, chaque émetteur est capable d'émettre sur une fréquence qui lui est propre, ce qui permet de faire la distinction entre les animaux.

En ce qui concerne les techniques de radiopistage, on distingue classiquement deux méthodes de repérage sur le terrain ; le '**homing**' et la '**triangulation**'. Le homing consiste à suivre le signal vers ses intensités les plus fortes, plus l'animal équipé d'un émetteur est proche, plus l'intensité du signal sera élevée. La triangulation, elle, permet de repérer la position d'un animal à partir de deux signaux. Ces deux signaux proviennent de deux positions différentes (préférentiellement avec un angle de 90° entre elles), l'endroit de croisement entre ces deux signaux donne alors la position de l'animal (Mech and Barber, 2002). Dans notre étude, la technique de radiopistage utilisée est la triangulation.

Les couleuvres équipées d'un émetteur (ATS, Reptile Glue on/subcut/implant, series R1600, modèle R1680) ont été suivies par radiotélémétrie à partir du mois d'avril jusque début juillet. L'appareil de réception (voir **figure 16 et 17**) était constitué d'une antenne portable reliée à un récepteur portable (ATS, Advanced Telemetry Systems, ATS modèle FM 16, n° de série FM 1845) alimenté par une batterie. L'émetteur (voir **figure 18 a et b**, page suivante) est équipé d'une batterie d'oxyde d'argent et à une longueur de 24 mm (corps de l'émetteur). La durée de vie de l'émetteur peut aller jusqu'à 12 mois.



Figure 16 et 17 : appareil de réception constitué de l'antenne et du récepteur (ATS).
Photos : Julie Pittoors



Figure 18a : émetteur série R1600 utilisé pour notre étude

Chaque serpent a été localisé tous les deux jours et leurs coordonnées géographiques ont été enregistrées grâce à un système portable de positionnement global (GPS, *Etrex vista Hcx*, Garmin), chaque localisation a été pointée sur une carte en utilisant *ArcMap 9*, *ArcGis* version 9.0. Les coordonnées géographiques x et y sont données suivant le système de coordonnées géographiques belge, à savoir le Lambert belge 72. A chaque localisation, l'habitat dans lequel se trouvait l'animal a été défini ainsi que le microhabitat. Si l'animal était visible, le comportement (mue, digestion, fuite, etc.) de celui-ci a aussi été examiné, les comportements de fuites étant attribués à des menaces de prédation. Les repérages ont été effectués uniquement pendant le jour, aucun repérage n'a eu lieu la nuit. Les données climatiques journalières nous ont été fournies par Monsieur Michel Erpicum, climatologue à la station météorologique de l'Université de Liège. Ces données climatiques sont :

- le rayonnement solaire (W/m^2),
- la température de l'air ($^{\circ}C$),
- l'humidité relative (%),
- le total des précipitations journalières (mm),
- la direction du vent (degré),
- la vitesse du vent (Km/h).

7.2.5. Suivis journaliers intensifs :

Un suivi intensif des individus a également été réalisé. Celui-ci avait pour objectif de caractériser les déplacements des individus au cours d'une journée. En effet, estimer les mouvements des individus à partir des positions enregistrées tous les deux jours risque de passer outre certains mouvements à court terme. En effet, un serpent localisé au même endroit entre deux visites successives tous les deux jours pourrait avoir effectué des mouvements additionnels entre cet intervalle de temps avant de retourner à sa position initiale (Carfagno et Weatherhead, 2008). Pour estimer ces mouvements, plusieurs périodes de suivis intensifs des individus ont été effectuées sur plusieurs courtes périodes en mai, juin et juillet. Les suivis intensifs se déroulaient en général de 11 H 00 à 17 H 00 parfois jusqu'à 18 H 00. Le temps entre deux repérages successifs du même individu était d'en moyenne 1 h 06 min. Tout mouvement ayant une distance supérieure ou égale à 1 mètre a été considéré comme un déplacement. Les déplacements ont été mesurés en ligne droite entre deux points de localisations successives.

7.2.6. Caractérisation de l'habitat et du microhabitat:

Le domaine du Sart Tilman a été divisé en quatre grandes **catégories d'habitats** et dix sous-catégories représentatives de l'occupation du sol de l'ensemble du domaine d'étude. Les quatre catégories sont les suivantes :

- **la forêt**, qui comprend la végétation typique de l'Ardennes condruzienne.
- **les milieux anthropiques et rudéraux**, qui comprennent des zones de bâtiments ou de friches.
- **les zones humides**, comprenant différents points d'eau et la végétation qui leur est classiquement associées.
- **les milieux agricoles**, comprenant diverses prairies et pâturages ainsi qu'une parcelle cultivée (monoculture de maïs).

Les catégories et les sous catégories qui leurs sont attribuées sont reprises dans le **tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2 : Catégories et sous-catégories d'habitats définissant l'occupation du sol du domaine d'étude et dans lesquelles les localisations des femelles *Natrix natrix* ont été enregistrées.

Catégories d'habitats	Sous-catégories d'habitats
I. Forêt	1. Forêt caduque sombre 2. Clairière
II. Milieu anthropique et rudéral	3. Bâtiments et abords de bâtiments 4. Parcs 5. Friche
III. Zone humide	6. Etangs, mares et bordures 7. Bassins de culture de plantes aquatiques
IV. Milieu agricole	8. Champ de maïs 9. Prairies, pâturages 10. Vergers

A chaque localisation, le **microhabitat** dans lequel se trouvait le serpent a été noté. Au total, 40 microhabitats différents ont été recensés. Pour la facilité du traitement des données, ces 40 types de microhabitats ont été regroupés dans 8 grands types de microhabitats. Ces 8 catégories sont les suivantes :

- Végétation à prédominance de ronciers,
- Bois mort, vieille souche, branches mortes,
- Végétation à prédominance de graminées,
- Végétation à prédominance d'orties,
- Végétation à prédominance de fougères,
- Compost et fumiers,
- Végétation de haies et de buissons,
- Bâtiments.

La végétation à prédominance de **ronciers** (*Rubus fruticosus*) sous entend soit des ronciers seuls, soit en combinaison avec diverses plantes telles la petite pervenche (*Vinca minor*), des **orties** (*Urtica* sp.), des **graminées** (Poaceae), des **framboisiers** (*Rubus idaeus*) mais où le roncier est toujours en proportion plus importante.

Les **bois morts, vieilles souches** et **branches mortes** sous entendent des tas de branches mortes, des grumes ou un assemblage de souches et de bois en décomposition.

La végétation à prédominance de graminées sous entend un assemblage de plantes de prairies telles des **prêles** (*Equisetum* sp.), des **orties** (*Urtica* sp.), des **ombellifères** (Apiaceae), des **chardons** (Asteraceae) et autres plantes à fleurs, mais les graminées (Poaceae) sont toujours en proportion plus importante.

Pareillement, la végétation à prédominance d'orties inclut des microhabitats comprenant soit seulement des orties, soit des orties en combinaison avec des **gaillets** (*Galium aparine*), des **chardons** (Asteraceae), de la **menthe** (*Mentha* sp.), des **graminées**, mais où les orties sont toujours prédominantes.

La végétation à prédominance de **fougères** inclut quelque fois des ronciers mais les **fougères aigles**, (*Pteridium aquilinum*) prédominent.

Le microhabitat de **fumiers** et de **compost** sous entend des gros tas de végétaux en décomposition.

La végétation de **haies** et de **buissons**, quant à elle, sous entend des buissons tels les **églantiers** (*Rosa canina*), et les buissons ou les haies d'**aubépines** (*Crataegus* sp.) avec fréquemment quelques **orties** (*Urtica* sp.) à la base.

Enfin, le microhabitat de **bâtiments** sous entend les infrastructures tels les égouts ou les vides ventilés où les serpents sont supposés avoir séjournés mais sans aucune certitude car les serpents détectés grâce à la technique de radiotélémetrie n'étaient pas visible.



Photos de quelques microhabitats utilisés par les couleuvres avec, de haut en bas et de gauche à droite, la végétation à prédominance de ronciers, la végétation à prédominance de graminées, la végétation à prédominance de fougères aigles, la végétation de buissons d'aubépines, la végétation à prédominance d'orties et le microhabitat de bois morts et de vieilles souches. *Photos : Julie Pittoors*

7.3 Calculs des déplacements, des domaines vitaux et analyses statistiques :

Le calcul des déplacements a été réalisé grâce au tableur Excel à partir des coordonnées géographiques X et Y (Lambert belge 72) obtenues à chaque localisation des couleuvres *Natrix natrix*. La formule permettant d'obtenir les distances en mètres à partir des positions géographiques est la suivante : $\sqrt{((X1 - X2)*(X1 - X2) + (Y1 - Y2)*(Y1 - Y2))}$.

Les distances obtenues pour le suivi intensif des individus ont permis une mise en relation avec les données météorologiques. Le logiciel STATISTICA version 8.0 a permis de réaliser des corrélations (matrice de corrélation) entre les distances couvertes par heure et la température de l'air (°C), la direction (10°) et la vitesse du vent (Km/h), l'humidité relative de l'air (%), le rayonnement solaire (W/m²) et le total des précipitations (mm). Le *niveau de p* a été fixé à 0.05. Des ANOVA 2 ont aussi été réalisées pour savoir si les déplacements variaient en fonction des différents mois de suivis et en fonction des différentes périodes de la journée. En effet la journée a été divisée en trois périodes : matinée (de 10 H 00 à 13 H 00), après midi (de 13 H 00 à 16 H 00) et fin d'après midi (de 16 H 00 à 19 H 00).

L'analyse des habitats et des microhabitats les plus utilisés, ainsi que l'évolution de leur utilisation au cours des différents mois de suivis, a été réalisée grâce à des statistiques descriptives exécutées grâce au tableur Excel, de même que l'analyse des différents comportements observés au cours des localisations.

Enfin, l'analyse des domaines vitaux des différents individus a été réalisée grâce à Hawth Analysis Tool, extension téléchargeable d'ARCVIEW version 9.0, les différentes coordonnées géographiques des localisations étant cartographiées grâce à cette version d'ARCVIEW. La technique choisie pour calculer l'étendue des domaines vitaux est la **méthode des polygones convexes** (Minimum Convex Polygon, MCP). Le polygone convexe minimum se définit comme le plus petit polygone convexe qui englobe toutes les localisations connues de l'animal suivi (Hayne, 1949 *in* Row and Blouin-Demers, 2006). Cette technique d'analyse a été choisie pour plusieurs raisons :

- Premièrement, cette méthode est assez simple à conceptualiser (Powell, 2000 *in* Row and Blouin-Demers, 2006).
- Deuxièmement, beaucoup d'études comparant les domaines vitaux entre les espèces (Gompper and Gittleman, 1991 ; Harestad and Bunnell, 1979 ; Jetz et al., 2004 ; Kelt and Van Vuren 2001 ; Mysterud et al., 2001 ; Nilsen and Linnell, 2006 *in* Nilsen et al., 2008) et au sein de la même espèce (Grigione et al., 2002 ; Herfindal et al., 2005 *in* Nilsen et al., 2008) ont jusqu'à présent largement utilisé cette technique (Nilsen et al., 2008), il est donc plus facile de l'utiliser pour comparer les résultats obtenus à ceux d'autres études.
- Enfin, d'après l'étude réalisée par Row et Blouin-Demers (2006), la technique des estimateurs de Kernels (KDE) (autre technique permettant de calculer les domaines vitaux) ne semble pas appropriée aux calculs des domaines vitaux de l'herpétofaune.

8. Résultats :

8.1 Impact de l'insertion des émetteurs et captivité :

Il n'y a pas eu de mortalité associée ni à l'opération ni aux émetteurs. De même, aucune des femelles n'a subi d'événements de prédation. Certains individus avaient déjà chassé et mangé quelques jours après leur remise en liberté (obs. pers) et aucun comportement aberrant n'a été observé.

8.2 Suivis radiotéléométriques :

Les 10 femelles couleuvres à collier ont été suivies pendant environ trois mois (avril, mai, juin et début juillet) à partir du 20 avril jusqu'au 15 juillet inclus. Au total, 470 localisations provenant des 10 femelles ont été enregistrées. La **carte 2** en annexe montre les différentes localisations enregistrées pour les 10 individus. La durée du suivi des différents individus varie de 55 à 87 jours et le nombre de localisations par individu varie de 34 à 58 localisations (en dehors des localisations de suivis journaliers intensifs).

Tableau 3 : Périodes de suivis, nombres de jours de suivis et de localisations des différentes femelles *Natrix natrix*.

Numéro de femelle	Période de suivi	Nombre de jours de suivis	Nombre de localisations
F1	20 avril – 15 juillet	87	56
F2	21 avril – 15 juillet	86	54
F3	21 avril – 15 juillet	86	58
F4	24 avril – 15 juillet	83	51
F5	27 avril – 16 juillet	81	49
F6	8 mai – 13 juillet	67	44
F7	8 mai – 11 juillet	65	43
F8	13 mai – 11 juillet	60	41
F9	16 mai – 15 juillet	61	40
F10	22 mai – 15 juillet	55	34

8.3 Domaines vitaux :

La taille des domaines vitaux des différentes femelles *Natrix natrix* varie de 1.2 à 14.28 hectares en fonction des individus (**voir tableau 4**). La taille moyenne des domaines vitaux est de 4.99 hectares \pm 4.47 hectares. La répartition des domaines vitaux dans le domaine d'études est visible sur la **carte 3**. Il n'y a pas de corrélation entre la taille des individus et la taille des domaines vitaux ($p = 0.56$; $r = - 0.21$). De même, aucune corrélation n'a été trouvée entre le poids des individus et la taille des domaines vitaux ($p = 0.98$; $r = 0.009$).

Carte 3 : Représentation des domaines vitaux des 10 femelles *Natrix natrix* suivies.

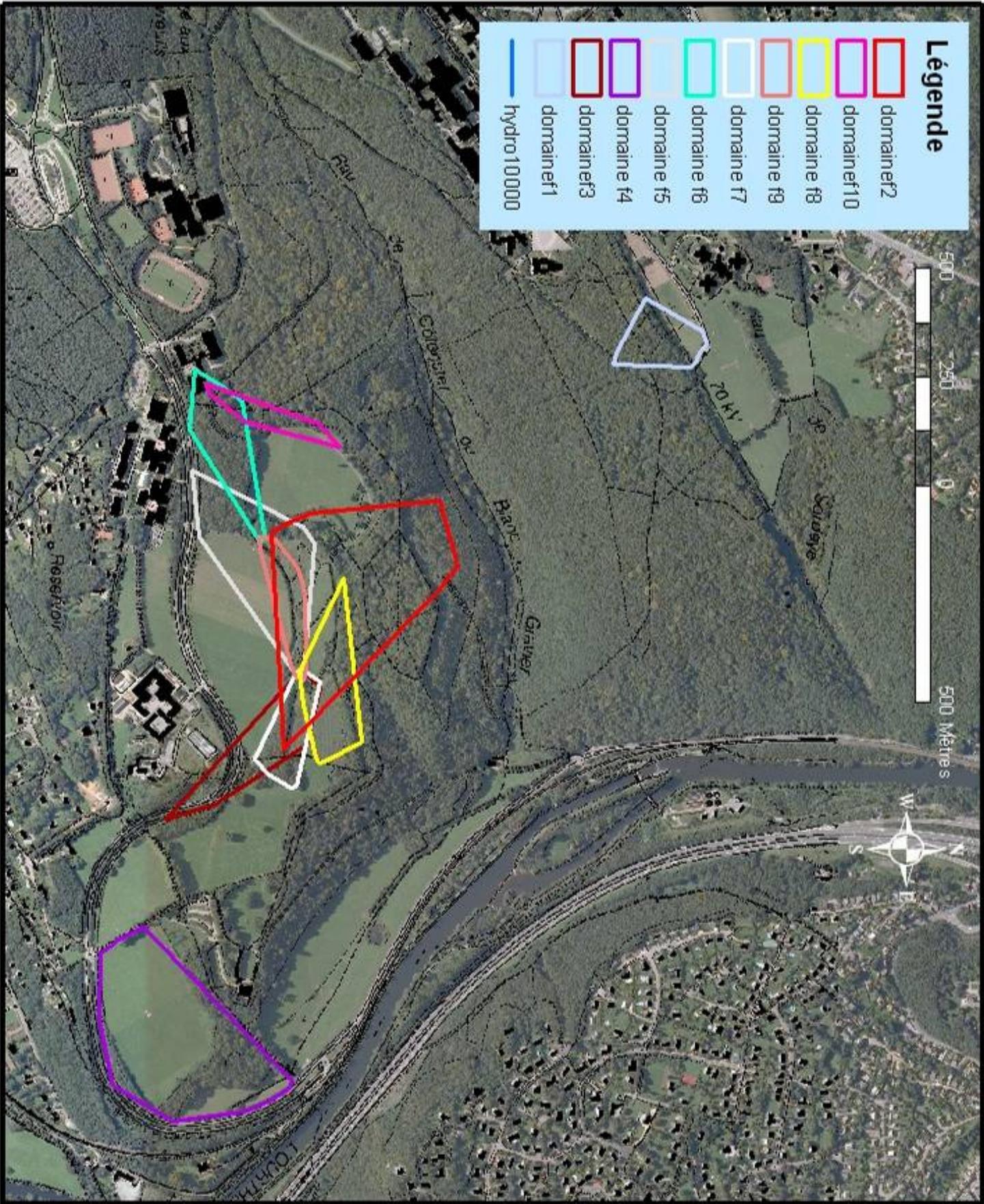


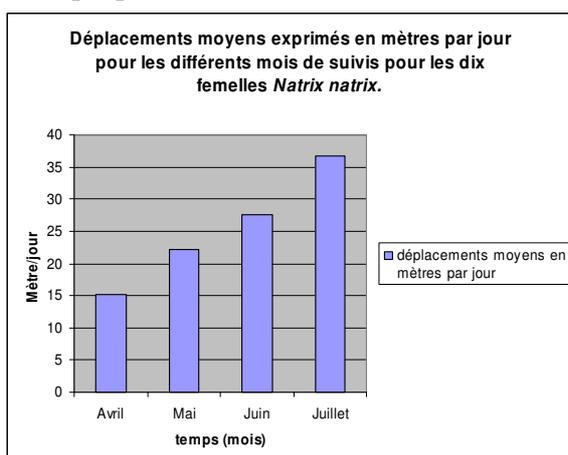
Tableau 4 : Tailles des domaines vitaux des dix femelles couleuvres à collier exprimés en m² et en ha.

Femelles <i>Natrix natrix</i>	Taille des domaines vitaux (m ²)	Taille des domaines vitaux en hectares (ha)
F1	21146	2.11
F2	142799.5	14.3
F3	36754.5	3.7
F4	115269	11.5
F5	65873	6.6
F6	30812.5	3.1
F7	21345.5	2.1
F8	17681	1.8
F9	35651	3.6
F10	12029	1.2

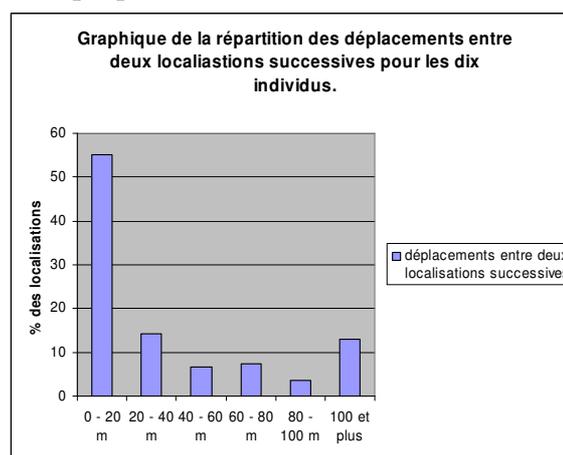
8.4 Mouvements saisonniers :

Les **déplacements totaux**, au sein du domaine vital pour chaque couleuvre et pour toute la durée du suivi, ont été calculés. Ces déplacements varient de 1306.39 mètres à 3105.38 mètres en fonction des individus. Le **déplacement total moyen** pour les dix individus est de 2002.68 mètres \pm 625.91 mètres. Quelques exemples du trajet parcouru par les couleuvres dans leur domaine vital sont donnés sur **les cartes 4 à 13** en annexe. Ces déplacements sont donnés en ligne droite entre les points de localisations successives, le trajet réel parcouru par les couleuvres est cependant probablement plus long et suit certainement les éléments linéaires du paysage. Le déplacement total moyen parcouru au mois d'avril est de 166.65 mètres \pm 121.11 mètres (moyenne calculée pour les 4 individus en notre possession à ce moment), 560.85 mètres \pm 315.17 mètres au mois de mai, 826.08 mètres \pm 382.39 au mois de juin et de 549.09 mètres \pm 123.22 mètres au mois de juillet. Les **distances moyennes parcourues par jour** pour les dix individus et pour les différents mois de suivis sont de 15.21 m / j au mois d'avril (moyenne calculée pour les quatre individus en notre possession à ce moment), 22.14 m / j au mois de mai, 27.53 m / j au mois de juin et de 36.6 m / j au mois de juillet. 55.2 % des **déplacements entre deux localisations successives** sont compris entre 0 et 20 mètres. 14.35 % sont compris entre 20 et 40 mètres, 6.52 % entre 40 et 60 mètres, 7.39 % entre 60 et 80 mètres, 3.48 entre 80 et 100 mètres et 13.04 % sont de 100 mètres et plus. Le **graphique 1 a** montre l'évolution des distances moyennes parcourues par jour pour les dix femelles *Natrix natrix* et le **graphique 1 b** la répartition des déplacements dans les différentes catégories.

Graphique 1 a :



Graphique 1 b :



Les déplacements ayant une **amplitude** de 100 à 200 mètres ou plus ne sont pas rares. Citons par exemple un déplacement de 195 mètres pour la femelle 2, de 227 mètres pour la femelle 5, de 334 mètres pour la femelle 6 ou encore de 232 mètres pour la femelle 7 au mois de mai. Un déplacement de 232 mètres pour la femelle 2, de 219 mètres pour la femelle 3, 310 mètres pour la femelle 4, 244 mètres pour la femelle 5 ou encore 329 mètres pour la femelle 8 en juin. Citons aussi 207 mètres pour la femelle 2, 236 mètres pour la femelle 4, 314 mètres pour la femelle 5, ou encore 249 mètres pour la femelle 9 au mois de juillet.

8.4.1 Description de la mobilité individuelle:

D'une manière générale, toutes les couleuvres utilisent à un moment ou un autre, au cours de la période de suivi, des **éléments linéaires** et structuraux du paysage tels des haies, des lisières de prairies et de forêts, etc. Cependant, certaines femelles *Natrix natrix* les utilisent plus que d'autres.

- **La femelle 1** est restée assez longtemps au début de la période de suivi (environ 1 mois) dans une vieille souche, ensuite, cet individu a migré vers son lieu de ponte et est resté dans les alentours de ce milieu jusqu'à la fin de la période de suivi (**voir carte 4 et 16 en annexe**).
- **La femelle 2** est celle qui a le plus bougé tout au long de la période de suivi. Cette femelle a exploité au début du suivi un milieu de clairière. Elle a ensuite migré vers le lieu de ponte et y est resté pendant presque 1 mois. Après la ponte elle a repris ses mouvements, le plus souvent dans un milieu de friche (**voir carte 5 et 17 en annexe**).
- **La femelle 3** est restée tout au long de la période de suivi dans la lisière entourant la monoculture de maïs et a réalisé ses mouvements au sein de cette lisière. Elle est restée assez longtemps (presque un mois) sans grands mouvements dans cette lisière à proximité du lieu de ponte. Elle a fait une apparition durant quelques jours au milieu de ponte avant de retourner à l'endroit de capture situé à une centaine de mètres de ce lieu (**voir carte 6 et 18 en annexe**).
- **La femelle 4** est restée tout au long du suivi le long de haies d'aubépines et s'est toujours déplacée en suivant les éléments linéaires du paysage. Cette femelle a séjourné jusque fin juin dans la même portion de haies le long d'une pâture et d'une route, et effectuait ses mouvements par allée et venue au sein de cette portion. Fin juin, cette couleuvre a commencé à remonter la haie et a exploité des endroits qu'elle n'avait jamais fréquentés auparavant (**voir carte 7 et 19 en annexe**).
- **La femelle 5** est restée la plupart du temps dans un habitat de friche et s'est déplacée dans cet habitat. Elle est longtemps restée aux alentours du milieu de ponte (de fin mai jusque fin juin) et a ensuite exploité une lisière forestière (**voir carte 8 et 20 en annexe**).
- **La femelle 6** est une des femelles qui a le moins bougé. Mis à part la migration vers le milieu de ponte, cette femelle est restée dans une aire restreinte de friche avant la migration et dans une aire restreinte aux abords des bâtiments après la migration de ponte (**voir carte 9 et 21 en annexe**).
- **La femelle 7** a exploité un milieu de friche pendant un certain temps puis s'est déplacée fin mai vers le milieu de ponte. Elle y est restée environ 1 mois avant de retourner aux endroits qu'elle fréquentait habituellement avant la ponte (**voir carte 10 et 22 en annexe**).
- **La femelle 8** s'est déplacée la plupart du temps au sein de lisières forestières et de lisières de pâture. Elle est aussi restée pendant 1 mois aux alentours du milieu de

ponte, en lisière de monoculture de maïs. Après la ponte, celle-ci a fréquenté les mêmes endroits qu'auparavant (**voir carte 11 et 23 en annexe**).

- **La femelle 9** a été capturée aux alentours du milieu de ponte. Elle est restée dans cette zone jusqu'à fin juin. Après la ponte, elle a exploité un milieu de friche sans suivre d'éléments linéaires du paysage (**voir carte 12 et 24 en annexe**).
- **La femelle 10** est restée durant une grande partie du suivi le long d'une lisière forestière. Elle a migré progressivement vers le lieu de ponte. Après la ponte, elle a fréquenté les mêmes endroits qu'avant la migration de ponte. Cette femelle a donc également utilisé des éléments linéaires du paysage (**voir carte 13 et 25 en annexe**).

8.4.2 Sites et périodes de ponte :

Grâce aux suivis radiotéléométriques, trois **sites de pontes** (voir **figure 19**) différents ont pu être localisés. Le premier site présumé est un gros **tas de compost** dans un milieu de friche. Ce site de ponte aménagé, connu depuis plusieurs années, a attiré 6 des 10 femelles suivies par radiotéléométrie. Ces femelles ont commencé à migrer vers le site de ponte aux alentours du 20 mai et se sont rendues, pour 4 d'entre elles, directement au tas de compost et y sont restées jusqu'à la ponte qui s'est probablement déroulée fin juin. Le deuxième site de ponte présumé est un **tas de terres étrepées** localisés à coté d'une prairie de fauche. Une des dix femelles suivies par radiotéléométrie s'y est rendue aux environs du 20 mai, cependant, ce tas de terre a attiré au moins 3 autres femelles non équipées d'un émetteur (obs. pers.). Enfin, le troisième site de ponte présumé est localisé dans un **trou** assez profond le long d'un **mur d'un des bâtiments** de l'université à l'intérieur duquel fonctionne une grosse chaudière. Deux des dix femelles suivies par radiotéléométrie s'y sont rendues aux environs du 25 mai pour l'une et du début juin pour l'autre. Une autre couleuvre a cependant aussi été vue au pied du bâtiment et une mue a été trouvée à l'entrée du trou du bâtiment (obs. pers.). Une seule des dix femelles suivies ne s'est rendue à aucun de ces trois sites de pontes. La ponte s'est déroulée fin juin pour l'ensemble des individus, dont 3 ont été capturés le 23, 28 et le 29 juin et palpés pour s'assurer que la ponte avait eu lieu. Après la période de ponte, la plupart des individus (6 des 10 individus) sont retournés aux endroits habituellement fréquentés avant la migration de ponte.



Figure 19 : photos des trois sites de pontes présumés avec, dans l'ordre, le site situé dans un trou dans un mur d'un des bâtiments de l'Université, le tas de terres étrepées et le compost aménagé. *Photos : Julie Pittoors.*

Les **distances parcourues** par les femelles couleuvres à collier pour se rendre à ces sites de pontes présumés est d'en moyenne 288.8 mètres (moyenne calculée pour les 6 des 10 femelles qui se sont rendues directement, en une seule étape, aux sites de pontes, une des dix femelles ne s'étant rendue à aucun des sites de pontes présumés tandis que les trois autres s'y

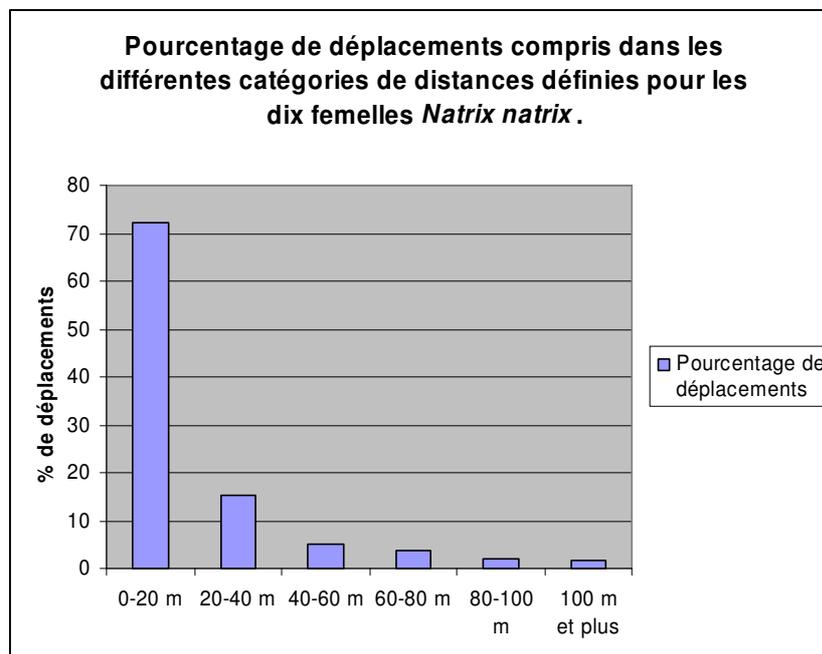
sont rendues par mouvements progressifs et allées et venues). La plus faible distance enregistrées est de 148.5 mètres et la plus grande est de 408 mètres.

8.5 Suivis journaliers intensifs :

263 localisations de suivis intensifs, réalisés durant les mois de mai, juin et juillet, ont été enregistrées pour l'ensemble des dix femelles *Natrix natrix*. Les premières localisations de chaque jour de suivi intensif ont été exclues à chaque reprise et ont servi uniquement comme point départ pour le calcul des déplacements, ces localisations ont cependant été reprises dans le traitement des données de suivi saisonniers (tout les deux jours). 195 localisations de suivis intensifs ont donc été traitées. Les distances moyennes couvertes en une heure sont de 14.16 ± 17.28 mètres pour le mois de mai, 14.51 ± 15.39 mètres pour le mois de juin et 25.89 ± 32.59 mètres pour le mois de juillet.

Les plus **grands déplacements** enregistrés en 1 heure de temps sont de 149 mètres pour la femelle 2 au mois de juillet, 104 mètres pour la femelle 2 au mois de mai, 112 mètres pour la femelle 3 au mois de juillet. À part ces déplacements de grande amplitude, 72.3 % des déplacements sont compris entre 0 et 20 mètres, 15.38 % entre 20 et 40 mètres, 5.13 % entre 40 et 60 mètres, 3.59 % entre 60 et 80 mètres, 2.05 % entre 80 et 100 mètres et 1.54 % des déplacements ont une amplitude de 100 mètres et plus. **Le graphique 2** montre la répartition des déplacements dans ces différentes catégories.

Graphique 2: Répartition des déplacements des dix femelles *Natrix natrix* dans les différentes catégories de distances parcourues.



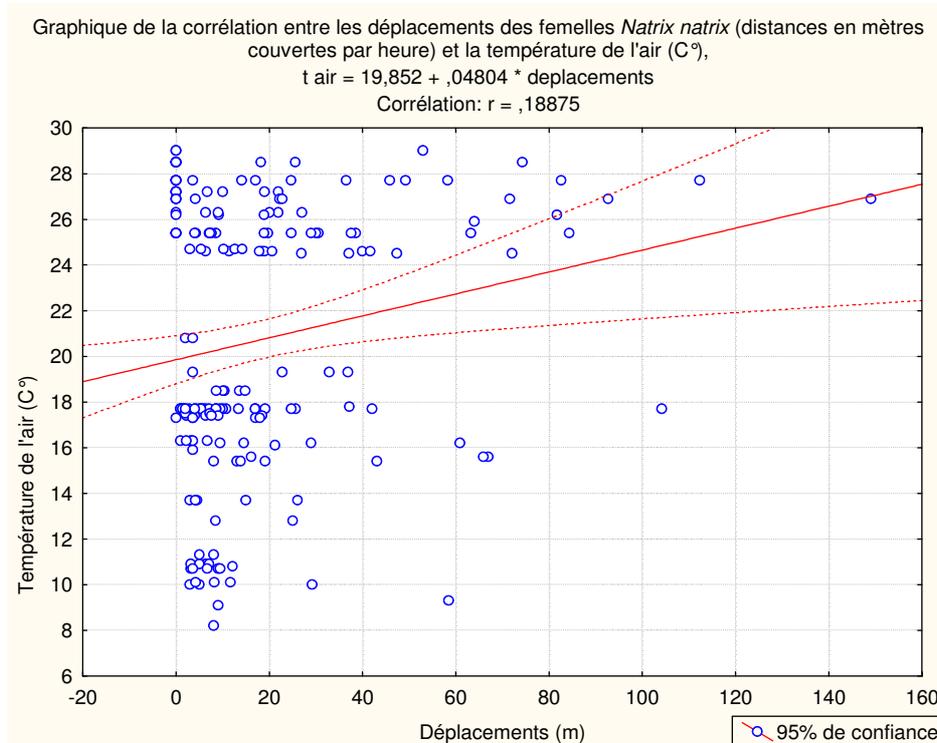
La distance couverte par heure par les couleuvres à collier **ne diffère pas significativement** suivant les différentes périodes de la journée (matinée de 10 h 00 à 13 h 00, après midi de 13 h 00 à 16 h 00, et fin d'après midi de 16 h 00 à 19 h 00) (ANOVA 2, QF ($1 - \alpha$; ν_1 , ν_2) = (0.95 ; 2, 70), F_{obs} (0.1167) < QF (3.15)), et donc, on ne rejette pas

l'hypothèse H_0 sous laquelle les moyennes des distances couvertes par heure ne diffèrent pas suivant les périodes de la journée.

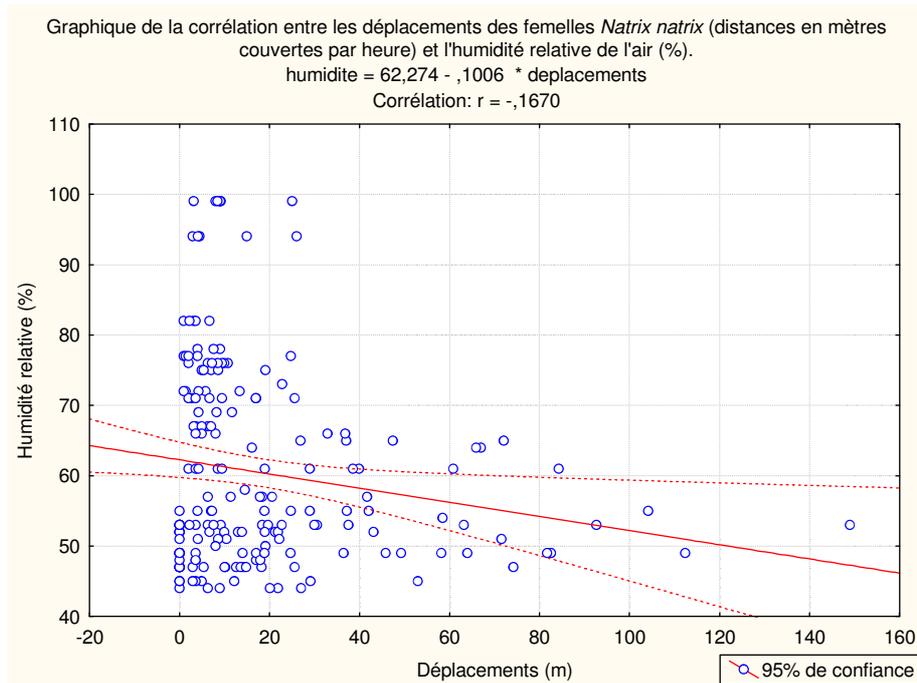
La distance couverte par heure par les couleuvres **diffère significativement** suivant les différents mois de suivis (ANOVA 2, QF ($1 - \alpha$; ν_1 , ν_2) = (0.95 ; 2, 78), F_{obs} (4.147) > QF (3.15), et donc on rejette l'hypothèse H_0 sous laquelle les moyennes des distances couvertes par heure ne diffèrent pas suivant les différents mois de suivis). D'après l'analyse, les distances moyennes couvertes par heure en mai ne diffèrent pas significativement de celles couvertes en juin ($|d|_{mai-juin} = 5.35 < d^*(0.05) = 15.13$) et en juillet ($|d|_{mai-juillet} = 11.63 < d^*(0.05) = 15.13$). Par contre, les distances couvertes par heure en juin diffèrent significativement de celles couvertes en juillet ($|d|_{juin-juillet} = 16.98 > d^*(0.05) = 15.13$).

L'analyse des déplacements de suivis intensifs (les distances couvertes par heure) et des données météorologiques révèlent que les déplacements sont **corrélés positivement** avec la **température de l'air** (coefficient de corrélation $r = 0.188$; $p = 0.08$) et la **pluviométrie** (coefficient de corrélation $r = 0.164$; $p = 0.022$). Et donc, plus la température de l'air et la pluviométrie augmentent, plus les déplacements (distance) augmentent aussi. Par contre, les déplacements sont **corrélés négativement** avec **l'humidité relative de l'air** (coefficient de corrélation $r = -0.167$; $p = 0.02$), ce qui veut dire que quand l'humidité relative de l'air augmente, les déplacements (distance) diminuent. Enfin, les déplacements ne semblent pas corrélés ni avec la direction et la vitesse du vent, ni avec le rayonnement solaire. **Les graphiques 3, 4 et 5** montrent les corrélations entre les déplacements et la température de l'air, l'humidité relative et la pluviométrie.

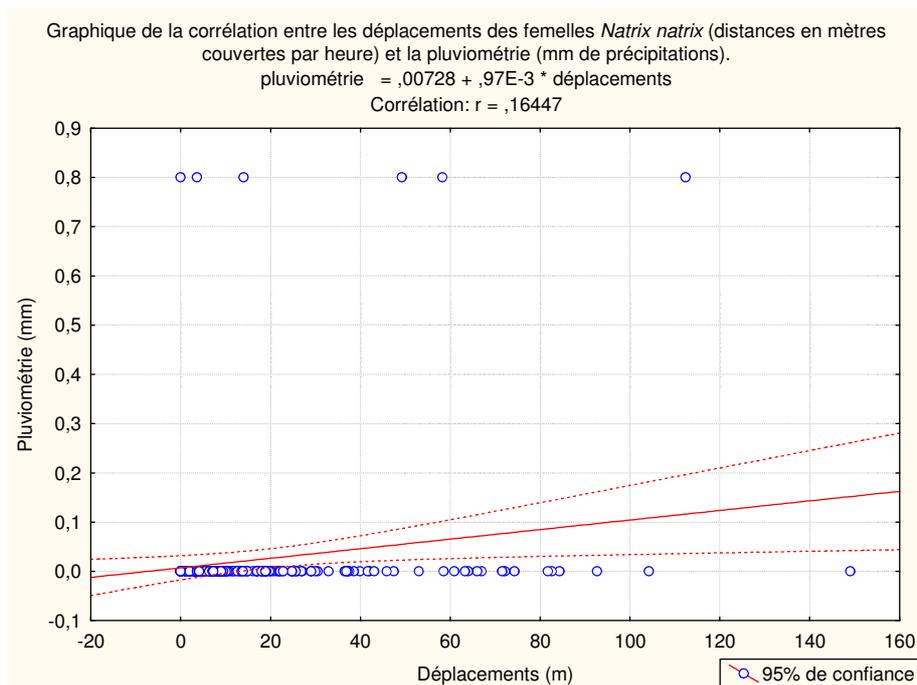
Graphique 3 : Corrélation entre les déplacements et la température de l'air (C°).



Graphique 4 : Corrélation entre les déplacements et l'humidité relative de l'air (%).



Graphique 5 : Corrélation entre les déplacements et la pluviométrie (mm).

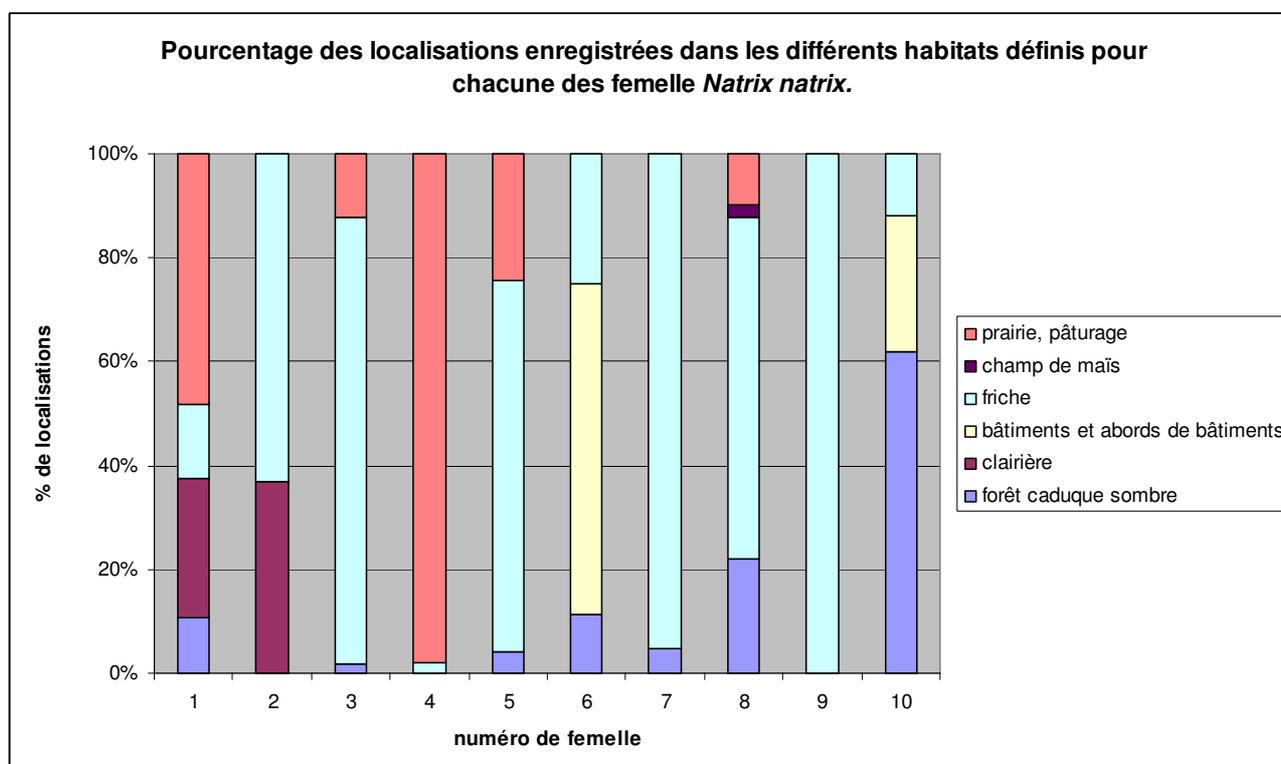


8.6 Sélection et utilisation de l'habitat :

Les 10 catégories d'habitats définies et représentatives de l'occupation du sol du domaine d'étude, n'ont pas été utilisées de la même manière par les différentes femelles *Natrix natrix*. Cependant, les catégories parcs, étangs, mares et bordures, bassins de cultures de plantes aquatiques et verger, n'ont été utilisées par aucune des dix femelles durant la période de suivi. Les principaux habitats utilisés par les serpents sont les catégories de **friche** (1.96 % à 100 % en fonction des individus) en moyenne 53.48 % pour les 10 individus, de

forêt caduque sombre (0 % à 61.76 % en fonction des individus) en moyenne 11.62 % et la catégorie **prairies et pâturages** (0% à 98.04 % en fonction des individus) en moyenne 19.26 % (**graphique 6**). La catégorie **clairière** a été utilisée par deux des dix individus à raison de 26.8 et de 37.04 %, la catégorie **bâtiments et abords de bâtiments** à également été utilisée par deux des dix individus à raison de 26.47 et 63.64 %, enfin, la catégorie **champ de maïs** n'a été utilisée que par une seule des dix femelles à raison de 2.44 % (**tableau 5 en annexe**). Seule une des dix femelles *Natrix natrix* est restée dans le même habitat tout au long de la période de suivi ainsi, 100% des localisations ont été enregistrées dans la catégorie friche, les autres femelles ont, quant à elles, utilisé au minimum 2 catégories tout au long de la période de suivi (**graphique 6**).

Graphique 6 : Pourcentage des localisations enregistrées dans les différents habitats définis pour chacune des dix femelles *Natrix natrix*.



Le pourcentage des localisations attribuées aux différentes catégories varie aussi avec les différents mois de suivis (**tableau 6**). Ainsi, on peut remarquer une augmentation au cours du temps de l'utilisation de l'habitat de forêt caduque sombre, contrairement à l'habitat de clairière qui n'est utilisé par les couleuvres que pendant le mois d'avril et le mois de mai. Les catégories d'habitats « friche » et « prairies » sont relativement bien utilisées par les couleuvres pendant toute la durée du suivi avec respectivement un plateau aux mois de mai et juin pour la catégorie friche et une augmentation aux mois de mai, juin et juillet pour la catégorie prairies et pâturages. La catégorie bâtiment et abords de bâtiment, quant à elle, est principalement utilisée durant le mois de juin (voir **Graphique 7 en annexe**). D'une manière générale, la majorité des localisations se situent dans les habitats de friche, de prairie et de forêt caduque sombre.

Tableau 6 : Changement dans l'utilisation de l'habitat au cours des différents mois exprimé en pourcentage de localisations enregistrées dans les différentes catégories d'habitats fréquentés. Les moyennes par mois pour les dix femelles *Natrix natrix* sont données ainsi que, entre parenthèses, l'étendue des proportions pour les individus.

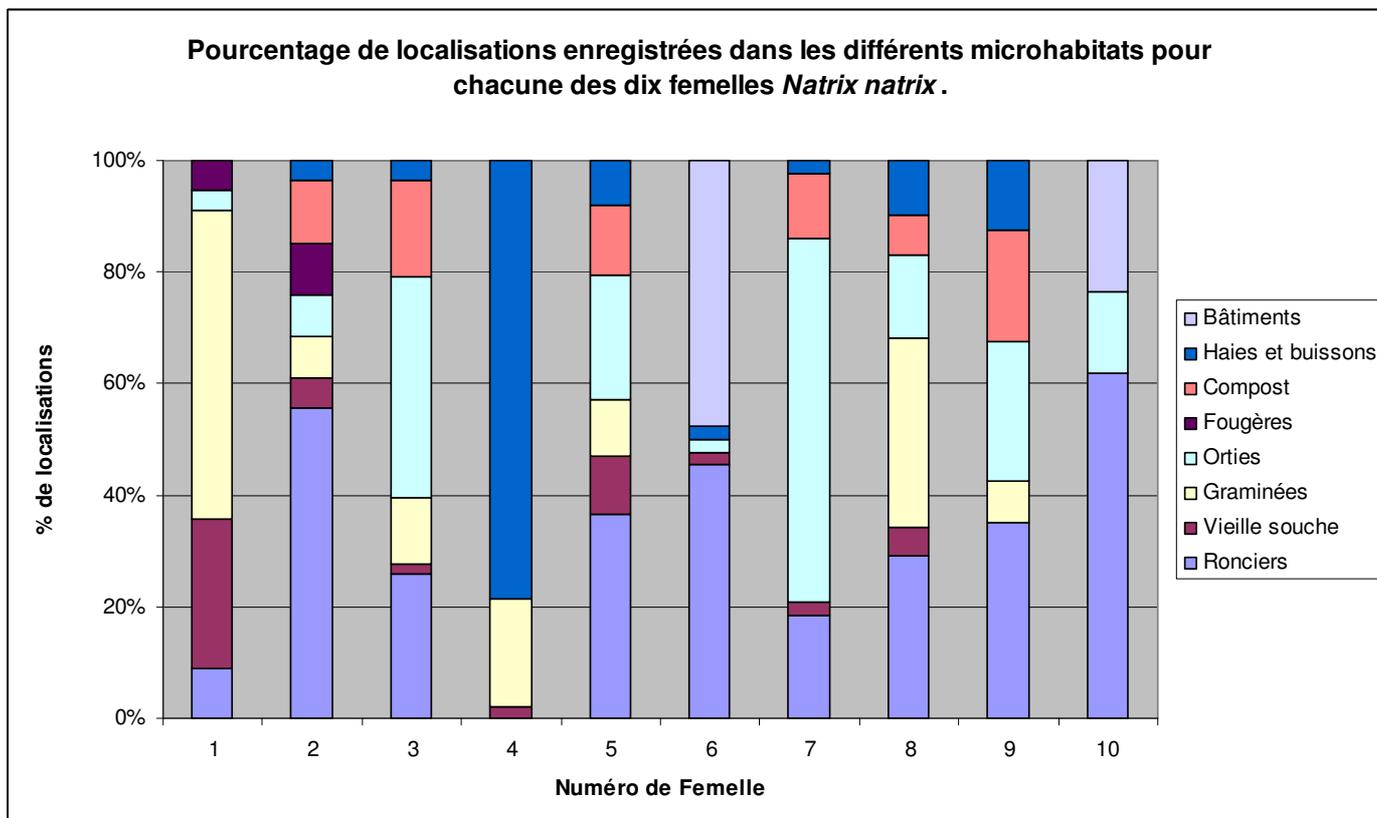
	Avril	Mai	Juin	Juillet
Forêt caduque sombre	0	10.07 (0 – 100)	8.61 (0 – 50)	14.74 (0 – 60)
Clairière	55.55 (0 – 100)	14.39 (0 – 76.47)	0	0
Bâtiments et abords de bâtiments	0	1.44 (0 – 15.38)	13.87 (0 - 90.91)	6.32 (0 – 66.66)
Friche	29.63 (0 – 100)	59.71 (0 – 100)	58.85 (0 – 100)	38.95 (0 – 100)
Champ de maïs	0	0	0	1.05 (0 – 12.5)
Prairie, Pâturage	14.81 (0 – 100)	14.39 (0 – 100)	18.66 (0 – 95.24)	38.95 (0 – 100)

8.7 Sélection et utilisation des microhabitats :

Comme pour les habitats, le calcul des pourcentages de localisations enregistrées dans les différents types de microhabitats a été calculé pour les dix femelles *Natrix natrix*. En général, tous les microhabitats sont relativement bien utilisés par les individus (voir **tableau 7 en annexe**) sauf le microhabitat de végétation à prédominance de **fougères aigles** et le microhabitat de **bâtiments** qui ne sont utilisés que par deux des dix individus (**Graphique 8**).

Les principaux microhabitats utilisés sont la végétation à prédominance de **ronciers** avec en moyenne 31.72 % pour les dix individus (0% à 61.76 % en fonction des individus), la végétation à prédominance d'**orties** avec en moyenne 19.48 % pour les dix individus (0% à 65.11 % en fonction des individus), la végétation à prédominance de **graminées** avec en moyenne 14.63 % pour les dix individus (0 % à 55.36 % en fonction des individus), la végétation de haies et de buissons avec en moyenne 12.06 % pour les dix individus (0 % à 78.43 % en fonction des individus). Les composts et fumiers sont utilisés à raison de 7.95 % pour les dix individus (0 % à 20 % en fonction des individus). Les vieilles souches, tas de branches mortes et le bois mort sont utilisés à raison de 5.57 % en moyenne pour les dix individus (0 % à 26.79 % en fonction des individus). La végétation à prédominance de fougères est utilisée à raison de 1.46 % pour les dix individus (0 % à 9.27 % en fonction des individus). Enfin, les bâtiments sont utilisés à raison de 7.13 % pour les dix individus (0 % à 47.73 % en fonction des individus) (voir **tableau 7 en annexe**).

Graphique 8 : Pourcentage des localisations enregistrées dans les différentes catégories de microhabitats pour chacune des dix femelles *Natrix natrix*.



Le pourcentage de localisations attribuées aux différents microhabitats varie aussi en fonction des différents mois de suivi (**tableau 8**). Ainsi, on peut remarquer une diminution au cours du temps de l'utilisation des microhabitats de végétation à prédominance d'**orties**, de végétation à prédominance de **fougères** et de végétation de **haies et de buissons**. Par contre, le microhabitat de végétation à prédominance de **graminées** augmente au cours des différents mois de suivi. Les microhabitats de **bâtiments** et de **compost, fumiers** atteignent, quant à eux, un pic au mois de juin. Le microhabitat de **vieilles souches** est relativement bien utilisé au mois d'avril, mais son utilisation décroît graduellement jusqu'en juin, avant de réaugmenter au mois de juillet. Enfin, le microhabitat à prédominance de **ronciers** est le plus utilisé de tous, mais diminue de moitié en juin, son utilisation est par contre importante en juillet (voir **graphique 9 en annexe**).

Tableau 8 : Changement dans l'utilisation du microhabitat au cours des différents mois exprimé, en pourcentage de localisations enregistrées dans les différentes catégories de microhabitats fréquentées. Les moyennes par mois pour les dix femelles *Natrix natrix* sont données ainsi que, entre parenthèses, l'étendue des proportions pour les individus.

	Avril	Mai	Juin	juillet
Ronciers	29.63 (0 – 100)	37.41 (0 – 69.23)	19.14 (0 – 50)	45.26 (0 – 100)
Vieille souche	33.33 (0 – 87.5)	7.19 (0 – 46.66)	0.48 (0 – 4.54)	11.59 (0 – 50)
Graminées	0	2.16 (0 – 20)	20.57 (0 – 82.61)	25.26 (0 – 90)
Orties	18.52 (0 – 71.43)	25.18 (0 – 85.71)	19.62 (0 – 71.43)	8.42 (0 – 30)
Fougères	3.7 (0 – 12.5)	4.32 (0 – 35.29)	0.96 (0 – 8.7)	0
Compost	0	5.04 (0 – 33.33)	14.35 (0 – 31.81)	1.05 (0 – 12.5)
Haies et buissons	14.81 (0 – 100)	17.27 (0 – 100)	11.96 (0 – 85.71)	8.42 (0 – 50)
Bâtiments	0	1.44 (0 – 15.38)	12.92 (0 – 90.48)	0

8.8 Utilisation des lisières :

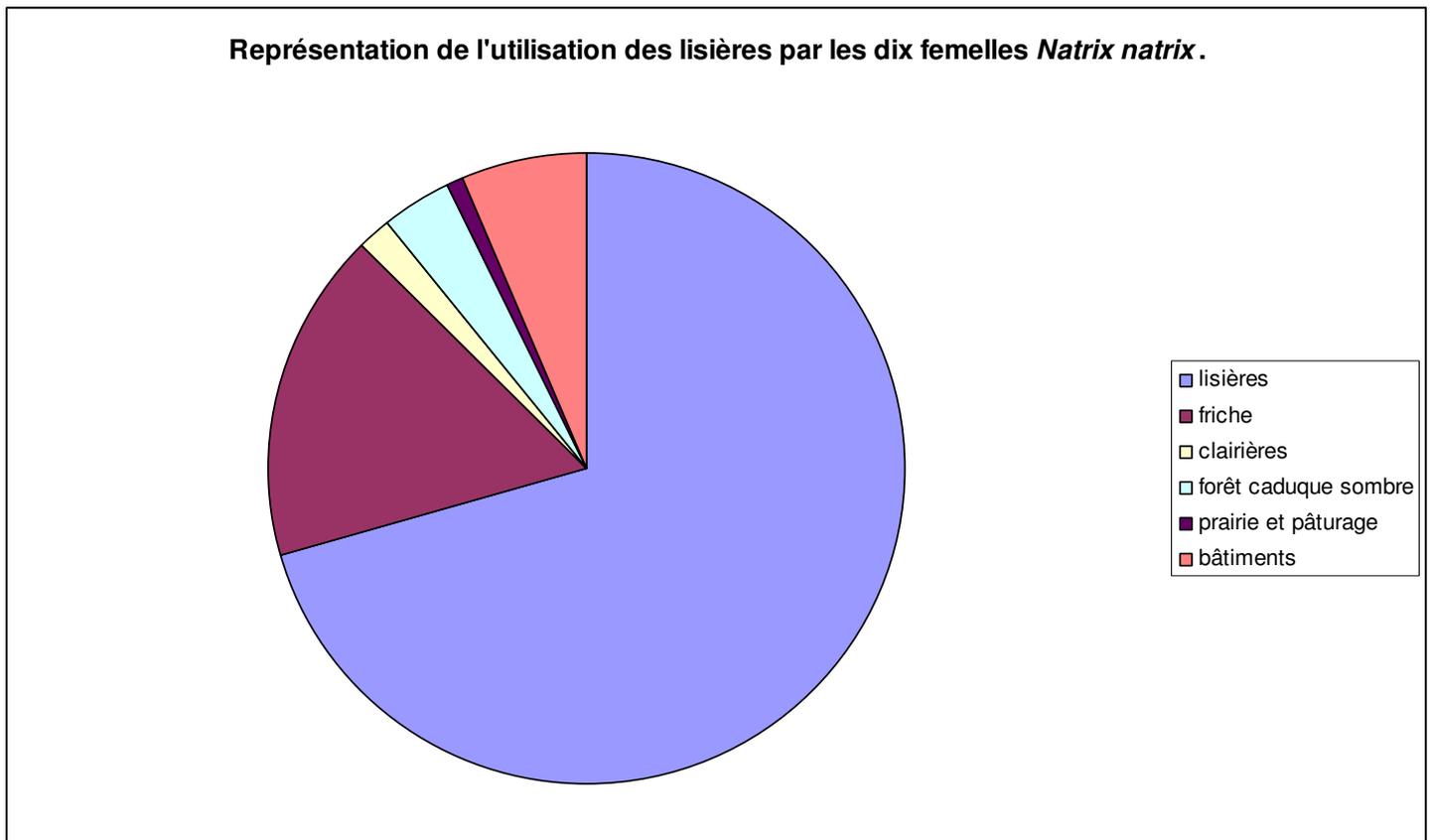
Dans le but de connaître le pourcentage d'**utilisation des lisières** par les couleuvres à collier, une zone tampon de 10 mètres, de part et d'autres des limites des habitats définis (donc 20 mètres au total), a été réalisée. Un exemple de ces zones tampons et des localisations enregistrées au sein de ces mêmes zones est donné en annexe (**carte 14 et 15**). Le pourcentage de points tombant dans ces zones tampons nous a donc fourni le pourcentage d'utilisation des **lisières** par les femelles *Natrix natrix*. Le terme lisière désigne ici la transition entre deux milieux particuliers, il s'agit donc des lisières forestières, des lisières de prairies, des lisières de clairières, etc. Le **tableau 9** donne pour chaque individu le pourcentage des localisations tombant dans les lisières.

Tableau 9 : Pourcentages de localisations tombant dans les milieux de lisières pour les dix femelles *Natrix natrix* suivies par radiotéléométrie.

Femelles <i>Natrix natrix</i>	Pourcentage d'utilisation des milieux de lisières
F1	83.93
F2	59.26
F3	82.76
F4	96.3
F5	57.14
F6	45.46
F7	62.79
F8	92.68
F9	60
F10	64.71

La moyenne pour les dix femelles de l'utilisation des lisières est de $70.5 \% \pm 17.07 \%$ (de 45.46 à 96.3 % en fonction des différents individus). Les pourcentages calculés sur l'ensemble des localisations (470 points) nous donnent le **graphique 10** qui représente l'utilisation des lisières par rapport aux différents habitats définis. Ainsi, 70.5% des localisations sont réparties dans **les lisières**, 17.5 % dans les **friches**, 3.5 % dans la **forêt caduque sombre**, 1.5 % dans les **clairières**, 0.85 % dans les **prairies et pâturages**, 6.15 % dans les **bâtiments**.

Graphique 10 : Représentation de l'utilisation des zones de lisières par les dix femelles *Natrix natrix*.

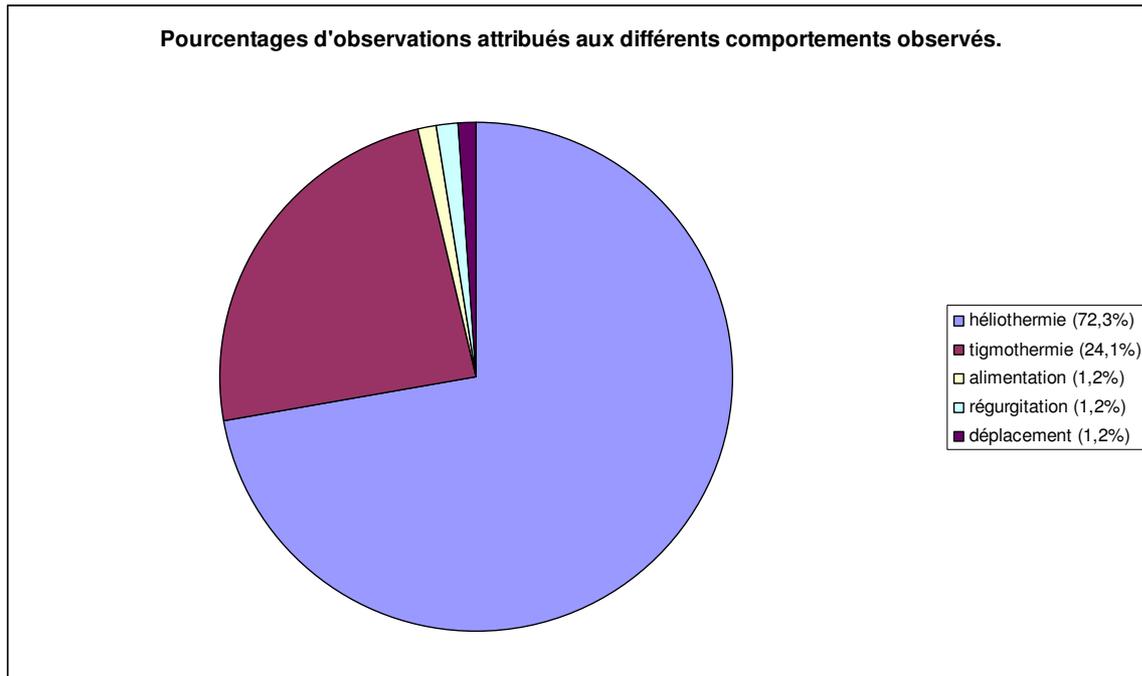


8.9 Analyse des comportements observés :

Les serpents suivis par radiotélémétrie ont été vus 75 fois, ainsi dans 15.96 % des localisations, l'animal était visible. Cependant, grâce à la précision de la technique de radiotélémétrie, la présence d'un serpent sous une plaque ou une bâche, a pu être déterminée avec certitude et cela sans que l'animal soit visible, portant ainsi le nombre à 83. Ainsi, dans 36.14 % des cas, les serpents étaient en « **basking** » ou **héliothermie** (défini comme une position passive de l'animal qui est exposé au soleil, ou en partie, et effectuant sa thermorégulation), 28.93 % des cas ont été attribués à des **fuites**. Cependant, l'entièreté des serpents qui ont été vus en fuite étaient préalablement en héliothermie, et donc le pourcentage de serpents vus en héliothermie est de 65.07 %. 21.69 % des localisations ont été attribuées à des **tigmothermies** (thermorégulations sous une plaque ou sous une bâche), 4.82% des localisations ont été attribuées à des **mues** (signes extérieurs tels peau sombre ou yeux opaques), cependant dans la moitié des cas le serpent était en héliothermie et dans l'autre moitié des cas en tigmothermie lorsque le comportement de mue a été observé, portant ainsi le pourcentage d'héliothermie à 67.48% et celui de tigmothermie à 24.1 %. 1.2 % des

localisations ont été attribuées à un **déplacement**, 1.2% à une **prise alimentaire** d'un crapaud commun (*Bufo bufo*), 1.2 % à une **régurgitation** de crapaud commun (*Bufo bufo*), et enfin, dans 4.82 % des cas, les serpents ont été vus en train de **digérer** (définis comme un renflement visible au niveau de l'estomac), ces serpent étaient, eux aussi, en héliothermie ce qui porte finalement le pourcentage de ce comportement à 72.3 % (**graphique 11**). 50.82 % des sites d'héliothermie sont localisés dans les habitats de friches, 26.23 % dans les prairies et pâturages, 13.11 % dans la forêt caduque sombre, 8.2 % dans les clairières et 1.64 % dans la catégorie bâtiments et abords de bâtiments.

Graphique 11: Pourcentages d'observations attribués aux différents comportements observés.



En ce qui concerne les **périodes de mues**, les premiers signes détectés chez les serpents équipés d'un émetteur ont été enregistrés à la mi-mai pour un des individus (peau très sombre), le 30 mai pour deux autres individus (yeux opaques) (**voir figure 19**), et le 8 juin pour un autre individu (yeux opaques).

Figure 19 : Couleuvre à collier (*Natrix natrix*) montrant les signes (yeux opaques) d'une mue imminente.
Photo : Martin Goblet.





Photos de quelques comportements observés lors de l'étude avec, de haut en bas et de gauche à droite, un comportement de déplacement, un comportement d'alimentation (la proie est ici un crapaud commun *Bufo bufo*), un comportement d'héliothermie et de tigmothémie (ici sous plaque métallique).

Photos : Julie Pittoors.

9. Discussion

9.1 Validité de la technique de radiotéléométrie, impact de l'insertion des émetteurs et captivité :

La **radiotéléométrie** nous a permis de suivre les différentes femelles très précisément dans l'entièreté de leurs mouvements. Cette technique nous a aussi permis d'observer divers comportements, d'obtenir des données importantes sur les périodes de pontes et leurs lieux, ou encore sur les lieux les plus fréquentés. Pour la réalisation de cette étude, nous avons pris diverses précautions afin de limiter au maximum tout désagrément à nos couleuvres. En effet, nous avons choisi les individus ayant des tailles assez grandes pour éviter une trop grande gêne due à l'émetteur et à l'antenne, nous avons également respecté un certain ratio poids de la couleuvre / poids de l'émetteur dans ce même but. Toutes les précautions en matière d'opération, de stérilisation et de maintien en captivité ont également été respectées au maximum.

Au terme de notre étude nous n'avons enregistré aucun comportement aberrant de la part des couleuvres, de même, aucune **mortalité** imputable à l'implantation des **émetteurs** de radiotéléométrie ou suite à un évènement de prédation n'ont été enregistrées. Dans l'étude réalisée par Lelièvre (2005), dans l'ouest de la France sur 8 couleuvres vertes et jaunes (*Hierophis viridiflavus*), trois couleuvres sont mortes du à une mauvaise cicatrisation et une infection généralisée suite à l'implantation des émetteurs de radiotéléométrie. Dans l'étude radiotéléométrique réalisée par Bittel (2001) en suisse sur 18 individus appartenant à deux espèces de serpents (*Coluber viridiflavus* et *Elaphe longissima*), six serpents ont été retrouvés morts après perte du signal radio. Aucune mortalité suite à l'implantation des émetteurs n'ayant été observées dans notre étude, on pourrait conclure à l'absence d'invasivité des ceux-ci et à de bonnes conditions d'opération et de stérilisation lors de l'implantation.

Dans l'étude réalisée par Wisler (2008) en Suisse sur dix individus femelles *Natrix natrix*, deux couleuvres sont mortes, une pour cause de prédation, l'autre tuée par une machine agricole. Une des hypothèses que l'on pourrait émettre quant à l'absence d'évènements de prédation sur nos couleuvres serait l'importante densité de population rencontrée sur notre site d'étude. Cette densité importante réduirait ainsi la probabilité pour un individu de subir un évènement de prédation. Le domaine vital réduit des couleuvres de notre étude pourrait aussi jouer un rôle quant à l'absence de mortalité. En effet, le domaine vital étant réduit, les chances pour qu'une route traverse celui-ci sont réduites et donc la probabilité de mortalité sur les routes diminue également. Cependant, la durée du suivi des couleuvres à collier réalisé par Wisler (2008) est plus longue que notre période de suivi qui stoppait mi – juillet, il n'est donc pas à exclure qu'un évènement de prédation se produise.

En ce qui concerne la détention en **captivité**, la femelle 1 est restée longtemps en terrarium (au total 14 jours) pour cause de fermeture temporaire de la clinique vétérinaire et a certainement perdu du poids du à cette détention en terrarium chauffé à 25°C. En effet, la chaleur ambiante amène l'animal à une température corporelle élevée et donc à un

métabolisme élevé, ce qui a probablement engendré une perte de poids, d'autant plus que les animaux détenus en captivité n'ont pas été nourris en prévision des opérations.

9.2 Domaines vitaux, utilisation de l'espace et méthode de calcul :

L'étendue des **domaines vitaux** des couleuvres à colliers de notre étude est d'en moyenne 4.99 ± 4.47 hectares, (étendue de 1.2 à 14.28 hectares). Ces résultats sont largement inférieurs à ceux trouvés par Wisler (2008), en Suisse sur une population femelle de *Natrix natrix*. En effet, dans cette étude réalisée en milieu agricole, les domaines vitaux des couleuvres sont d'en moyenne 39.7 ± 34.5 hectares, (étendue de 15.1 à 120.5 hectares). Cependant, cette étude s'est déroulée à partir du mois d'avril jusqu'au mois d'août tandis que notre étude s'est arrêtée à la mi – juillet, des valeurs plus élevées concernant la taille du domaine vital sont donc susceptibles d'être enregistrées. Une hypothèse que l'on pourrait émettre quant à cette divergence des résultats serait que notre site d'étude offrait à la population étudiée l'ensemble de leurs besoins et cela sur de courtes distances, les femelles *Natrix natrix* devaient donc se déplacer moins loin pour satisfaire leurs besoins. En effet, la structure de l'habitat et les ressources disponibles sont connues comme ayant un effet sur les mouvements et la taille des domaines vitaux (Gregory et al., 1987 in Wisler et al., 2008). Dans l'étude réalisée par Wisler (2008) en milieu agricole, les serpents devaient donc certainement couvrir de plus grandes distances pour satisfaire l'ensemble de leurs besoins (reproduction, ponte, alimentation,..) et donc avoir de plus grands domaines vitaux. Une autre hypothèse que l'on pourrait émettre quant à la taille réduite des domaines vitaux est l'absence de compétition. En effet, la seule espèce d'ophidiens présente sur notre domaine d'étude est la couleuvre à collier, l'absence de **compétition interspécifique** n'obligerait donc pas les couleuvres à étendre leurs domaines vitaux pour satisfaire l'ensemble de leur besoins.

Beebee et Griffiths (2000), quant à eux, renseignent des domaines vitaux de 10 hectares pour les mâles de *Natrix natrix* et de 13 hectares pour les femelles. Brown (1991) (in Beebee et Griffiths, 2000) montre par ailleurs que la taille des domaines vitaux des couleuvres à collier est très variable et peut aller de 0.5 à 33 hectares. Madsen (1984), dans son étude télémétrique réalisée dans le sud de la Suède sur des couleuvres à collier, mentionne des tailles de domaines vitaux de 9.9 hectares pour les mâles et de 13.6 hectares pour les femelles. Mertens (1992), quant à lui, renseigne des valeurs moyennes de 10.9 hectares pour les mâles et de 14.5 hectares pour les femelles *Natrix natrix*, dans son étude réalisée dans la région de Marburg en Allemagne. Selon Günther et Volkl (1996), la taille du domaine vital des adultes de *Natrix natrix helvetica* est comprise entre 8 et 30 hectares (en moyenne 15 ha pour les deux sexes). En ce qui concerne les **comparaisons interspécifiques**, l'étude de Bittel (2001) réalisée sur deux espèces de couleuvres, nous apprend que la taille moyenne des domaines vitaux est de 0.28 hectare pour les couleuvres vertes et jaunes (*Coluber viridiflavus*) et de 1.14 hectares pour les couleuvres d'esculape (*Elaphe longissima*). Naulleau (1996), renseigne des domaines vitaux de $0.64 \text{ ha} \pm 0.62$ pour les femelles reproductrices de *Vipera aspis* (MCP), dans un milieu bocager dans le centre-ouest de la France. En comparaison des autres espèces, la couleuvre à collier semble donc être une espèce plus mobile que les autres, même si des différences au niveau intraspécifique peuvent apparaître.

La technique des **polygones convexes minimum** (MCP) utilisée pour le calcul des domaines vitaux se conforme, en général, de façon acceptable aux zones fréquentées par nos couleuvres. En effet, un des désavantages majeur de cette technique réside dans le fait que l'aire calculée inclut fréquemment de larges zones qui ne sont jamais utilisées par l'animal et que cette technique ignore les patterns de sélection dans ce domaine vital (Powell, 2000 ; Taulman and seaman, 2000 in Row and Blouin-Demers, 2006). Dans nos polygones calculés,

on remarque effectivement que certaines zones incluses dans le domaine vital ne contiennent aucune localisation de l'animal. Ce fait est le plus marquant pour la **femelle 4** qui, tout au long du suivi, s'est déplacée le long d'éléments linéaires du paysage (haies d'aubépines) et dont le domaine vital calculé contient, en majorité, des zones qui n'ont jamais été fréquentées (voir annexe **carte 19**). Le domaine vital réel de cette femelle est donc beaucoup moins étendu que le résultat fourni par la technique des polygones convexes. Dans l'étude réalisée par Nagy et al. (1998), en Hongrie sur une population de couleuvres à collier (*Natrix natrix*), la technique des polygones convexes n'a pas été utilisée en raison du biais qu'elle apporte. En effet, les couleuvres de cette étude utilisaient principalement les éléments linéaires du paysage pour se déplacer (digues, berges), les mouvements résultant alors en des mouvements linéaires.

9.3 Mouvements saisonniers :

En ce qui concerne les mouvements saisonniers et les **distances moyennes couvertes par jour**, nos résultats indiquent un déplacement de 15.21 mètres par jour au mois d'avril, de 22.14 m / j au mois de mai, de 27.53 m / j au mois de juin et de 36.3 m / j au mois de juillet. Nagy et al. (1998) dans leur étude télémétrique en Hongrie sur des couleuvres à collier, ont enregistré les plus grands mouvements, de deux femelles équipées d'un émetteur, pendant la période de reproduction au début du printemps (en moyenne 71 m / j, et même jusque 230 m / j). Dans l'étude de capture – marquage – recapture (CMR) réalisée par Zuiderwijk et al. (1998) sur une métapopulation de couleuvres à collier aux alentours d'Amsterdam, les résultats ont montrés que la plupart des individus (77 %) restaient dans un rayon de 200 mètres à partir lieu de capture. Un petit nombre effectuaient cependant des mouvements de plus de 1000 mètres, notamment pour atteindre une autre sous- population. Nos résultats ont montré que les **déplacements** de quelques **centaines de mètres** n'étaient pas rares, les plus grands déplacements que nous ayons enregistrés se déroulant pour atteindre le lieu de ponte. Ces résultats ne sont pas isolés, en effet, d'après Beebee et Griffiths (2000), les mouvements journaliers de 120 mètres ou plus ne sont pas inhabituels. Brown (1991) (*in* Beebee et Griffiths, 2000) dans une étude réalisée à Hampshire montre que, bien que les distances journalières couvertes par les couleuvres à collier soient de l'ordre d'un dizaine de mètres, des mouvements de 300 mètres ou plus sont réalisés en certaines occasions. Mertens (1992) (*in* Beebee et griffiths, 2000) à, quant à lui, noté des déplacements d'une amplitude de 460 et de 750 mètres pour les couleuvres a collier et Daan (1978) (*in* Beebee et Griffiths, 2000) un déplacement de 800 mètres. Nos résultats indiquent également que 13.04 % des déplacements entre deux localisations successives sont de 100 mètres et plus (résultat calculé sur 460 localisations). Mertens (1994) mentionne quant à lui des changements conséquents de places, de 120 mètres et plus, dans 9.7 % des cas (résultat calculé sur 424 localisations). En ce qui concerne les **comparaisons interspécifiques**, Naulleau et al. (1996) mentionnent un déplacement moyen de 5.01 m/ j pour les vipères aspics (*Vipera aspis*) dans le centre ouest de la France. Bittel (2001) dans l'étude réalisée en Suisse sur deux espèces de couleuvres renseignent des déplacements moyen de 51 m/ j pour la couleuvre verte et jaune (*Coluber viridiflavus*) et de 47.9 m/ j pour la couleuvre d'esculape (*Elaphe longissima*).

9.4 Sites et périodes de pontes :

Dans notre étude, la **ponte** des femelles *Natrix natrix* s'est déroulée fin juin pour l'ensemble des individus. Ce résultat est aussi renseigné chez Wisler (2008) lors de son étude en Suisse sur dix femelles couleuvres à collier. Beebee et Griffiths (2000), quant à eux,

renseignent la période de juin – juillet. Ces résultats diffèrent cependant de ceux mentionnés chez certains auteurs. En effet, Grillitsch et al. (1999) mentionnent les périodes de juillet et août pour la ponte chez cette espèce, alors que Luiselli et Capula (1997) renseignent la période de fin juillet (du 17 au 30 juillet) pour la plupart des femelles *Natrix natrix*. Cependant, cette étude s'est déroulée dans les Alpes italiennes où le climat est assez froid, on peut donc s'attendre à une différence de période de ponte chez cette population montagnarde. Ainsi, une hypothèse que l'on pourrait émettre, quant à ces différences de périodes de pontes, serait une relation au climat, les populations de couleuvres à collier vivant dans des climats plus froids que les nôtres retarderaient ainsi la ponte.

Trois sites de pontes présumés ont été utilisés par les couleuvres de notre étude. Le premier site, un **tas de compost**, a été fréquenté par plus de la moitié des individus suivis (six des dix femelles). Wisler (2008) a aussi recensé, lors de son étude sur dix femelles *Natrix natrix*, un milieu de compost comme lieu de ponte privilégié, celui-ci ayant aussi été fréquenté par 6 individus. Les milieux de compost semblent donc être des milieux très prisés par les couleuvres à collier comme le décrivent Grillitsch et al. (1999). Hofer (2005) lors de son étude sur les milieux de pontes de la couleuvre à collier mentionne également la préférence de cette espèce pour les **milieux de pontes organiques**, principalement les composts, et mentionne notamment la qualité de ces milieux pour l'incubation des œufs.

Le deuxième site présumé, soit un **trou dans un mur** d'un des bâtiments de l'université à l'intérieur duquel fonctionne une chaudière, a attiré deux des dix individus suivis par radiotélémetrie. Grillitsch et al. (1999) énumèrent différents sites de pontes fréquentés en général par les couleuvres à colliers et mentionnent notamment des fissures et des trous dans des murs de fours à pain extérieurs. Smith (1951) (*in* beebie et Griffiths, 2000) mentionne également ce milieu comme lieu de ponte utilisé par l'espèce. Cette situation se rapproche donc de notre site de ponte présumé. En effet, la chaudière dégageant, comme nous avons pu le constater, beaucoup de chaleur, a certainement attiré ces femelles couleuvres pour déposer leurs œufs. On pourrait toutefois se poser la question de **l'optimalité de ce milieu** en ce qui concerne les conditions d'incubation. En effet, Hofer (2005) lors de son étude sur les milieux de pontes de la couleuvre à collier, a mis en évidence le caractère suboptimal, pour l'incubation des œufs, des températures rencontrées sous des **matériaux inorganiques** en l'occurrence ici des plaques de béton déposées sur le sol ou sur un mélange terre/sable. Cet auteur a par ailleurs enregistré de plus faibles températures moyennes et des fluctuations plus élevées dans ces deux substrats inorganiques, ainsi que des taux d'éclosion plus faibles des œufs qui avaient été déposés à cet endroit. Ainsi, on pourrait se poser la question du taux de succès d'éclosion des pontes qui ont été déposées dans le trou dans le mur, donc un **substrat inorganique**. La chaudière ne fonctionnant peut être pas en continu, les œufs seraient ainsi exposés à des fluctuations de températures.

Le troisième site de ponte présumé est un **tas de terres érépées**. Ces terres proviennent d'un lieu bénéficiant de mesures de gestions pour le maintien de landes. L'ensemble des terres érépées est rassemblé à un même endroit sur notre site d'étude. Ces terres ne contiennent cependant pas énormément de matières organiques, on pourrait donc penser que les femelles couleuvres à collier ayant pondu à cet endroit se soit servies de terriers de micromammifères pour déposer leurs œufs, ce tas de terres étant bien exposé au soleil.

Au cours du suivi, une seule des dix couleuvres ne s'est rendue à aucun des sites de pontes présumés. Deux hypothèses sont avancées. Soit cet individu a pondu à un endroit que nous n'avons pu détecter comme site éventuel de ponte. Cependant, cette femelle étant restée,

durant toute la durée du suivi, dans une végétation de haies d'aubépines et d'orties, le site de ponte pourrait alors être un terrier de micromammifères, site de pontes mentionnés par Grillitsch et al. (1999). L'autre hypothèse avancée est que cette femelle pourrait ne pas avoir été gravide cette année. Pour vérifier cette hypothèse, la capture de l'individu aurait pu être réalisée et au vu de son état (les femelles étant souvent très minces après la ponte) nous aurions pu en déduire si oui ou non elle avait pondu. Cependant, malgré la précision de la technique de radiotélémetrie et la réception d'un signal, cette femelle n'a pu ni être vue, ni capturée après la fin de la période de ponte qui s'est probablement déroulée fin juin.

9.5 Suivis journaliers intensifs :

En ce qui concerne les suivis intensifs, les résultats obtenus sont en accord avec ceux trouvés par Wisler (2008) en Suisse sur une population femelle de couleuvres à colliers. En effet, les **distances couvertes par heure** par les femelles *Natrix natrix* ne diffèrent pas suivant les périodes de la journée. Par contre, celles-ci diffèrent significativement entre les différents mois de suivis. Les distances couvertes par heure sont assez semblables aux distances renseignées par Wisler (2008), puisque mes résultats font état d'un déplacement moyen de 14.51 mètres au mois de juin et de 25.89 mètres au mois de juillet, tandis que les déplacements trouvés par Wisler (2008) sont de 16.6 mètres en juin et de 34.8 mètres en juillet. Ces résultats indiquent que même si les domaines vitaux des couleuvres de notre étude sont réduits, les mouvements au sein de ces domaines vitaux sont présents et ne sont pas limités.

Nos résultats indiquent une différence significative entre les déplacements réalisés par heure en juin et en juillet, ceux-ci étant moins importants au mois de juin. Ces résultats proviennent certainement du fait que le mois de **juin** correspond à la **période de ponte** et donc, mis à part le déplacement pour atteindre ce site, les couleuvres passeraient plus de temps, au mois de juin qu'au mois de juillet, dans des activités d'héliothermie, dans le but d'accélérer le **développement embryonnaire**. D'ailleurs, comme le mentionne Madsen (1987), lors d'une étude réalisée au sud de la Suède chez des couleuvres à colliers, l'activité d'héliothermie est exercée significativement plus souvent avant l'oviposition qu'après celle-ci. Les couleuvres passant donc plus de temps au mois de juin en héliothermie bougeraient donc moins en cette période par rapport au mois de juillet.

Les résultats de l'analyse des déplacements en rapport avec les données météorologiques ont confirmés notre hypothèse suivant laquelle les mouvements des couleuvres à collier étaient corrélés positivement avec la **température de l'air**. Ce résultat est par ailleurs en accord avec ce que Mertens (1994) affirme. En effet, d'après cet auteur, les grands déplacements ont lieu seulement pendant les jours chauds et ensoleillés. Aussi, d'après Mertens (1994) les jours chauds et humides semblent avoir un effet positif sur la tendance aux grands déplacements et les jours froids et pluvieux, quant à eux, sembleraient réduire ou stopper ceux-ci. D'après nos résultats, l'**humidité** de l'air serait corrélée négativement avec les déplacements tandis que la **pluviométrie** serait corrélée positivement à ceux-ci. Ces résultats proviennent certainement du fait que nous n'avons effectué les périodes de suivis intensifs que lors des jours de beaux temps principalement. Les résultats obtenus mettraient ainsi en avant l'importance de la température de l'air par rapport aux autres facteurs météorologiques. Ainsi, la pluviométrie aurait un effet positif sur les déplacements mais uniquement si la température de l'air est élevée et aurait un effet contraire lors des jours plus

frais. De même, l'humidité aurait un effet négatif sur les déplacements mais associé à un jour chaud ne les réduiraient pas, la température étant le facteur principal influençant ceux-ci, un jour froid et humide aurait, lui, un effet négatif sur les déplacements. La pluviométrie ou l'humidité n'auraient donc pas de lien direct avec les déplacements, ceux-ci étant influencés prioritairement par la température de l'air.

9.6 Utilisation et sélection des lisières, des habitats et des microhabitats :

Les résultats que nous avons obtenus quant à l'utilisation des habitats confirment nos hypothèses. En effet, le calcul du pourcentage de points tombant dans les milieux de lisières (transition entre deux milieux particuliers), nous a démontré que, avec une utilisation de 70.5%, **les lisières** sont des endroits très prisés par les couleuvres à collier. Ces résultats ne sont pas isolés. Dans l'étude réalisée par Wisler et al. (2008) en Suisse sur une population de couleuvres à collier, il s'avère que les lisières sont utilisées par les différents individus à raison de 9.3 à 79.6 %. Mertens (1992) dans son étude, également sur les couleuvres à collier, mentionne les lisières forestières comme étant un des habitats préférés de cette espèce. Les couleuvres à collier ne sont pas les seuls ophidiens à utiliser cet habitat. En effet, dans l'étude réalisée par Carfagno et Weatherhead (2006) sur les couleuvres obscures (*Elaphe obsoleta*) et sur les couleuvres agiles (*Coluber constrictor*) il s'avère que les lisières sont significativement préférées par les couleuvres agiles en comparaison des autres habitats. Scali et al. (2008), dans leur étude sur la sélection de l'habitat des couleuvres vertes et jaunes (*Hierophis viridiflavus*), montrent aussi que les habitats de lisières sont préférés à toutes les autres catégories d'habitats et l'étude réalisée par Lelièvre (2005) sur cette même espèce confirme également que les lisières de buissons sont utilisées par les individus suivis. Plusieurs études démontrent ainsi l'importance des lisières pour les serpents.

Mis à part les lisières, les habitats relativement bien utilisés par les couleuvres à collier sont les **habitats de friches**, qui ont des caractéristiques communes avec les lisières. L'utilisation des habitats varie cependant avec le temps, ainsi, l'habitat de **prairies et pâturages**, lui aussi, relativement bien utilisé par les couleuvres (surtout les ourlets herbeux) voit son utilisation s'accroître au cours du temps. Ce fait d'utilisation variable des habitats avec le temps pourrait peut-être s'expliquer par la différence dans le couvert végétal. En effet, l'utilisation croissante de la catégorie « prairie » pourrait être corrélée avec la pousse du **couvert végétal**, les serpents n'utilisant les **ourlets herbeux** que s'ils ont la possibilité d'être cachés parmi les herbes hautes. Ainsi, en début de saison et après la sortie d'hibernation, quand la couverture végétale est encore basse, on remarque que le principal habitat utilisé est l'habitat de clairière, au mois de mai et juin c'est l'habitat de friche, et au mois de juillet, l'habitat de friche et de prairie prennent des valeurs d'utilisation semblable. Naulleau (1996), dans son étude sur la vipère aspics (*Vipera aspis*) a par ailleurs montré que, à partir du mois d'avril, l'occupation de l'espace de la vipère aspics change progressivement avec le développement de la végétation, le couvert végétal devant être dense et bien exposé.

Wisler et al. (2008) lors de leur étude sur une population de couleuvres à collier en Suisse enregistrent la plupart des localisations dans les monocultures en juillet, les monocultures étant un habitat utilisé à raison de 2.3 % à 58.9 % en fonction des individus. Nos résultats, malgré la présence d'une parcelle de **monoculture de maïs**, indiquent une utilisation quasi inexistante de cet habitat, les couleuvres préférant systématiquement les lisières bordant cette monoculture ou l'habitat de friche lui étant adjacent. Wisler et al. (2008) lors d'une étude sur dix femelles couleuvres à collier enregistrent la plupart de leurs

localisations dans les zones lacustres au mois de juin. Au cours de notre étude, aucune localisations n'ont été enregistrées dans les **zones humides**. Nos couleuvres exhibent donc un comportement en majorité terrestre. Ceci pourrait s'expliquer par la nature de leur alimentation. En effet, les femelles adultes de couleuvres à collier se nourrissent de grosses proies telles les grenouilles rousses (*Rana temporaria*) ou les crapauds communs (*Bufo bufo*) adultes qui sont, en grande partie, affranchis du milieu aquatique lors de la période hors reproduction, qui se déroule avant fin avril pour les deux espèces. Nos couleuvres chasseraient donc préférentiellement ces proies présentes dans les habitats de lisières forestières, de clairières, de broussailles, de friches, de bois et de sous-bois et n'auraient donc pas besoin d'utiliser les milieux aquatiques pour s'alimenter. Dans l'étude radiotéléométrique réalisée par Nagy et al. (1998), en Hongrie, dans une zone humide, le lac Fehér, les résultats ont montré la présence seulement occasionnelle des couleuvres à collier dans l'eau.

L'analyse de l'utilisation des **microhabitats** révèlent, quant à elle, que le microhabitat le plus utilisé par les couleuvres est la végétation à prédominance de **ronciers** (*Rubus fruticosus*). Cette préférence avait déjà été signalée par Madsen (1986) dans son étude sur les couleuvres à collier dans un milieu rural. Un autre microhabitat utilisé fréquemment par les couleuvres à colliers est la végétation de **haies et de buissons** (aubépines, églantiers). Mertens (1992) fait aussi référence aux buissons épineux comme milieux préférés par les couleuvres à collier. Les couleuvres à collier semblent donc privilégier des microhabitats à couvert végétal dense tels les ronciers, les ourlets herbeux ou les massifs d'orties.

9.7 Comportements observés

L'analyse des comportements observés lors de notre étude nous apprend que 72.3 % des observations de couleuvres sont attribuées à un comportement d'**héliothermie**. Ces résultats sont assez semblables à ceux renseignés par Wisler (2008) en Suisse sur une population de femelles *Natrix natrix* et pour laquelle 82.4 % des observations correspondent à ce comportement. C'est donc lors de cette activité d'héliothermie que les serpents sont les plus faciles à observer.

La **mue** des couleuvres à collier se déroule plusieurs fois par an. Nos résultats, en accord avec ceux trouvés par Wisler (2008), témoignent d'une mue au mois de juin pour les femelles adultes de couleuvres à collier. Il semblerait donc que la première mue des couleuvres se déroule au mois de juin pour la plupart des individus, même si certains individus peuvent muer plus précocement.

9.8 Implications en termes de conservation :

Après avoir obtenu des résultats sur l'utilisation de l'habitat, l'étendue des domaines vitaux, et les mouvements des couleuvres à collier, on peut émettre différentes suggestions quant aux mesures de conservation utiles pour cette espèce. Premièrement, il semble primordial pour cette espèce de maintenir des **milieux de lisières**. En effet, au cours de cette étude, nous avons pu constater l'abondance, non seulement des individus suivis par radiotéléométrie, mais également d'autres individus, dans ces milieux. Deuxièmement, il serait aussi utile pour cette espèce de conserver des milieux de **friches**. En effet, ces milieux développent habituellement la végétation appréciée par ces reptiles et assure, comme cela a été le cas dans notre étude, des zones sans trop de perturbations anthropiques. Les milieux de

friches sont cependant des **milieux temporaires et dynamiques**, qui évoluent continuellement vers un stade de plus en plus fermé. Afin de préserver ces milieux et d'empêcher la recolonisation par la forêt, une gestion comprenant des éclaircies régulières semble d'application. De même, la végétation à prédominance de **ronciers**, appréciée par les couleuvres à collier, est elle aussi une végétation typique de milieu ouvert et disposant d'assez de lumière, il s'agit donc également dans ce cas, de réaliser certains travaux de gestion comme les gestion de lisières et les restaurations de celles-ci, des gestions des bords des chemins, etc. afin de préserver ce type de végétation. Troisièmement, le maintien ou la restauration d'**éléments structuraux du paysage** comme les haies d'aubépines par exemple, permettraient aux couleuvres de se déplacer le long de ces haies tout en restant à l'abri et permettraient, en plus d'être un des habitats parmi les plus utilisés par les couleuvres, de maintenir les connections qu'il pourrait exister entre diverses populations. Ensuite, comme nos résultats l'indiquent, les domaines vitaux ne sont pas très étendus, et donc le maintien de petites zones protégées dispersées dans le paysage et connectées entre elles serait efficace pour le maintien de la population. Enfin, certaines mesures utiles pour la conservation de l'espèce comme le dépôt de **tas de débris végétaux** (les composts étant, comme nous avons pu le constater, des sites de pontes privilégiés et choisis dans une majorité de cas) ou le maintien de **points d'eaux** (utile pour le développement des amphibiens) pourraient aider à maintenir les populations.

10. Conclusion :

Au terme de cette étude, la radiotéléométrie s'est révélée être une technique efficace qui nous a permis d'obtenir plusieurs résultats novateurs.

- Les domaines vitaux des couleuvres à collier étudiées sont de l'ordre de 4.99 ha \pm 4.47 hectares.
- Les milieux de lisières sont les endroits les plus fréquentés et les habitats ayant des caractéristiques semblables, tels les habitats de friches, sont aussi utilisés.
- Les zones humides n'ont jamais été utilisées par les couleuvres suivies et l'utilisation des monocultures est elle aussi, quasi inexistante.
- L'utilisation des différents habitats et microhabitats évoluent au cours de la période d'avril à juillet avec une prédominance d'utilisation de l'habitat de clairière au mois d'avril, de l'habitat de friche au mois de mai et juin et de l'habitat de friche et de prairie au mois de juillet. Une prédominance de l'utilisation des vieilles souches s'observe en avril, des ronciers en mai, des graminées en juin et des ronciers en juillet.
- La végétation à prédominance de ronciers est la plus utilisée par les couleuvres sur l'ensemble de la durée du suivi.
- Les sites de pontes privilégiés sont les accumulations de débris végétaux (composts).
- Les déplacements sont corrélés positivement avec la température de l'air et la pluviométrie et négativement avec l'humidité.
- Les déplacements de 200 mètres ou plus ne sont pas exceptionnels, en particulier pendant la migration de ponte.
- La majorité des déplacements parcourus en 1 heure de temps (suivis journaliers intensifs) (72.3 %) se situent dans une tranche de 0 à 20 mètres.
- La majorité des déplacements entre deux localisations successives (55.2 %) se situent dans une tranche de 0 à 20 mètres
- Les distances moyennes parcourues par jour augmentent au cours des mois de suivis.

11. Bibliographie :

- **Aebischer N.J., Robertson P.A, Kenward R.E.** 1993. Compositional Analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology* **74** (5): 1313-1325.
- **Araújo M.B., Thuiller W., Pearson R.G.** 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of biogeography* **33**: 1712-1728.
- **Beebee T.J.C; Griffiths R.A.** 2000. Amphibians and reptiles. A natural history of the British herpetofauna. The New Naturalist Library. Harper Collins Publ., Londres .288 pp.
- **Bittel J.** 2001. Movements and home ranges of two sympatric snake species (*Coluber viridiflavus* and *Elaphe longissima*) in southern Switzerland.- [s.l] : [s.n], diplomarbeit Universität Bern.
- **Bonnet X., Naulleau G., Shine R.** 1999. The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological conservation* **89**: 39-50.
- **Bonnet X., Shine R.** 2000. Snakes: a new 'model organism' in ecological research? *TREE* **15** (6): 221-222.
- **Borczyk B.** 2004. Causes of mortality and bodily injury in grass snakes (*Natrix natrix*) from the « Stawy milickie » nature reserve (SW Poland). *Herpetological bulletin* **90**.
- **Brito J.C.** 2003. Seasonal variation in movements, home range, and habitat use by male *Vipera latastei* in northern Portugal. *Journal of Herpetology* **37** (1): 155-160.
- **Cagle N.L.** 2008. Snake species distributions and temperate grasslands: a case study from the American tallgrass prairie. *Biological Conservation* **141**: 744-755.
- **Calembert L., Pel J., Lambrecht L.L., Monjoie A., Burton E.** 1974. 1. Géologie. Université de Liège. Liège : le Conseil Scientifique des Sites du Sart Tilman. 107 pp. (collection « les guides scientifiques du Sart Tilman »).
- **Carfagno G.L.F., Weatherhead P.J.** 2006. Intraspecific and interspecific variation in use of forest-edge habitat by snakes. *Can.J.Zool.***84**: 1440-1452.
- **Carfagno G.L.F., Weatherhead P.J.** 2008. Energetics and space use: intraspecific and interspecific comparisons of movements and home ranges of two Colubrid snakes. *Journal of Animal Ecology* **77**: 416-424.

- **Cushman S.A.** 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. *Biological conservation* **128**: 231-240.
- **Debois Ch., Gathy P.** s.d. 4. Itinéraires forestiers. Université de Liège. Liège : le Conseil Scientifique des Sites du Sart Tilman.159 pp. (collection « les guides scientifiques du Sart Tilman »).
- **Duvigneaud J.** s.d. 3. Botanique. Université de Liège. Liège : Le Conseil scientifique des Sites du Sart Tilman. 185 pp. (collection « les guides scientifiques du Sart Tilman »).
- **Firth R., Sheik-Miller J.** 2001. Les serpents. Découvertes Usborne. Londres.63pp.
- **Gathy P., Bouchat M.** s.d. 5. Le château de Colonster et son parc. Université de Liège. Liège : le Conseil Scientifique de Sites du Sart Tilman.76 pp. (collection « les guides scientifiques du Sart Tilman »).
- **Geniez P., Grillet P.** 1989. Les couleuvres et les vipères. Payot Lausanne. Suisse. (Collection Atlas Visuels Payot Lausanne n° 22).
- **Goddard P.** 1984. Morphology, growth, food habits and population characteristics of smooth snake *Coronella austriaca* in southern Britain. *J.Zool.Lond.* **204**: 241-257.
- **Graitson E., Naulleau G.** 2005. Les abris artificiels: un outil pour les inventaires herpétologiques et le suivi des populations de reptiles. *Bull. Soc. Herp. Fr.* **115**: 5-22.
- **Graitson E.** 2007. La couleuvre à collier, *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758).pp :256-265 in Jacob J-P., Percsy C., de Wavrin H., Graitson E., Kinet T., Denoël M., Paquay M., Percsy N. & Remacle A. (2007) : Amphibiens et Reptiles de Wallonie. Aves- Raîenne et centre de recherche de la Nature, des forêts et du bois (MRW – DGRNE), série « faune – flore – habitats » n° 2, Namur. 384 pp.
- **Graitson E., Jacob J.P.**2007. La coronelle lisse, *Coronella austriaca* (Laurenti, 1768) pp. 244-255. in Jacob J-P., Percsy C., de Wavrin H., Graitson E., Kinet T., Denoël M., Paquay M., Percsy N. & Remacle A. (2007) : Amphibiens et Reptiles de Wallonie. Aves- Raîenne et centre de recherche de la Nature, des forêts et du bois (MRW – DGRNE), série « faune – flore – habitats » n° 2, Namur. 384 pp.
- **Grillitsch H. and Grillitsch B.** 1999. *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758)- Ringelnatter, pp. 513-563. In böhme W. (ed.): *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*. Band 3/II A: Schlangen (serpents) II: Colubridae 2 (Boiginae, Natricinae), Wiesbaden (AULA).
- **Hofer U.** 2005. Reproduction der Ringelnatter (*Natrix natrix*) im Grossen Moos: Einfluss unter schiedlicher ablage substrate auf lergeverhalten und schlüpfraten. Acte du colloque de Bern. Octobre 2005.
- **Isaac L.A., Gregory P.T.** 2004. Thermoregulatory behaviour of gravid and non-gravid female grass snakes (*Natrix natrix*) in a thermally limiting high-latitude environment. *The zoological society of London* **264**: 403-409.

- **Jacob J. P., Kinet T.** 2007. La grenouille rousse, *Rana temporaria* (Linnaeus, 1758) pp : 180-193. *in* Jacob J-P., Percsy C., de Wavrin H., Graitson E., Kinet T., Denoël M., Paquay M., Percsy N. & Remacle A. (2007) : Amphibiens et Reptiles de Wallonie. Aves- Raîgne et centre de recherche de la Nature, des forêts et du bois (MRW – DGRNE), série « faune – flore – habitats » n° 2, Namur. 384 pp.
- **Jacob J-P., Percsy C., de Wavrin H., Graitson E., Kinet T., Denoël M., Paquay M., Percsy N. & Remacle A.** (2007) : Amphibiens et Reptiles de Wallonie. Aves- Raîgne et centre de recherche de la Nature, des forêts et du bois (MRW – DGRNE), série « faune – flore – habitats » n° 2, Namur. 384 pp.
- **Jadot C., Ovidio M., Voss J.** 2002. Diel activity of *Sarpa salpa* (Sparidae) by ultrasonic telemetry in a *Posidonia oceanica* meadow of Corsica (Mediterranean sea). *Aquat. Living Resour.* **15**: 343-350.
- **Joly P., Morand C., Cohas A.** 2003. Habitat fragmentation and amphibians conservation: building a tool for assessing landscape matrix connectivity. *C.R.biologicals.* **326**: 132-139.
- **Lacarrière J., Ineich I.** 1992. Les serpents images et rituels. Editions du Perron. Allier- Liège. 202pp.
- **Lelièvre H.** 2005. Prise de décision chez un ectotherme : optimisation de la thermorégulation et des déplacements chez la couleuvre verte et jaune. (<http://www.cebc.cnrs.fr/fidentite/lelievre.pdf>.)
- **Luiselli L., Capula Massimo.** 1996. Comparison of female reproductive ecology in sympatric colubrid snakes (*Natrix natrix* and *Coronella austriaca*) from eastern Italian Alps. *Bull.Soc.Herp.Fr.* **78**: 19-28.
- **Luiselli L., Capula M.** 1997. Food habits, growth rates and reproductive biology of grass snakes, *Natrix natrix* (colubridae) in the Italian Alps. *The zoological society of London* **241**: 371-380.
- **Luiselli L., Capizzi D.** 1997. Influences of area, isolation and habitat features on distribution of snakes in Mediterranean fragmented woodlands. *Biodiversity and conservation* **6**: 1339-1351.
- **Luiselli L., Filippi E.** 2000. Status of the Italian snake fauna and assessment of conservation threats. *Biological conservation* **93**: 219-225.
- **Madsen T.** 1987. Cost of reproduction and female life-history tactics in a population of grass snakes, *Natrix natrix*, in southern Sweden. *OIKOS* **49**: 129-132.
- **Mech L David., Shannon M. Barber.** 2002. A critique of Wildlife radio-tracking and its use in national parks: a report to the U.S. National Park Service. U.S. Geological Survey, Northern Prairie Wildlife Research Center, Jamestown. N.D. Jamestown ND: Northern Prairie Wildlife Research Center Online.

- **Melin E.** 1995. La problématique du réseau écologique. Bases théoriques et perspectives d'une stratégie écologique d'occupation et de gestion de l'espace. *In* : Le réseau écologique, actes du colloque Arquennes du 8 et 9 novembre 1995. pp : 39-56. ministère de la région wallone- DGRNE. Jambes.
- **Mertens D.** 1994. Some aspects of thermoregulation and activity in free-ranging grass snakes (*Natrix natrix L.*). *Amphibia-Reptilia* **15**: 322-326.
- **Mertens D.** 1995. Population structure and abundance of grass snakes, *Natrix natrix*, in central Germany. *Journal of herpetology* **29** (3): 454-456.
- **Mollov A.I.** 2005. A study on the amphibians (Amphibia) and reptiles (Reptilia) from three urban protected areas in the town of Plovdiv (south Bulgaria). *ANIMALIA* **41**: 79-94.
- **Nagy, Z.T. and Korsos Z.** 1998. Data on movements and thermal biology of grass snake (*Natrix natrix L.*) using radiotelemetry. In C.Miaud and R. Guyétant (eds.), current studies in Herpetology: Proceedings of the 9th Ordinary General Meeting of the Societas Europaea Herpetologica 25-29 August 1998, pp. 339-343. SHE, Le Bourget du Lac, France.
- **Naulleau G.** 2002. Bocage et dynamique des populations de reptiles. Actes du colloque Cerizay (79) octobre 2002. pp : 32-39.
- **Naulleau G., Bonnet X., Duret S.** 1996. Déplacements et domaines vitaux des femelles reproductrices de vipères aspic *Vipera aspis* (Reptilia, viperidae) dans le centre ouest de la France. *Bull.Soc.Herp.Fr.* **78**: 5-18.
- **Ovidio M., Philippart J.C. Baras E.** 2000. Methodological bias in home range and mobility estimates when locating radio-tagged trout, *Salmo trutta*, at different time intervals. *Aquat. Living Resour.* **13**: 449-454.
- **Ovidio M., Enders E.C., Hallot E.J., Roy M.L., Philippart J.C., Petit F., Roy A.G.** 2007. Mobility and home-range use of Atlantic salmon parr over short time scales. *Aquat. Living Resour.* **20**: 95-101.
- **Pearson D., Shine R., Williams A.** 2003. Thermal biology of large snakes in cool climates: a radio-telemetric study of carpet pythons (*Morelia spilota imbricata*) in south-western Australia. *Journal of Thermal Biology* **28**: 117-131.
- **Percsy C., Percsy N.** 2007. le crapaud commun, *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) pp: 134-141. *in* Jacob J-P., Percsy C., de Wavrin H., Graitson E., Kinet T., Denoël M., Paquay M., Percsy N. & Remacle A. (2007) : Amphibiens et Reptiles de Wallonie. Aves-Rainne et centre de recherche de la Nature, des forêts et du bois (MRW – DGRNE), série « faune – flore – habitats » n° 2, Namur. 384 pp.
- **Phelps T.** 2004. Beyond hypohyphesis- a long- term study of British snakes. *British Wildlife.* June 2004: 319-327.

- **Readings C.J.; Davies J.L.** 1996. Predation by Grass Snakes (*Natrix natrix*) at a site in southern England. *J.Zool.,Lond.* **239**: 73-82.
- **Row J.R., Blouin-Demers G.** 2006. Kernels are not accurate estimators of home-range size for herpetofauna. *Copeia* **4**: 797-802.
- **Scali S., Mangiacotti M., Bonardi A.** 2008. Living on edge: habitat selection of *Hierophis viridiflavus*. *Acta herpetological* **3(2)**: 85-97.
- **Schofield G., Bishop C.M., MacLean G., Brown P., Baker M., Katselidis K.A., Dimopoulos P., Pantis J.D., Hays G.C.** 2007. Novel GPS tracking of sea turtles as a tool for conservation management. *Journal of experimental Marine Biology* **347**: 58-68.
- **Shine R., Fitzgerald M.** 1996. Large snakes in a mosaic rural landscape: the ecology of carpet pythons *Morelia spilota* (serpentes: pythonidae) in coastal eastern Australia. *Biological conservation* **76**: 113-122.
- **Tercafs R.R.** s.d. 2. Animaux. Université de Liège. Liège : Le Conseil Scientifique des sites du Sart Tilman. 95pp. (collection « les guides scientifiques du Sart Tilman »).
- **Thorpe R.S.** 1984. Geographic variation in the western grass snake (*Natrix natrix helvetica*) in relation to hypothesized phylogeny and conventional subspecies. *J.Zool.Lond.* **203**: 345-355.
- **Van Roon J., Dicke I., Brinks R., Zuiderwijk A., Janssen I.** 2006. Capture and recapture of grass snakes near Amsterdam. In Vences M., Kölher J., Ziegler T., Böhme W.(eds.): *Herpetological Bonnensis 2: Proceedings of the 13th Congress of the Societas europaea Herpetologica*.pp. 191-192 (2006).
- **Webb J.K., Shine R.** 1997. A field study of spatial ecology and movements of a threatened snake species, *Hoplocephalus bungaroides*. *Biological conservation* **82**: 203-217.
- **Wisler C., Hofer U., Arlettaz R.** 2008. Snakes and monocultures: habitat selection and movements of female Grass Snakes (*Natrix natrix L.*) in an agricultural landscape. *Journal of Herpetology* **42** (no 2): 337-346.
- **Whitaker P.B., Shine R.** 2003. A radiotelemetric study of movements and shelter-site selection by free-ranging brownsnakes (*Pseudonaja textilis*, Elapidae). *Herpetological Monographs* **17**: 130-144.
- **Whitfield J.G., Scott D.E., Ryan J.T., Buhlmann A., Tuberville T.D., Metts B.S., Greene J.L., Mills T., Leiden Y., Poppy S., Winne C.T.** 2000. The global decline of reptiles, déjà vu Amphibians. *Bioscience* **50** (8): 653-666.
- **Zuiderwijk A., De Wijer P., Janssen I.** 1998. The decline of a grass snake metapopulation near Amsterdam. In C.Miaud and R. Guyétant (eds.), *current studies in Herpetology: Proceedings of the 9th Ordinary General Meeting of the Societas*

Europaea Herpetologica 25-29 August 1998, pp. 463-470. SHE, Le Bourget du Lac, France.

- « La vie singulière des eaux douces ». 2003. Editions Atlas. Evreux : éditions atlas. 127 pp. (encyclopédie « la nature en France »).

- *Sites web:*

- <http://biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/insulaire.htm>

- <http://biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/fragmentation.htm>

- <http://biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/introductionprov.htm>

- <http://squamata.free.fr/sens.htm>

- http://www.biodiversite-poitou-charentes.org/domaine-vital.html?var_recherche=domaine%20vital&var_recherche=domaine%20vital

http://www.acrf.be/publications/analyses/acrfana_2007_32_faune_habitat.pdf?PHPSESSID=d5e7319db472297b29042e138e49c83d

- http://www.iewonline.be/IMG/pdf/58_remembrbiensruraux.pdf

- <http://www.cbd.int/convention/articles.shtml?a=cbd-02>

- <http://www.cbd.int/convention/guide.shtml>

- <http://scoutmestre.chez.com/techniques/orientation/rose.html>

- <http://www.atstrack.com/>

12. Annexe

Tableau 5: Pourcentages des localisations enregistrées dans les différentes catégories d'habitats pour chacune des dix femelles *Natrix natrix*.

	Forêt caduque sombre	Clairière	Bâtiments et abords de bâtiments	Parcs	Friche	Etangs, mares et bordures	Bassins de cultures de plantes aquatiques	Champ de maïs	Prairie, pâturage	Verger
F1	10.7	26.8	0	0	14.3	0	0	0	48.2	0
F2	0	37	0	0	63	0	0	0	0	0
F3	1.7	0	0	0	86.2	0	0	0	12.1	0
F4	0	0	0	0	2	0	0	0	98	0
F5	4.1	0	0	0	71.4	0	0	0	24.5	0
F6	11.4	0	63.6	0	25	0	0	0	0	0
F7	4.6	0	0	0	95.4	0	0	0	0	0
F8	21.9	0	0	0	65.9	0	0	2.4	9.8	0
F9	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
F10	61.7	0	26.5	0	11.8	0	0	0	0	0

Graphique 7 : Evolution dans l'utilisation des habitats pour les dix femelles *Natrix natrix* au cours de la période de suivi.

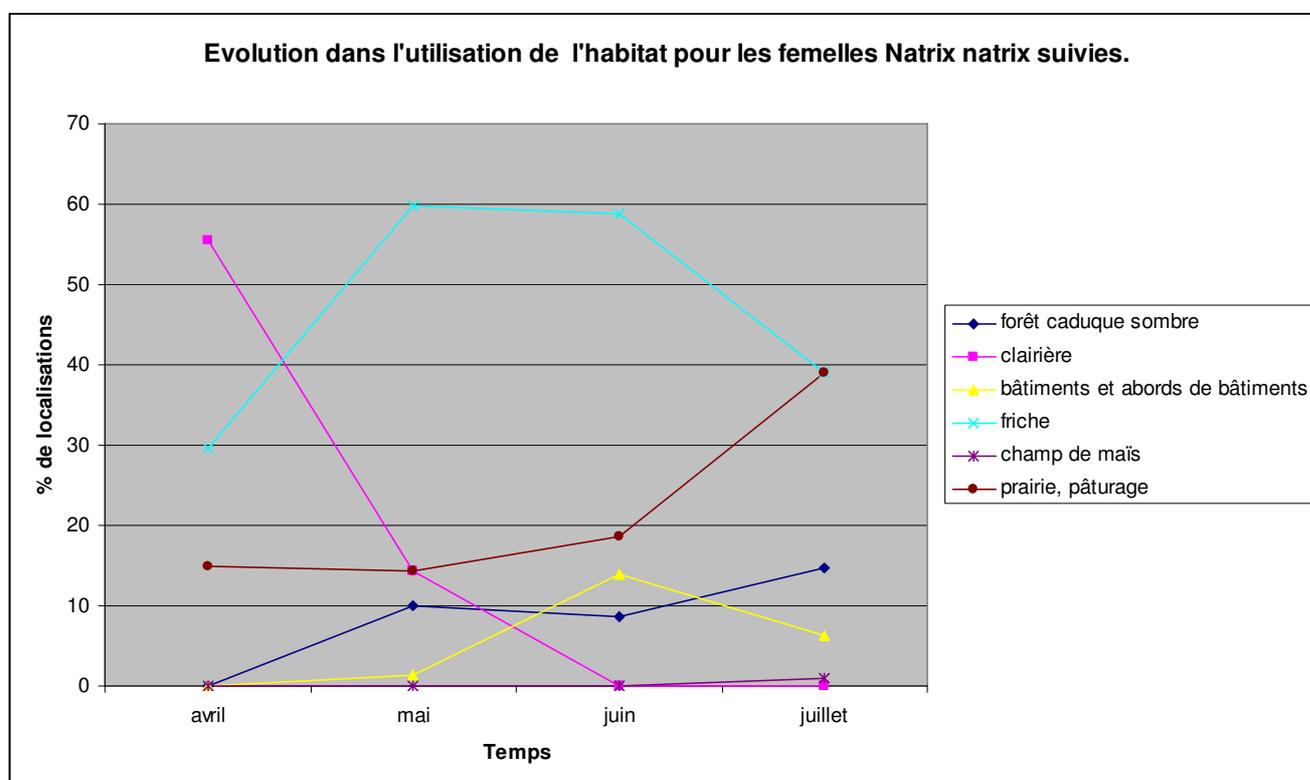
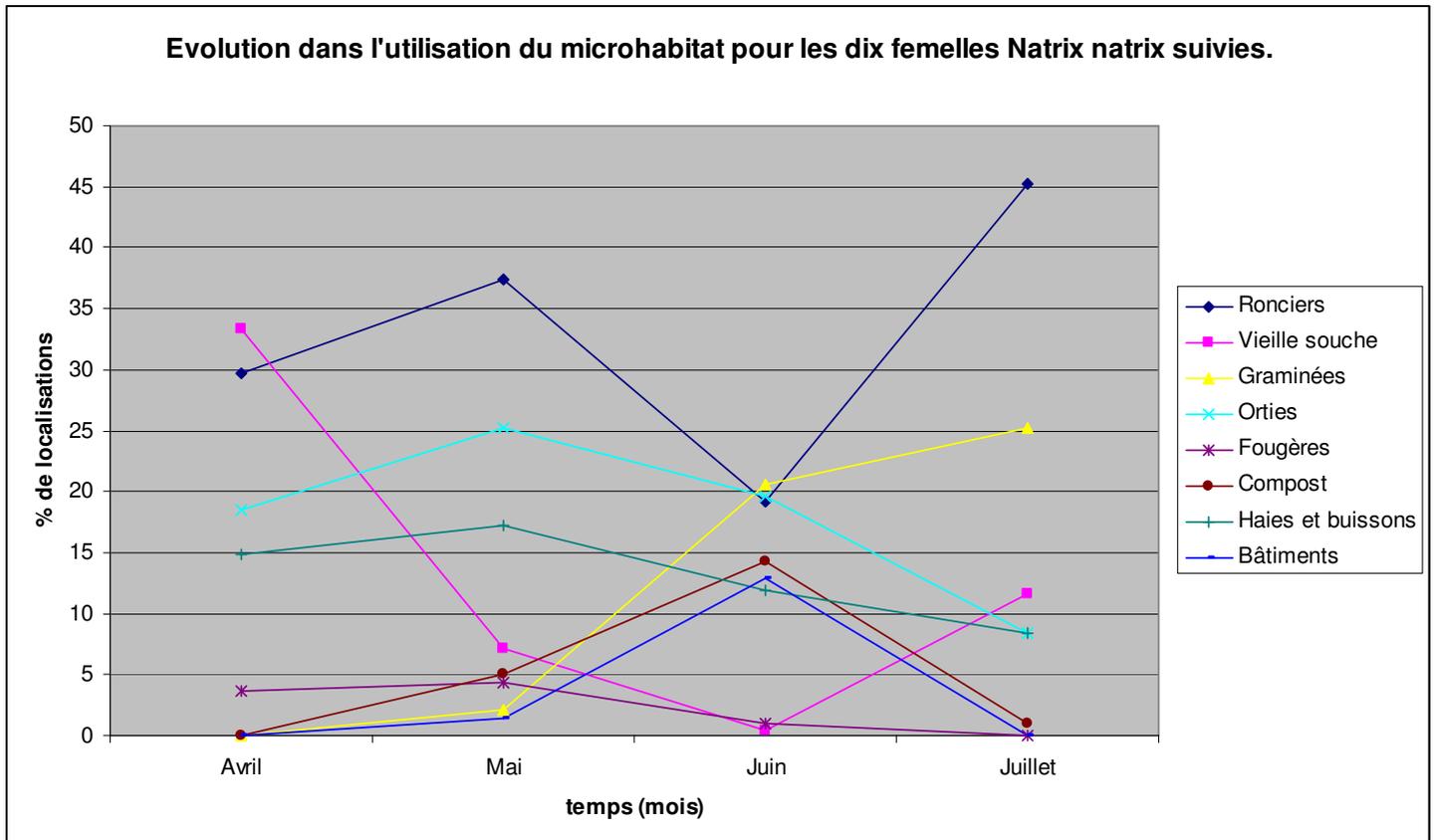


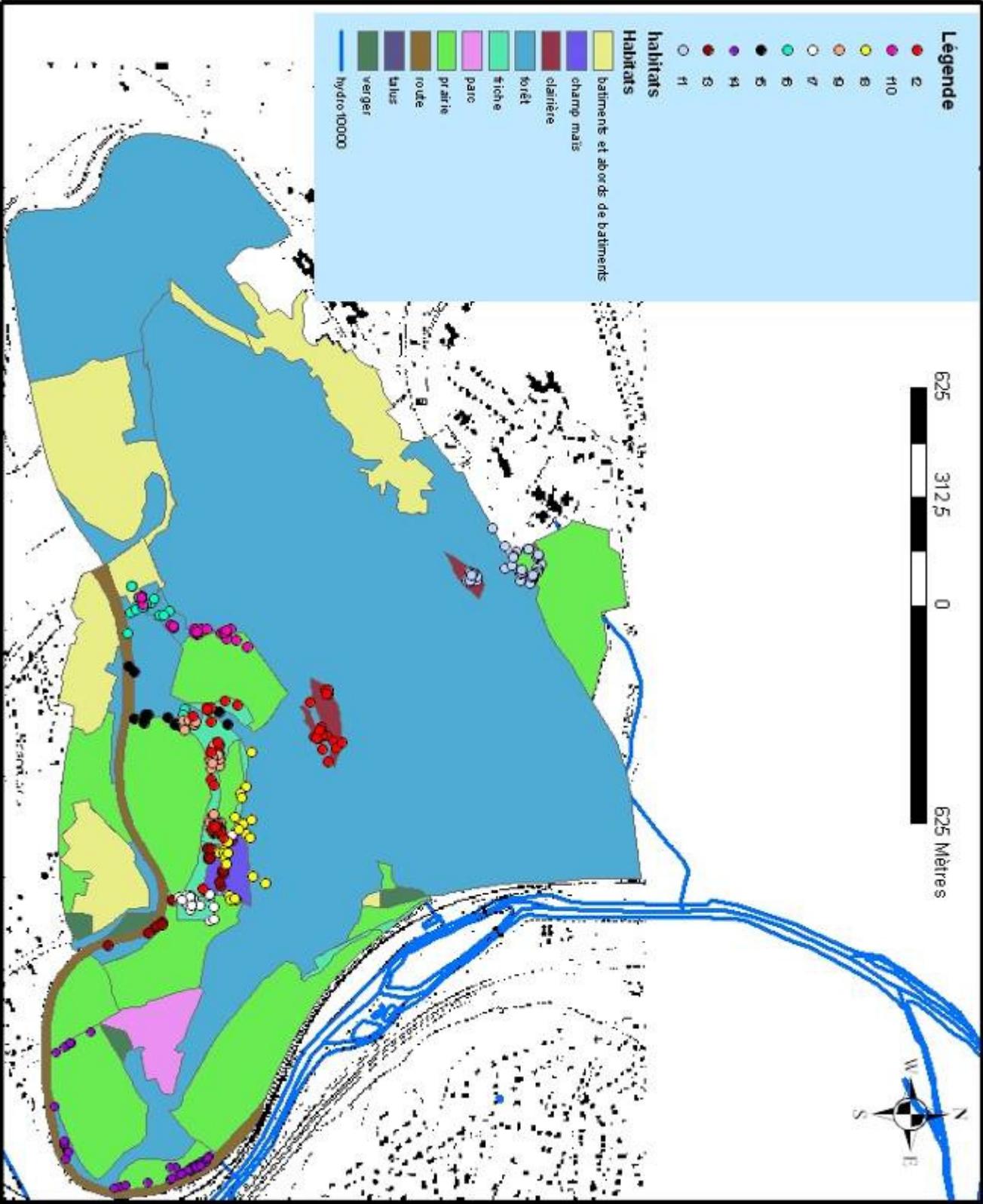
Tableau 7 : Pourcentages des localisations enregistrées dans les différentes catégories de microhabitats pour chacune des dix femelles *Natrix natrix*.

	Ronciers	Vieille souche	Graminées	Orties	Fougères	Compost	Haies et buissons	Bâtiments
F1	8.9	26.8	55.4	3.6	5.3	0	0	0
F2	55.6	5.5	7.4	7.4	9.3	11.1	3.7	0
F3	25.9	1.7	12.2	39.6	0	17.2	3.4	0
F4	0	2	19.6	0	0	0	78.4	0
F5	36.8	10.2	10.2	22.4	0	12.2	8.2	0
F6	45.5	2.3	0	2.3	0	0	2.3	47.6
F7	18.7	2.3	0	65.1	0	11.6	2.3	0
F8	29.3	4.9	34.1	14.6	0	7.3	9.8	0
F9	35	0	7.5	25	0	20	12.5	0
F10	61.8	0	0	14.7	0	0	0	23.5

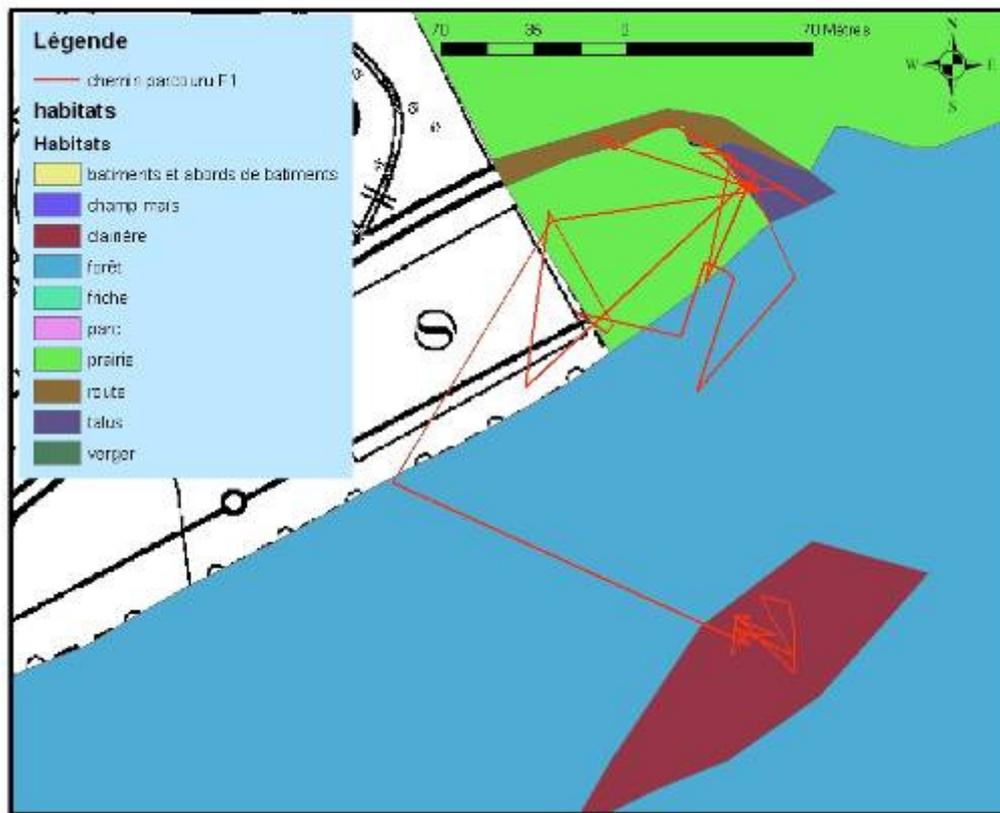
Graphique 9 : Evolution dans l'utilisation des microhabitats pour les dix femelles *Natrix natrix* au cours de la période de suivi.



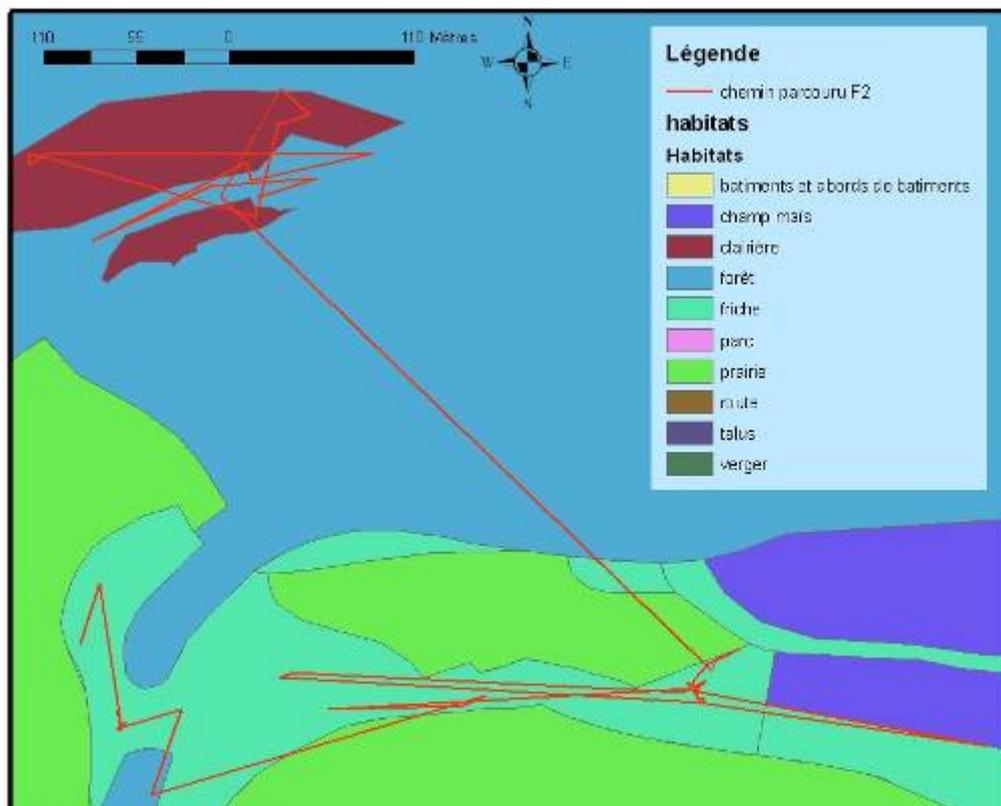
Carte 2 : Ensemble des localisations enregistrées pour les dix femelles *Natrix natrix*.



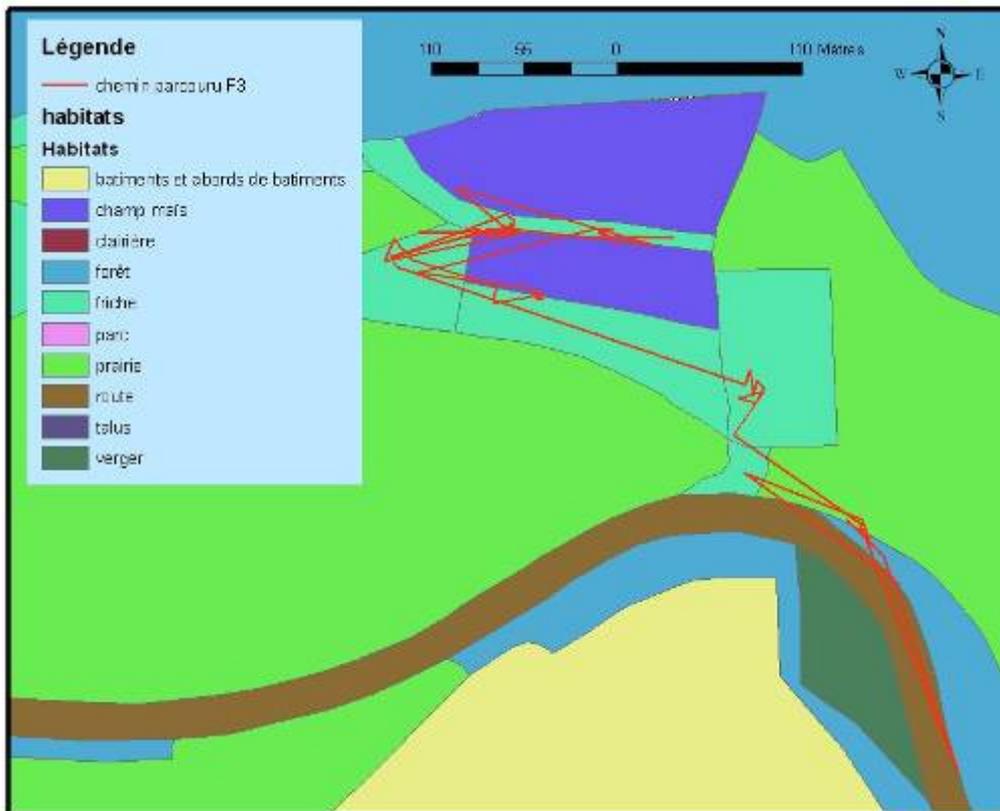
Carte 4 : Chemin parcouru par la femelle 1. Les localisations ont été reliées par des lignes droites, les chemins réels parcourus par les femelles couleuvres à collier sont certainement différents.



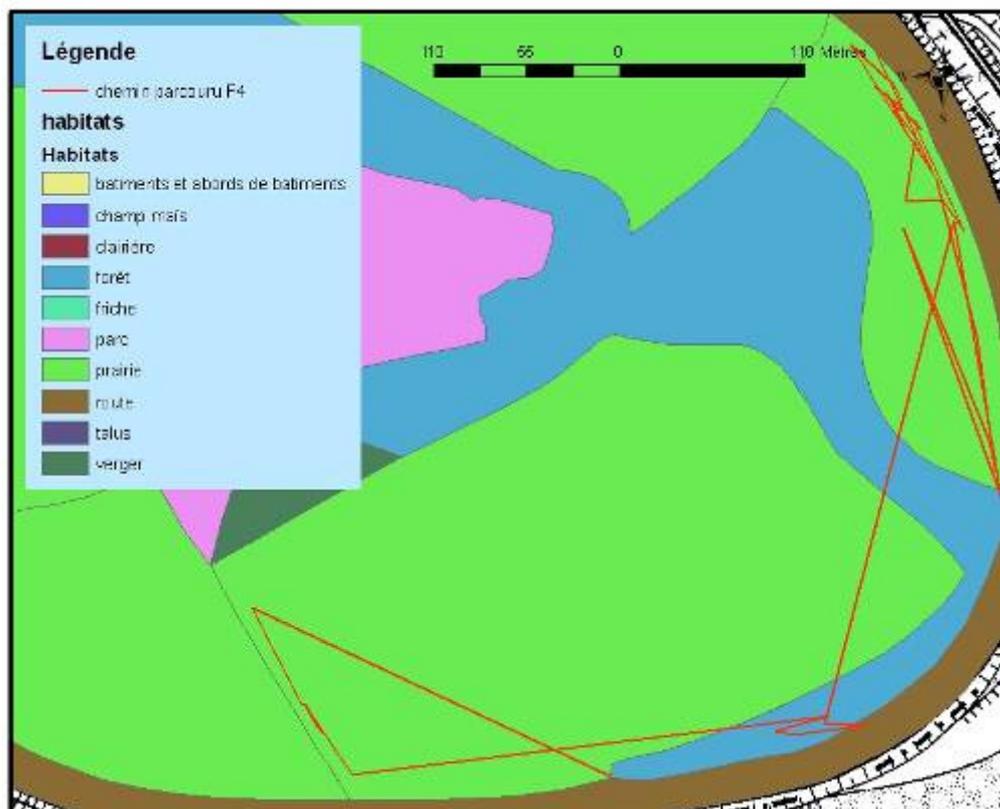
Carte 5 : Chemin parcouru par la femelle 2.



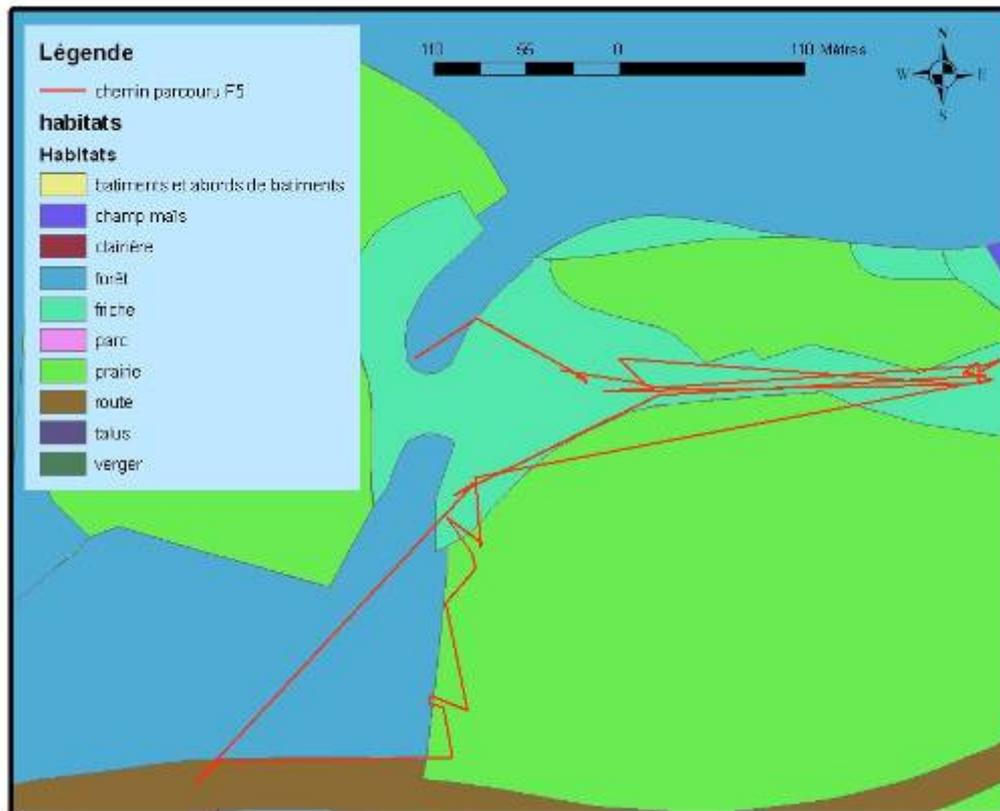
Carte 6 : Chemin parcouru par la femelle 3.



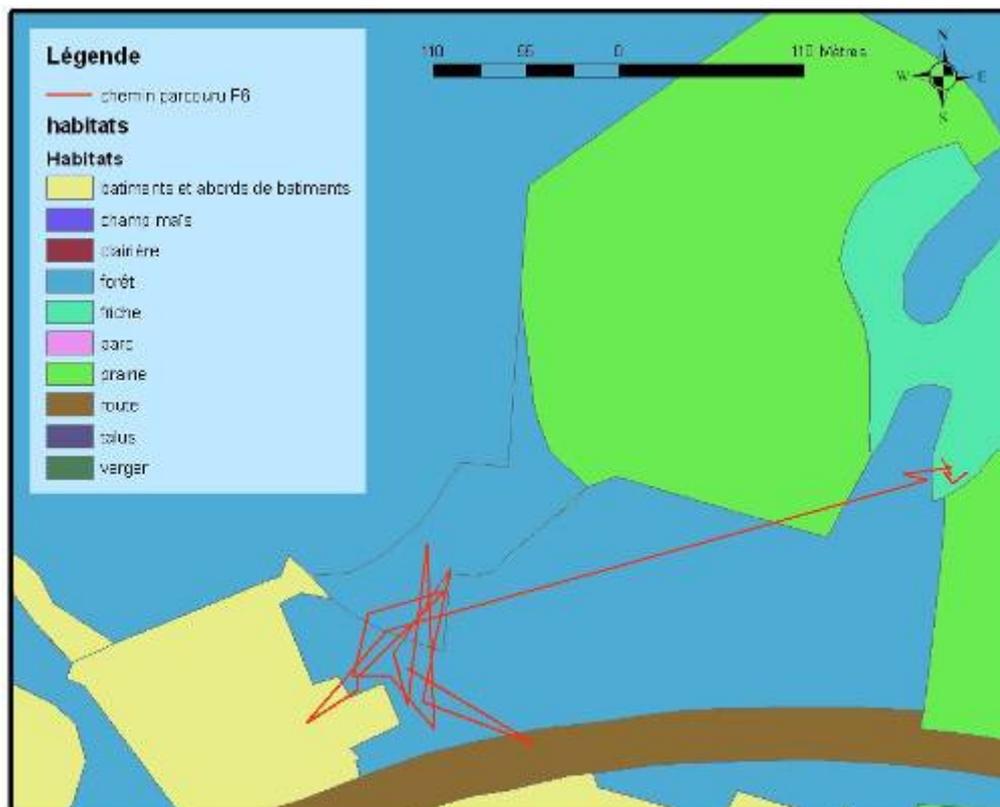
Carte 7 : Chemin parcouru par la femelle 4.



Carte 8 : Chemin parcouru par la femelle 5.



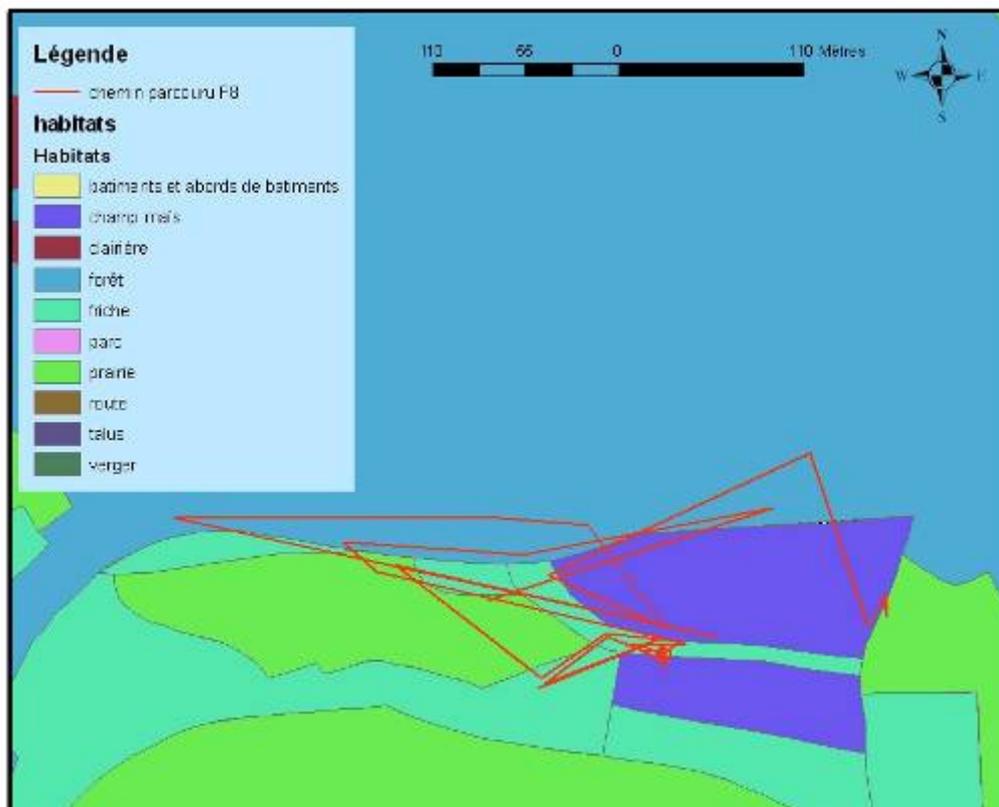
Carte 9 : Chemin parcouru par la femelle 6.



Carte 10 : Chemin parcouru par la femelle 7.



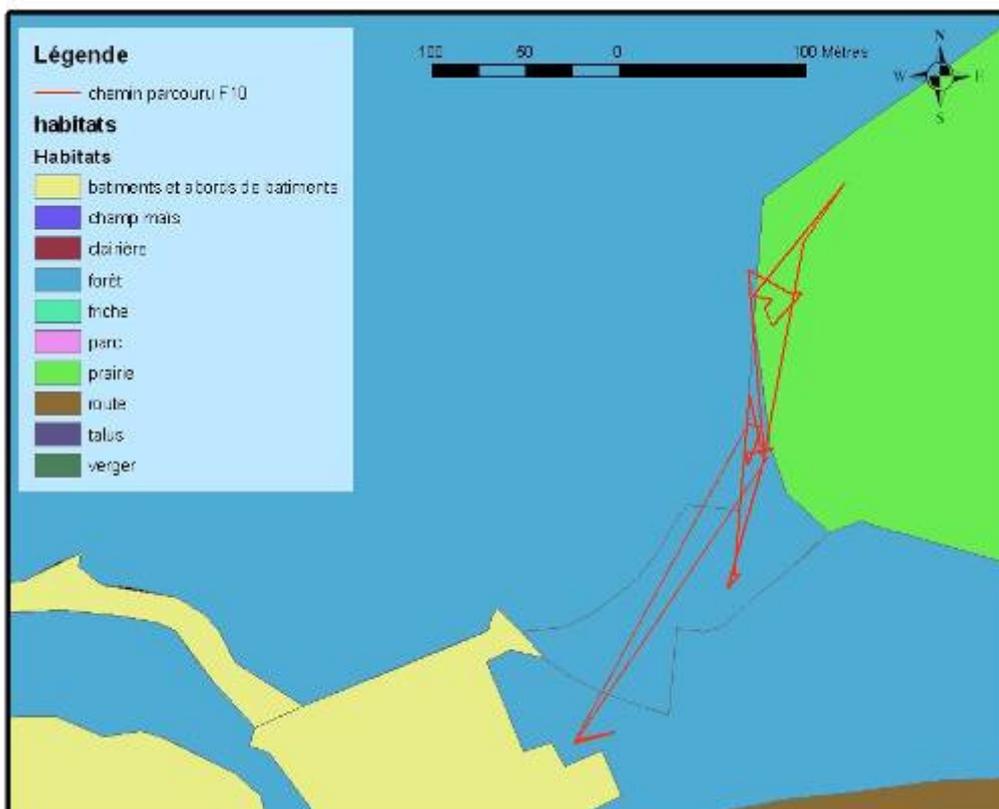
Carte 11 : Chemin parcouru par la femelle 8.



Carte 12 : Chemin parcouru par la femelle 9.



Carte 13 : chemin parcouru par la femelle 10.



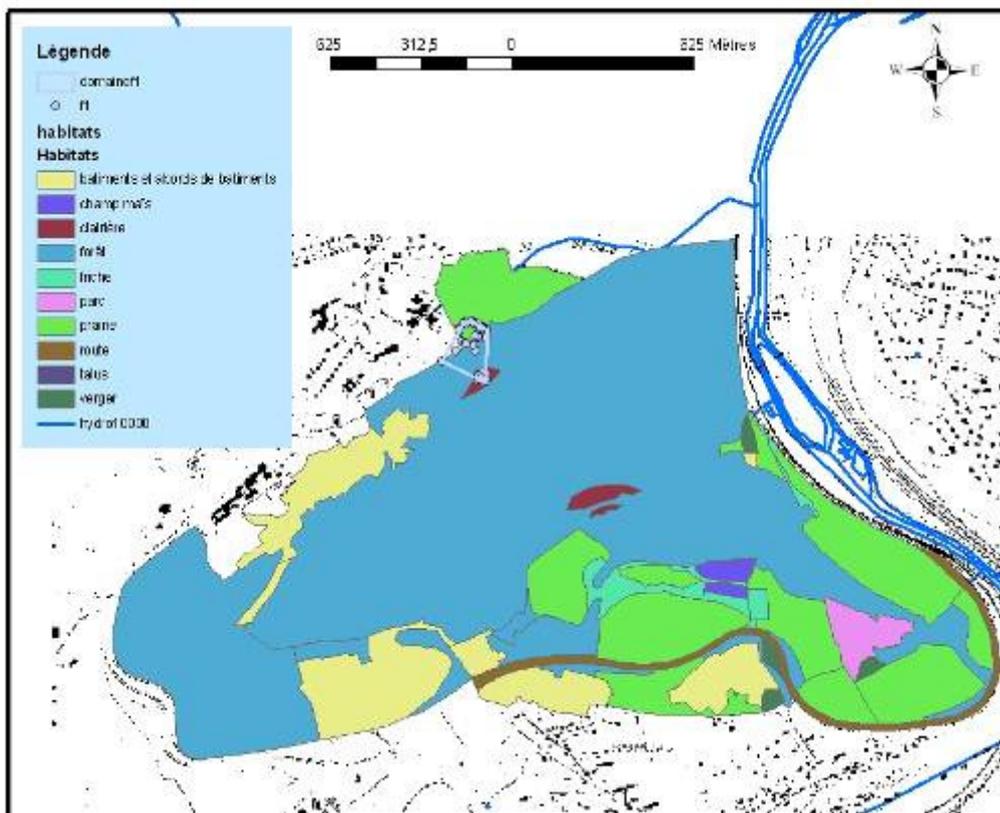
Carte 14 : zones tampons et localisations de la femelle 4.



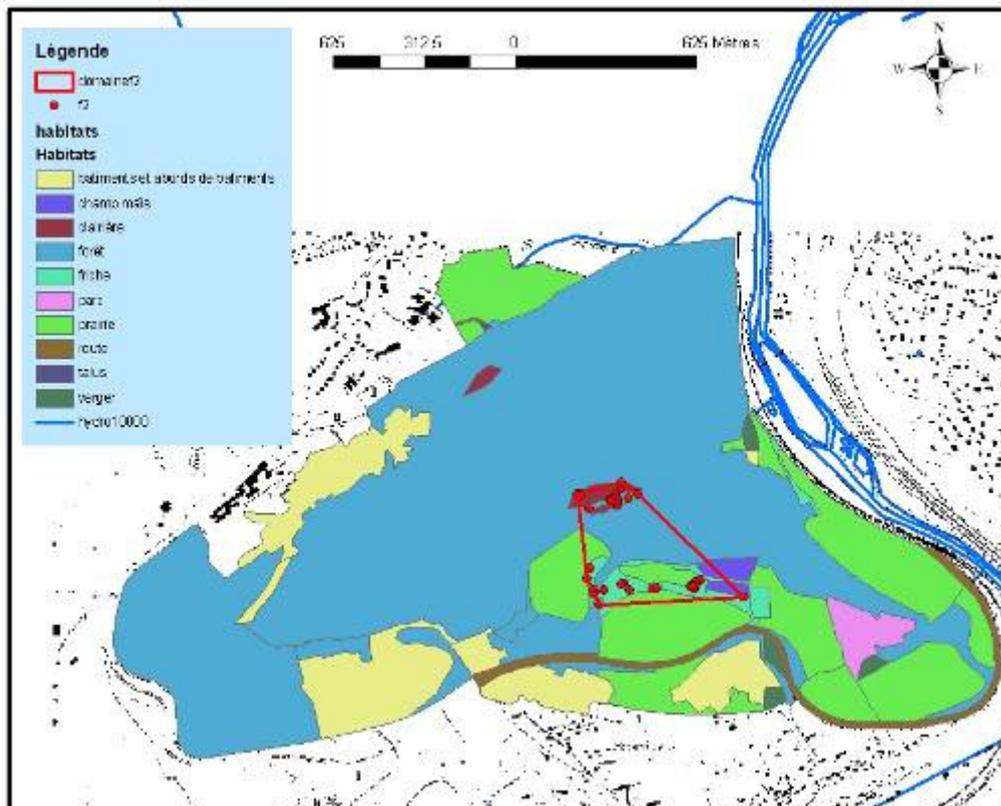
Carte 15 : Zones tampons et localisations de la femelle 10.



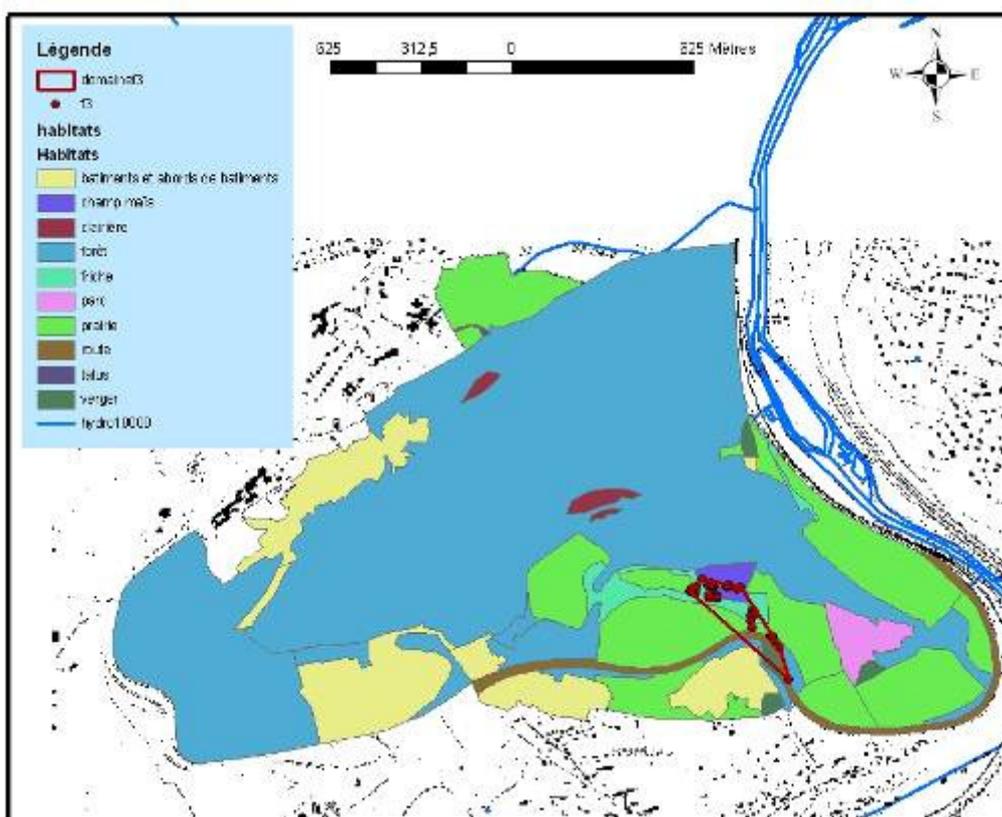
Carte 16 : Localisations et domaine vital de la femelle 1.



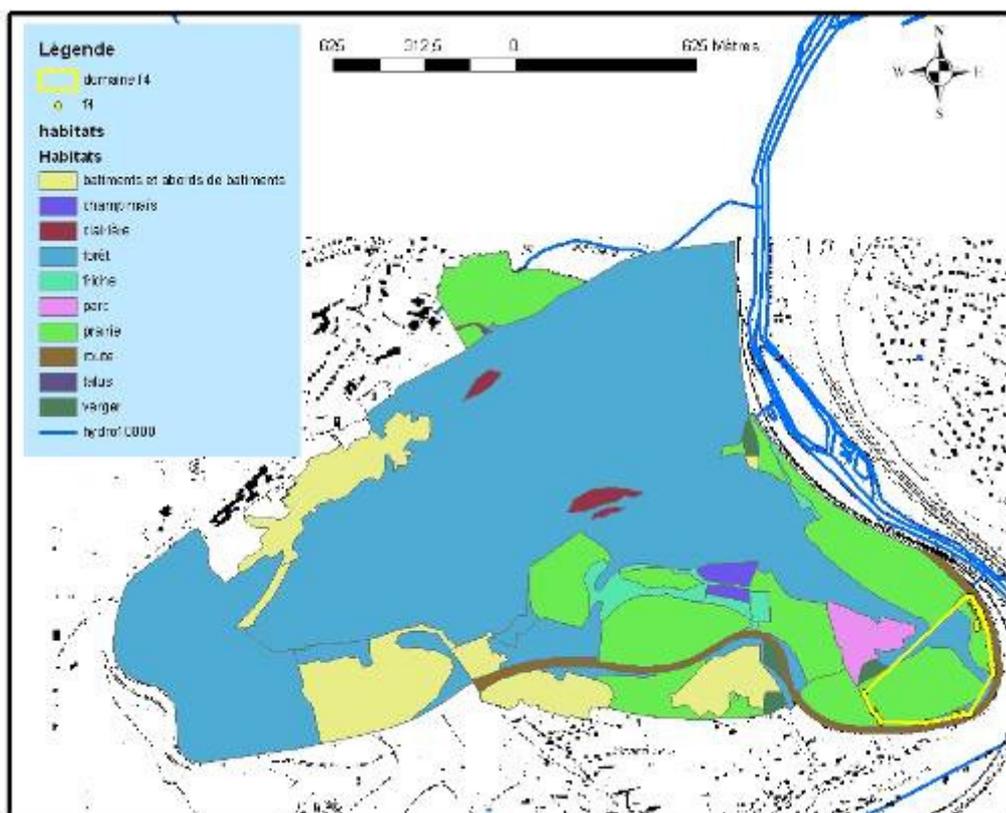
Carte 17 : Localisations et domaine vital de la femelle 2.



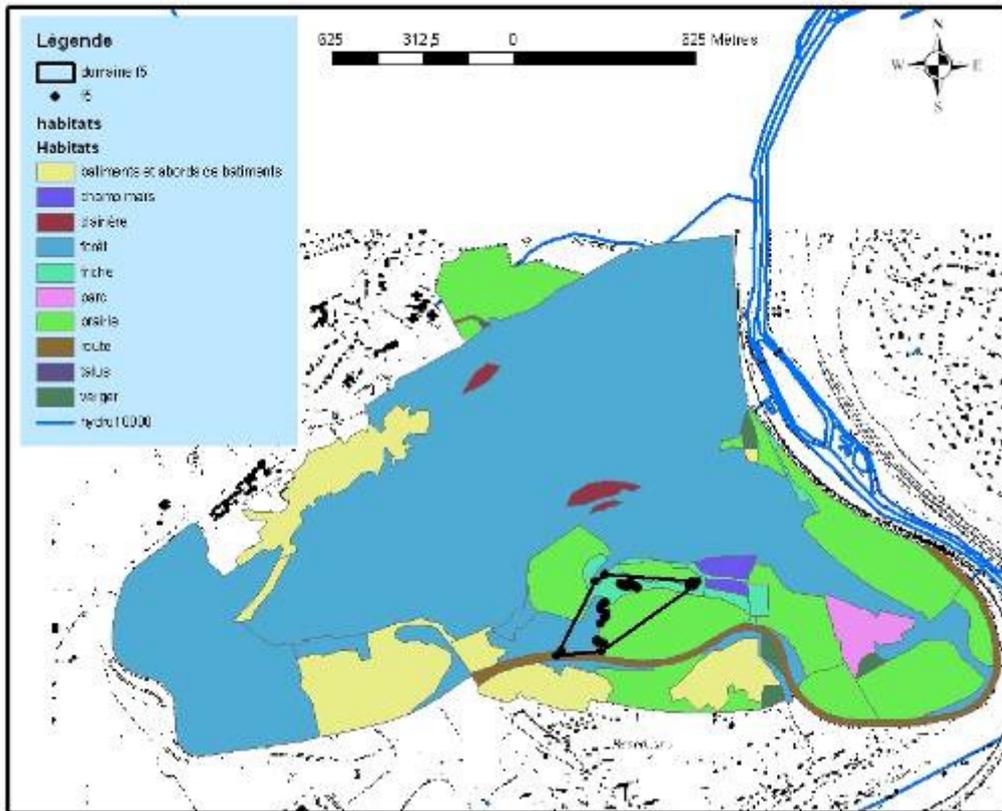
Carte 18 : Localisations et domaine vital de la femelle 3.



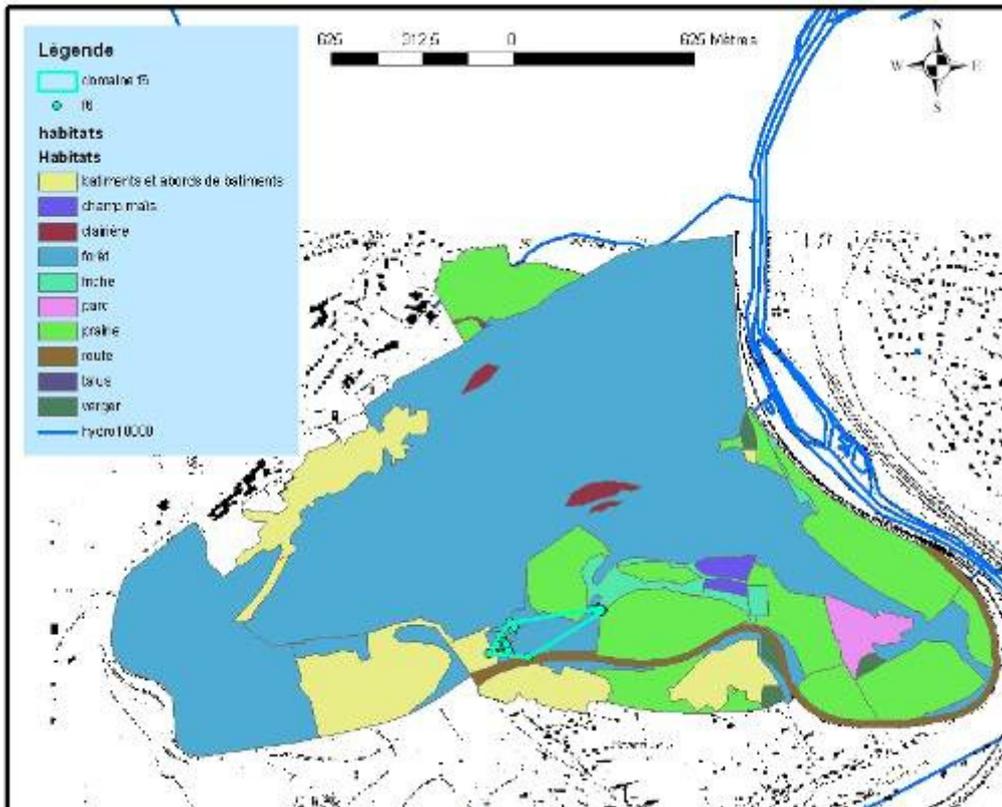
Carte 19 : Localisations et domaine vital de la femelle 4 :



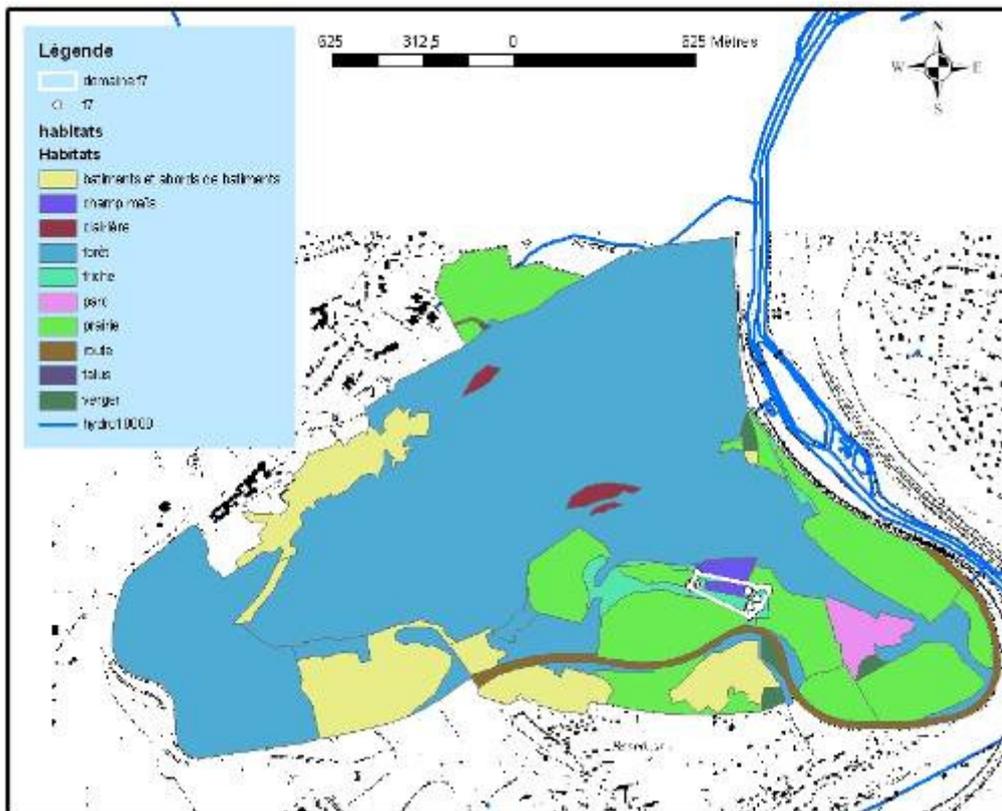
Carte 20 : Localisations et domaine vital de la femelle 5.



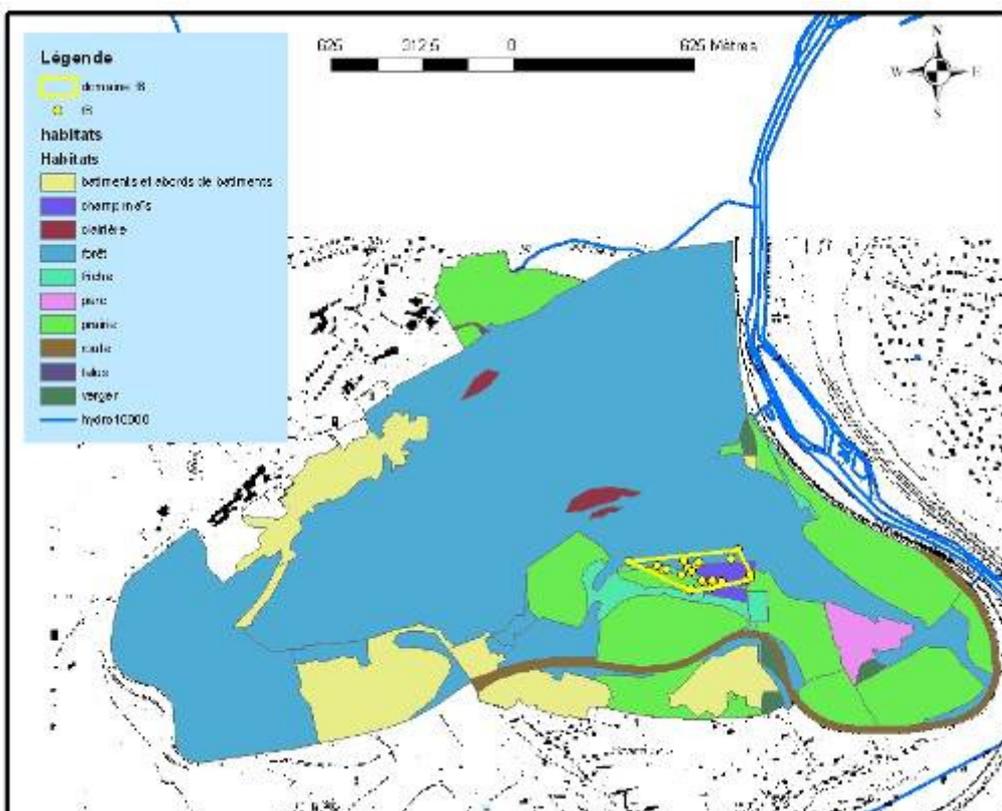
Carte 21 : Localisations et domaine vital de la femelle 6.



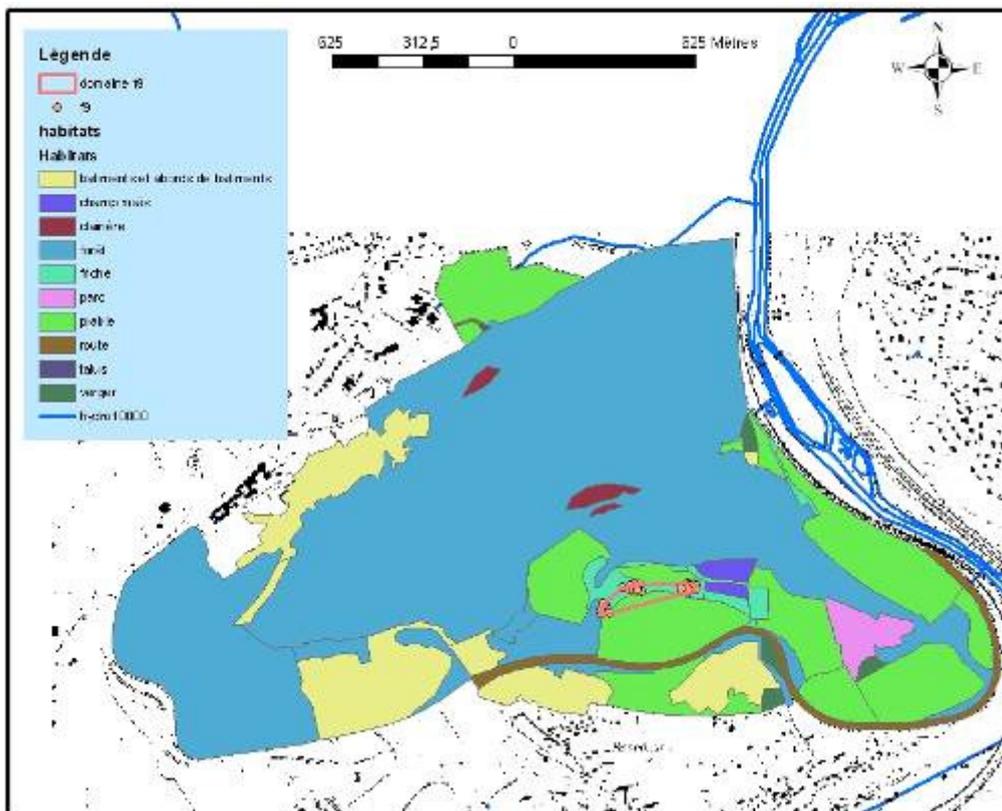
Carte 22 : Localisations et domaine vital de la femelle 7.



Carte 23 : localisations et domaine vital de la femelle 8.



Carte 24 : Localisations et domaine vital de la femelle 9.



Carte 25 : Localisations et domaine vital de la femelle 10.

