

Contributions des GPS et du SIG pour l'étude du comportement animal : illustration avec l'étude de la dispersion natale du jeune chevreuil en agro-écosystème

Bruno Cargnelutti¹, Lucie Debeffe¹, Nicolas Morellet¹

Résumé. Dans le cadre d'une étude sur le rôle de l'hétérogénéité de l'espace sur le fonctionnement et la structuration de populations d'ongulés sauvages, nous nous sommes intéressés à la dispersion natale chez le chevreuil juvénile. Cette dispersion est un processus biologique dont la conséquence est un éloignement géographique plus ou moins important par rapport au lieu de naissance. Ainsi, depuis 2003, des jeunes chevreuils ont été équipés de collier GPS (global positioning system) et suivis intensivement durant cette phase d'instabilité spatiale. L'objectif est d'appréhender d'une part les mécanismes proximaux qui sous-tendent ce comportement et d'autre part, à plus long terme, les causes ultimes de la dispersion natale. Qui dispersent, quand, comment et surtout qu'est-ce qui motive les disperseurs dans la sélection de leur nouveau domaine de vie ? Notamment, l'hypothèse NHPI (natal habitat preference induction) postule que le jeune est imprégné des caractéristiques paysagères de son domaine natal et que ces dernières influeraient sur la sélection de son futur domaine vital adulte. Afin de tester cette hypothèse et de mieux comprendre ce processus complexe, nous avons croisé les données géo référencées issues des colliers GPS des juvéniles disperseurs avec les informations spatiales de nos SIG (système d'information géographique).

Mots clés : chevreuil, SIG, GPS, dispersion natale

Introduction

Depuis plusieurs décennies, il est notoire de constater en Europe une considérable augmentation des populations d'ongulés sauvages de plaine (sanglier (*Sus scrofa*), cerf (*Cervus elaphus*), chevreuil (*Capreolus capreolus*)). Cette poussée démographique a eu pour corollaire une extension géographique des populations et la colonisation de nouveaux habitats. Ainsi, le chevreuil, originellement considéré comme forestier, est aujourd'hui présent dans la plupart des écosystèmes européens (Boiseaubert et Boutin, 1988). Cette espèce occupe aujourd'hui aussi bien les habitats très forestiers que des milieux intermédiaires comme le bocage, les agro-écosystèmes, et même les pelouses de l'étage alpin. Pour les scientifiques, les gestionnaires de la faune sauvage, voire les aménageurs gestionnaires du paysage (trame verte par exemple) figurent parmi leurs enjeux actuels la compréhension du fonctionnement spatial et de la dynamique démographique de ces populations dans leurs nouveaux habitats. Plusieurs études ont montré chez le chevreuil que la survie et le devenir des jeunes individus sont des paramètres importants à considérer. En effet, si les chevreuils adultes présentent une forte sédentarité, qui se traduit par l'occupation fidèle d'une même portion d'espace durant de nombreuses années, que l'on nomme le domaine vital (Benhamou, 1998), il n'en va pas de même des juvéniles qui peuvent présenter un comportement erratique, durant leur deuxième printemps, lorsqu'ils quittent leur domaine natal pour s'installer sur leur futur domaine d'adulte. Il est primordial de s'intéresser et d'approfondir les connaissances concernant ce comportement, car la dispersion natale est un des processus cruciaux permettant d'aborder et de comprendre le fonctionnement spatial d'une population. La dispersion natale est l'émigration d'un jeune de son domaine de naissance, vers ce qui sera son futur domaine d'adulte, sans qu'il y ait superposition entre les deux entités spatiales (Debeffe, 2013). Faute de moyen technique adapté, ce processus biologique, commun à la plupart des êtres vivants, reste peu étudié.

Jusqu'au début des années 2000 les chevreuils étaient équipés de colliers émetteurs de type VHF (very high frequency). La collecte des informations spatialisées se faisait par radiopistage manuel et impliquait plusieurs opérateurs devant travailler de façon synchrone (Janeau, 1998). Cette méthode, lourde et chronophage, n'autorisait

¹ INRA, CEFS, Chemin de Borde Rouge, Auzeville, CS 52627, F-31326 Castanet-Tolosan Cedex, France ; Bruno.Cargnelutti@toulouse.inra.fr

le suivi simultané que d'un nombre limité d'animaux ; par ailleurs, d'autres contraintes comme le terrain (relief, possibilité d'accès), la météo (orage) perturbaient voire limitaient les suivis. Faute de pouvoir réaliser des suivis réguliers et intensifs, les informations recueillies, trop fragmentaires, se résumaient souvent à des jeux de données correspondant d'une part au domaine vital de départ et d'autre part à celui d'installation. Le chercheur ignorait alors tout ou presque du trajet emprunté et de sa complexité et ce manque d'information ne permettait pas la reconstitution de trajectoires de dispersion. Cependant, le chemin de dispersion n'est certainement ni linéaire ni aléatoire et le paysage, compte tenu de sa structure, de son hétérogénéité, avec présence ou non de corridors ou d'une plus ou moins forte connectivité, peut entraver ou faciliter la dispersion, voire orienter le flux migratoire vers un axe privilégié (Gérard et al., 1992). Lors de ce périple, l'individu est amené à traverser des paysages variés, à explorer des lieux qui lui sont inconnus, et à un moment donné, il devra prendre une décision, celle de stopper sa progression et d'établir son nouveau domaine de vie. Ce choix est crucial pour l'individu et ne sera pas sans conséquence sur son devenir et celui de ses descendants. Une question alors se pose, pourquoi cet endroit précis plutôt qu'un autre ? Une théorie récente NHPI (natal habitat preference induction) avance que les stimuli, paysagers notamment, reçus par un individu au cours de sa vie juvénile au sein du domaine maternel (pré-dispersion) augmentent la probabilité de sélectionner un habitat (post-dispersion) contenant des stimuli comparables. L'adaptation de la technologie GPS (global positioning system) au service de l'écologie animale est une opportunité inestimable. L'acquisition automatisée des données est continue, synchronisée pour tous les individus de l'échantillon suivi et avec peu de perte d'information. Le traitement de ces informations géo-localisées avec des logiciels de SIG (système d'information géographique) permet maintenant d'aborder dans le détail et de mieux comprendre certains processus biologiques telle la dispersion natale.

Les résultats présentés ici sont issus des recherches menées par l'équipe Ecologie des populations, du laboratoire Comportement et Ecologie de la Faune sauvage (UPR 0035, INRA Toulouse). L'objectif fondamental de l'équipe est d'identifier et de prévoir le rôle de l'hétérogénéité de l'espace sur le fonctionnement et la structuration de populations d'ongulés sauvages. Dans ce travail concernant la dispersion chez le chevreuil dans un paysage fragmenté, nous testons sur un échantillon d'individus juvéniles la théorie de l'induction de préférence pour l'habitat natal (Debeffe, 2013).

Matériels et méthodes

Site d'étude

La zone d'étude, d'une superficie de 100 km², occupe l'étage collinéen de la région naturelle du Bas Comminges (N 43°28 et E 0°85). Elle fait partie d'un site atelier labellisé LTSER (long term socio ecological research) des coteaux de Gascogne). C'est un paysage hétérogène de coteaux à vocation polyculture élevage où les prairies représentent plus de 36 % de la surface, les parcelles cultivées 32 % et le reste est occupé par des productions non agricoles, des bosquets, des haies et des friches (24 %). Dans cet ensemble, hormis deux massifs forestiers d'environ 600 ha, les formations boisées se présentent sous forme de petites parcelles (surface moyenne 3 ha) gérées par les agriculteurs (Balent, 1996).

Capture et suivi télémétrique

Les chevreuils sont capturés en période hivernale (janvier-février) en agro écosystème mais aussi en milieu forestier. Au cours de ces battues les animaux sont poussés vers un dispositif de filets verticaux (Cargnelutti, 2007). Avant d'être relâché, chaque individu est pesé, sexé, et son âge est estimé par observation des dents de la mandibule, ce qui permet notamment de distinguer les chevreuils adultes des juvéniles ; sont aussi réalisés divers prélèvements (sang, peau, fèces...). Au début de cette étude (1996) les chevreuils étaient équipés de collier émetteur de type VHF et la prise de données se faisait par radiopistage manuel, chaque individu étant localisé hebdomadairement entre une et trois fois tout au long de l'année. Depuis 2003 la plupart des animaux capturés reçoivent un collier GPS Lotek model 3300, 12 canaux (**Photo 1**), c'est-à-dire que l'appareil est capable d'acquérir simultanément les signaux de douze des satellites de la constellation GPS (au total, une trentaine de satellites en orbite autour de la Terre). L'ensemble des géo-localisations réalisées (4 000 à plus de 5 000 par collier) est stockée



Photo 1. Femelle équipée d'un collier GPS.

en mémoire interne, l'utilisateur ne pouvant en disposer qu'à la récupération de l'appareil. Un système programmé (système Drop-off) permet l'ouverture automatique du collier et à l'utilisateur de le récupérer, d'accéder aux données et de le reprogrammer pour une nouvelle campagne de terrain. Un émetteur VHF intégré permet de suivre l'animal par radiopistage classique, mais aussi de retrouver le collier après son ouverture. Le collier complet pèse environ 385 g, ce qui représente en moyenne 1,7 % à 2,4 % de la masse des chevreuils, respectivement pour les adultes et les juvéniles (Debeffe, 2013). L'autonomie de l'appareil permet de couvrir un cycle annuel (janvier à mi-décembre). Si cet équipement est idéal pour des individus sédentaires, il n'en va pas de même pour les juvéniles dispenseurs qui peuvent parcourir de longues distances en peu de temps ; en effet, la faible portée de l'émetteur VHF (très variable en fonction de la topographie) permet difficilement de retrouver ceux qui se sont trop éloignés. Pour pallier ce problème, les juvéniles sont équipés depuis 2010 d'un nouveau modèle de collier GPS Lotek Small WildCell qui présente l'avantage d'être compatible avec le réseau GSM (global system for mobile communications). Ainsi, chaque collier envoie par SMS, directement au laboratoire sur un ordinateur équipé d'un modem, les informations temporelles (date, heure) et spatiales (latitude, longitude) des points qu'il a réalisés. Les déplacements des chevreuils sont observés presque en temps réel et ainsi le contact radio peut-être conservé et la récupération de l'appareil assuré.

Quel que soit le type de collier, l'acquisition des données est régulière, avec une fréquence plus intense durant les phases biologiques sensibles. Ainsi, dans le cas du suivi des juvéniles, une localisation est réalisée par heure durant les mois de mars, avril et mai, couvrant ainsi largement la période de dispersion (environ 70 % des géo-localisations) et une toutes les 6 heures les autres mois.

Le système d'information géographique

Le SIG et les traitements des données ont été réalisés sous différentes versions du logiciel Arcview d'ESRI. Nous disposons de deux bases de données : la première, nommée parcellaire agricole, concerne notre site d'étude *stricto sensu*. Elle a été élaborée par digitalisation des images raster de la BD ORTHO (IGN - Institut national de l'information géographique et forestière) de 2010, ayant une résolution de 50 cm. Cette base de données où chaque



polygone est identifié comme parcelle agricole (blé, maïs, prairie, ...), entité naturelle (bois, friche, lande, haie,...) ou élément anthropisé (route, bâtiment, ...), est réactualisée annuellement au cours de campagnes de relevés de terrain. La seconde, complémentaire au site atelier, est issue de la BD TOPO version 2.1 de l'IGN. Cette dernière base de données géographiques couvre une surface beaucoup plus vaste que la précédente et permet de renseigner l'occupation du sol pour les chevreuils qui dispersent sur de longues distances. Le paysage est décrit plus succinctement en termes de milieu ouvert, d'entités naturelles (bois et haies) et d'infrastructures humaines (route et bâti).

La sélection de l'habitat

Le domaine vital d'un individu sédentaire (**Figure 1**) peut se synthétiser sous la forme d'un polygone correspondant à une probabilité de présence (i.e. 90 %, 50 %, ...) sur une certaine aire, celui d'un juvénile disperser comprend trois entités, le domaine natal (pré-dispersion), la trajectoire de dispersion et le domaine d'installation (post-dispersion). L'étude de la sélection de l'habitat a été réalisée en considérant ces trois entités. Compte tenu des surfaces explorées durant la phase de dispersion, les analyses ont été effectuées avec le SIG issu de la BD TOPO. La composition du domaine natal est obtenue en réalisant une intersection entre le polygone représentant le domaine natal et la couche habitat du SIG, la même procédure est appliquée pour le domaine post-dispersion. La comparaison de la composition, en termes d'habitats, des différents domaines vitaux permet d'estimer leur degré de similitude. En ce qui concerne la trajectoire de dispersion, nous l'avons encadrée par une zone tampon d'une largeur de 100 m, correspondant au double du seuil de détection potentiel d'un congénère quel qu'il soit (Debeffe, 2013). Au sein de ce buffer, 200 localisations aléatoires ont été générées (**Figure 2**), chacune étant le barycentre d'un domaine vital virtuel d'une surface équivalente à celle du domaine post-dispersion (**Figure 3**). Ces domaines virtuels ont permis d'échantillonner les habitats potentiellement disponibles sur la trajectoire de dispersion.

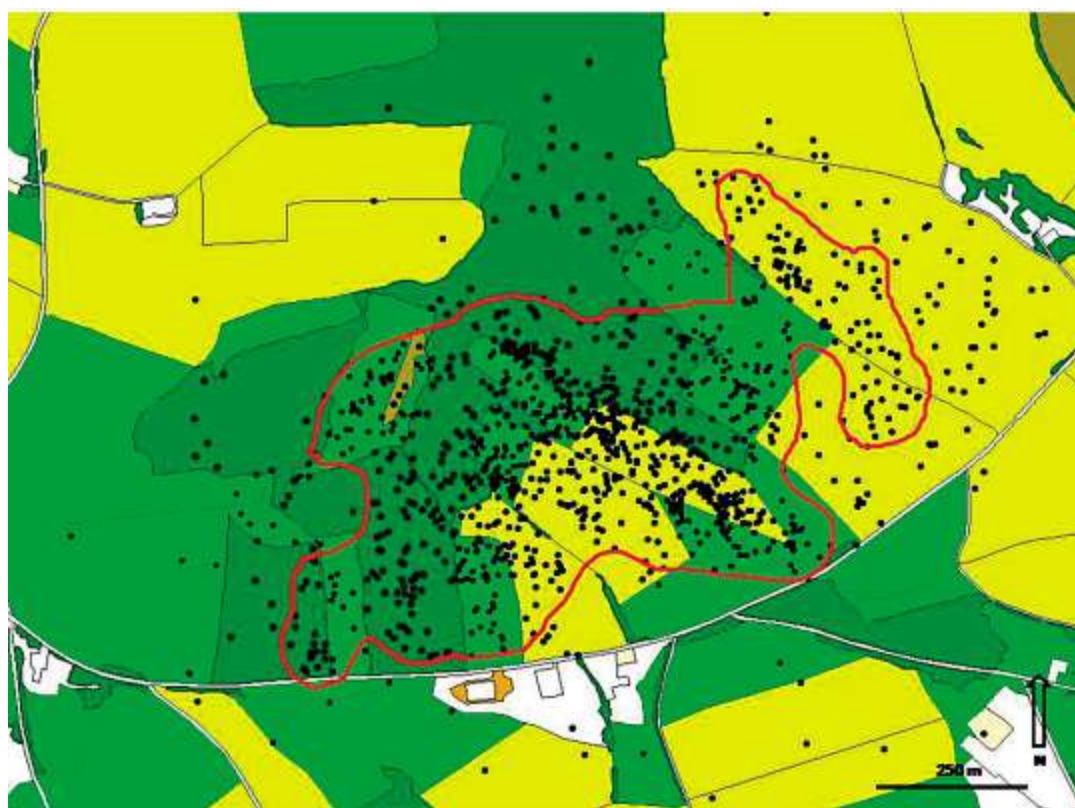


Figure 1. Exemple de représentation du domaine vital avec 90 % de présence de l'animal. Les polygones vert sombre représentent les habitats boisés (bosquets, haies), les polygones blancs l'infrastructure routière et les espaces anthropisés, et les autres couleurs la matrice agricole. Chaque point noir est une localisation GPS, le polygone du domaine est délimité par le trait rouge.

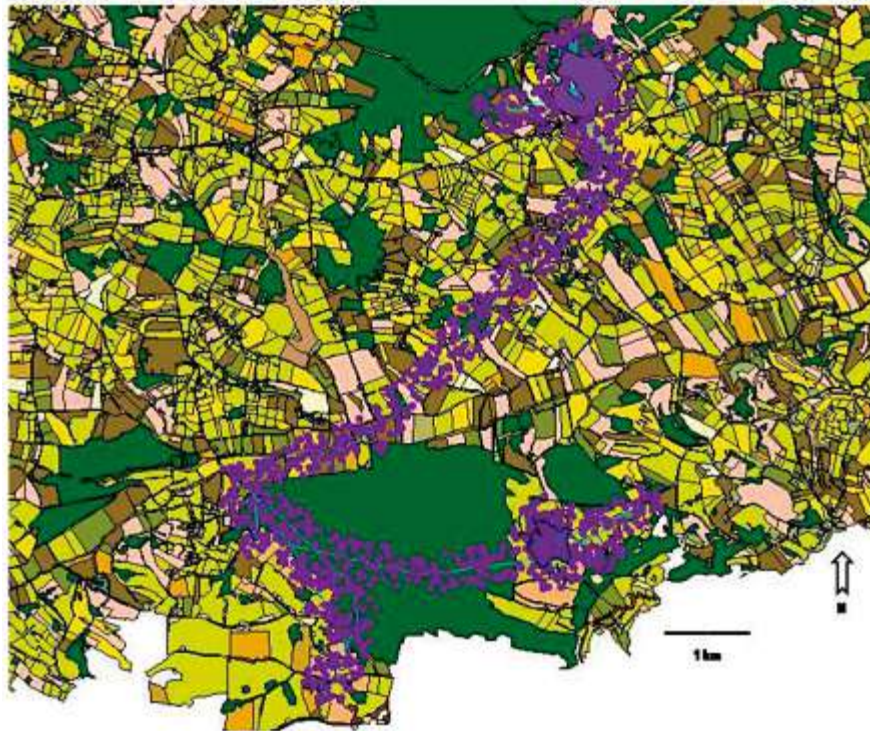


Figure 2. Exemple de trajectoire de dispersion ; en violet les points aléatoires. Les polygones verts sombres représentent les habitats boisés (bosquets, haies), les autres couleurs la matrice agricole.

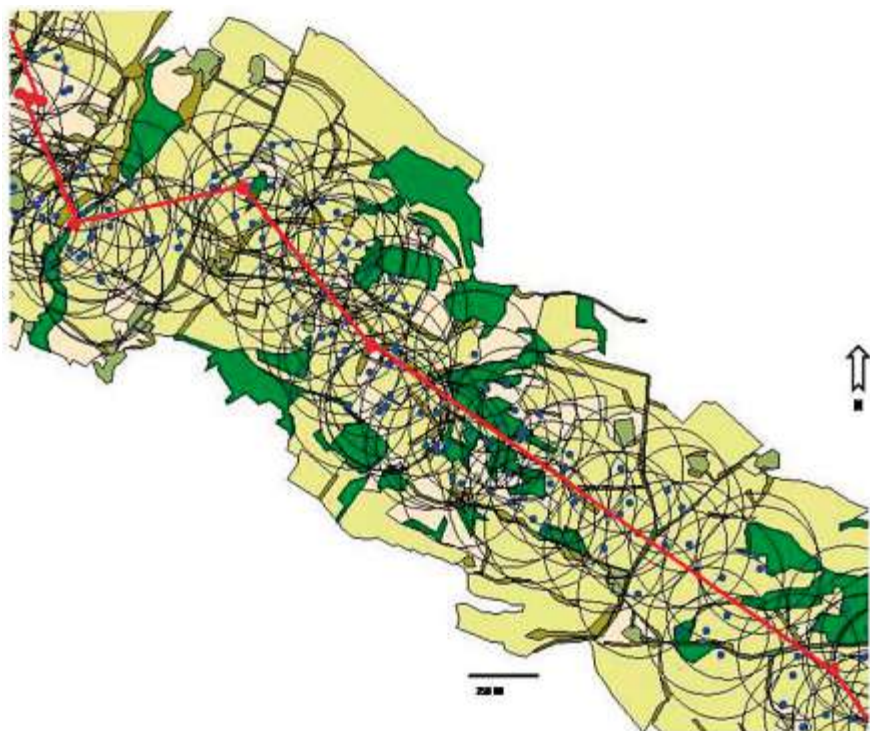


Figure 3. Etude de la sélection de l'habitat durant le trajet de dispersion (exemple du mâle juvénile 280). Polygones verts : habitats boisés. Jaune : matrice agricole. Trait rouge : trajectoire de l'animal. Points rouges : localisations GPS du chevreuil. Points bleus : points témoins tirés au sort dans la zone tampon encadrant la trajectoire. Cercle noir : zone tampon correspondant aux domaines témoins.



Résultats

Entre 2003 et 2011, 76 juvéniles ont été équipés de collier GPS. Un tiers (25/76) s'est engagé dans un processus de dispersion ; à noter quatre individus atypiques qui ont regagné leur site natal plusieurs mois après l'avoir quitté. La période de dispersion principale se situe en avril-mai (le départ le plus précoce a été observé le 30 mars et le plus tardif fin mai). Cette phase erratique, durant laquelle l'individu explore l'environnement à la recherche d'un nouveau domaine vital, dure environ 15 à 20 jours et la distance moyenne entre les deux domaines, pré dispersion et post dispersion, est de 24 km (+/- 17,3 km) avec un maximum connu de plus de 51 km. Globalement, les trajectoires de dispersion sont nettement orientées vers l'ouest. Il n'apparaît pas de biais de dispersion en faveur d'un sexe en particulier : les mâles dispersent autant que les femelles.

En ce qui concerne la théorie du NHPI, un petit tiers des individus disperseurs s'installe sur un domaine vital post-dispersion très similaire à celui de leur naissance. La majorité, 56 %, ne présente pas de sélection d'habitat en particulier et enfin, le reste (12 %) semble éviter les habitats qui composaient leur domaine natal. On observe pour la sélection du domaine post-dispersion une différence entre les sexes. En effet, ce sont les femelles et notamment celles qui ont une forte masse corporelle qui adoptent de préférence un habitat identique à celui de leur site de naissance. La durée de dispersion est significativement plus longue pour les individus adoptant une stratégie neutre (ni attirance ni aversion vis-à-vis de l'habitat natal).

Discussion

C'est au début des années soixante que sont apparus les premiers équipements radio destinés à la faune sauvage (Zimmermann et al., 1976 ; Janeau, 1998) et cette avancée technologique a été vécue par les biologistes comme une révolution. Plus besoin de passer de longues heures à l'affût, dans l'hypothétique espoir d'entrapercevoir l'animal convoité. Le radiopistage permettait de retrouver facilement un individu particulier, mais aussi de le suivre plus ou moins longtemps. Cependant, ces premiers équipements radio, pour la plupart imaginés et bricolés par les utilisateurs, étaient lourds, volumineux et n'étaient certainement pas sans incidence sur le comportement des animaux équipés (Zimmermann et al., 1976). Afin de répondre à la demande croissante des biologistes, un marché s'est rapidement développé. Actuellement, quelle que soit l'espèce étudiée, il existe au moins un émetteur qui lui est adapté. Ainsi, avec des durées de fonctionnement plus ou moins longs (de quelques jours à plusieurs années en fonction de la capacité de la pile qui l'alimente et de la puissance de l'émetteur) il est possible d'équiper aussi bien des éléphants que des chiroptères. Dès le milieu des années quatre vingt dix, avec l'adaptation d'équipement GPS destiné à la faune sauvage, une autre révolution technologique se profilait. Imaginé à des fins militaires, la technologie GPS a immédiatement séduit les biologistes qui ont su profiter de cette opportunité en la mettant au service de leur science (Janeau et al., 1998). Elle offre une combinaison d'avantages intéressants, plusieurs individus peuvent être suivis simultanément, en permanence, partout sur la planète et avec un pas de temps qui peut être relativement court (10 min dans notre cas). L'automatisation de la géo-localisation, ouvre de nouvelles perspectives de recherche, et des processus biologiques jusqu'alors connus mais très mal étudiés par manque d'informations peuvent maintenant être abordés dans leur globalité. La dispersion natale des chevreuils juvéniles en est un bon exemple. En suivant avec beaucoup de finesse les trois étapes (pré-dispersion, dispersion et post-dispersion) de ce processus complexe, nous sommes en mesure de répondre à certaines questions : qui disperse, quand, sur quelle distance et quelle est la durée de cette phase erratique. Nous savons maintenant que seulement un tiers des juvéniles s'engagent dans un processus de dispersion et que les individus qui présentent une bonne qualité phénotypique ont une probabilité de disperser plus importante que les autres. Cependant, bien que les données GPS analysées avec les SIG aient permis une progression considérable de notre connaissance de la biologie du chevreuil, notamment dans le domaine de la sélection et de l'utilisation de l'habitat, il reste encore beaucoup de questions sans réponse. Dans le cas de la théorie du NHPI, l'empreinte de l'habitat du domaine natal est sensée jouer un rôle dans le choix du domaine vital d'installation. Ainsi, des stimuli positifs retournés par l'habitat natal, devraient inciter l'individu à préférer un habitat identique à celui de sa naissance, avec en corollaire une durée de dispersion plus courte et une limitation des risques encourus. Nous avons observé une importante variabilité interindividuelle dans les stratégies de sélection d'habitats post-dispersion. Afin d'expliquer la stratégie différentielle constatée entre les sexes, Debeffe (2013) avance un argument biologique en relation avec la reproduction, l'intérêt de la femelle serait de s'installer dans un habitat favorable assurant une certaine prospérité alimentaire pour sa descendance future. Ainsi, nous constatons que les chevrettes les plus lourdes, originaires d'un habitat riche (agro-système), valident la théorie du NHPI en orientant leur choix vers un environnement

similaire à celui de leur naissance. En conséquence, cette expérience pré-dispersion ne défavorise pas ces émigrantes par rapport aux sédentaires natives d'un même type habitat. Dans le cas des mâles, le choix du site serait plus en relation avec la structure de la population et notamment la densité de femelles ; en effet comme l'ont montré certaines études ce que privilégie le mâle au sein de son territoire est plus la disponibilité en partenaires sexuelles potentielles que la qualité intrinsèque de l'habitat.

Cette étude préliminaire, tout en apportant un nouvel éclairage sur la dispersion natale, met l'accent sur l'importance de la variabilité interindividuelle au cours des différentes phases de la dispersion, ce qui souligne la complexité de ce processus biologique. L'apport d'informations complémentaires, avec de nouveaux animaux équipés, devrait permettre d'approfondir nos connaissances concernant les facteurs proximaux qui pilotent la dispersion natale. Cependant, avec une meilleure autonomie des récepteurs GPS, nous pourrions envisager des suivis sur le long terme, couvrant plusieurs cycles biologiques, ce qui nous permettrait de mieux appréhender les causes ultimes de ce processus de dispersion, au travers de la survie et du succès reproducteur de ces individus.

Que ce soit pour un usage global, comme par exemple les déplacements transocéaniques des tortues luths, ou au niveau local pour suivre les périples d'individus de telle ou telle espèce, l'outil GPS est devenu incontournable pour nombre d'études concernant la faune sauvage. Outre la qualité de la géo-localisation, les équipements récents intègrent quantité de capteurs électroniques qui les rendent presque « intelligents ». Ainsi, certains appareils munis de capteurs de proximité peuvent, dès lors qu'un appareil similaire pénètre dans leur sphère de détection, modifier leur fréquence d'acquisition, mémoriser les informations concernant le contact (qui, quand, durée, ...), récupérer les données contenues dans l'autre appareil, voire même informer, via un réseau de communication *ad-hoc*, l'utilisateur de l'événement. Ces équipements, capables de travailler en réseau, ouvrent encore de nouvelles perspectives de recherche, comme par exemple les relations interindividuelles inter ou intra-espèces (les relations sociales, les relations prédateurs-proies,...). Dans un registre plus appliqué et concernant des espèces conflictuelles, comme l'ours par exemple, les utilisateurs peuvent être prévenus de la présence d'individus équipés à proximité de secteurs sensibles (pastoralisme) et ainsi anticiper leurs déprédations. La géo-localisation satellitaire, avec l'usage du GPS, a complètement modifié les façons de travailler (Klein et al., 2006) et, dans de nombreuses études, elle a supplanté le radiopistage manuel terrestre. Cependant, cette dernière technique de localisation n'est pas pour autant abandonnée. En effet l'investissement dans des colliers GPS est très onéreux (environ 2 000 euros pour un modèle de base, contre 200 à 300 euros pour un émetteur VHF), et pour certaines espèces animales il n'existe pas d'équipement GPS adapté et le recours au radio pistage manuel sur le terrain reste alors indispensable pour retrouver un animal équipé.

Références bibliographiques

- Balent G (1996) La forêt paysanne et l'aménagement de l'espace rural. *Etudes et Recherches INRA, Département de Recherches sur les systèmes agraires et Développement* **29** : 7-14.
- Benhamou S (1998) Le domaine vital des mammifères terrestres. *Revue d'Ecologie (Terre et vie)* **53** : 309-335.
- Boisaubert B, Boutin JM (1988) *Le chevreuil*. Hatier, Paris, 236 p.
- Cargnelutti B (2007) Influence de l'hétérogénéité du paysage sur l'occupation de l'espace de chevreuils (*Capreolus capreolus*) vivant en milieu fragmenté. Diplôme EPHE, Université Montpellier II.
- Debeffe L (2013) La dispersion chez le chevreuil européen *Capreolus capreolus* dans un paysage fragmenté. Thèse de Doctorat, Université Toulouse III.
- Gérard J F, Cargnelutti B, Spitz F (1992) Relation entre anisométrie de l'occupation de l'espace et dispersion : un exemple chez le sanglier du sud-ouest de la France. *Mammalia* **56** : 177-187.
- Janeau G (1998) Localisation de balise radio-émettrice VHF portée par des mammifères terrestres : principes, précision, limites et contraintes. *Arvicola* : 11-18.
- Janeau G, Angibault JM, Cargnelutti B, Joachim J, Pepin D, Spitz F (1998) Le global positioning system (GPS) et son utilisation (en mode différentiel) chez les grands mammifères : principes, précision, limites, contraintes et perspectives. *Arvicola* : 19-24.
- Klein F, Gendner JP, Storms D, Hamann JL, Saïd S, Michallet J, Pfaff E (2006) Le GPS et l'étude des ongulés sauvages. *Faune sauvage* : 31-38.
- Zimmermann F, Gérard H, Charle-Dominique P (1976) Le radio-tracking des vertébrés : conseils et techniques d'utilisation. *Revue d'Ecologie (Terre et vie)*, **30** : 309-346.



