

Le Campagnol amphibie

Arvicola sapidus Miller, 1908
Mammifères, Rongeurs, Muridés



Photo : Philippe Gourdain




Cette fiche propose une synthèse de la connaissance disponible concernant les déplacements et les besoins de continuités écologiques du Campagnol amphibie, issue de différentes sources (liste des références *in fine*).

Ce travail bibliographique constitue une base d'information pour l'ensemble des intervenants impliqués dans la mise en œuvre de la Trame verte et bleue. Elle peut s'avérer, notamment, particulièrement utile aux personnes chargées d'élaborer les Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE). Le Campagnol amphibie appartient en effet à la liste des espèces proposées pour la cohérence nationale des SRCE¹.

Pour mémoire, la sélection des espèces pour la cohérence nationale de la Trame verte et bleue repose sur deux conditions : la responsabilité nationale des régions en termes de représentativité des populations hébergées ainsi que la pertinence des continuités écologiques pour les besoins de l'espèce. Cet enjeu de cohérence ne vise donc pas l'ensemble de la faune mais couvre à la fois des espèces menacées et non menacées. Cet enjeu de cohérence n'impose pas l'utilisation de ces espèces pour l'identification des trames régionales mais implique la prise en compte de leurs besoins de continuités par les SRCE.

Régions où l'espèce est proposée comme espèce pour la cohérence nationale de la TVB



-  Région où l'espèce est absente ou très marginale
-  Région où l'espèce est présente mais **n'est pas proposée pour être retenue** comme espèce pour la cohérence nationale de la TVB
-  Région où l'espèce est présente et **est proposée pour être retenue** comme espèce pour la cohérence nationale de la TVB

¹ Liste établie dans le cadre des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques qui ont vocation à être adoptées par décret en Conseil d'Etat en 2012.

POPULATIONS NATIONALES

<p>Situation actuelle</p> <p>D'après : Noblet, 2012 Noblet, 2005 SFPEM, 2012 UICN <i>et al.</i>, 2009</p>	<p>Le Campagnol amphibie est présent en France, en Espagne et au Portugal (Noblet, 2005). La France métropolitaine représente plus de 40 % de l'aire de répartition mondiale de cette espèce (com. pers. Rigaux, 2012).</p> <p>La France héberge la sous-espèce <i>Arvicola sapidus tenebricus</i> qui est également présente dans le Nord de l'Espagne. La sous-espèce nominale <i>A. s. sapidus</i> n'est présente qu'en Espagne et au Portugal (Noblet, 2005).</p> <p>La répartition française du Campagnol amphibie est limitée au sud-ouest d'une ligne reliant la Somme à l'Isère puis aux Alpes-Maritimes (Noblet, 2012 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Il est donc absent du Nord, de l'Est et de Corse (Noblet, 2005).</p> <p>Le Campagnol amphibie est classé « Vulnérable » sur la liste rouge mondiale des espèces menacées de l'Union internationale pour la conservation de la nature avec une tendance décroissante des populations (UICN Redlist, 2012). En France, l'espèce est classée dans la catégorie « Quasi menacée » de la liste rouge des Mammifères de métropole réalisée selon les critères UICN (UICN <i>et al.</i>, 2009). Néanmoins la situation de cette espèce en France reste encore mal connue (SFPEM, 2012).</p>
<p>Évolution</p> <p>D'après : Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 Noblet, 2012 Noblet, 2005 SFPEM, 2012</p>	<p>Le Campagnol amphibie était mentionné comme étant la cible d'aucune menace par l'Atlas des mammifères sauvages de France de 1984 (<i>in</i> Noblet, 2005).</p> <p>En 1993, les autorités ont commencé à être alertées, comme en témoigne une plaquette du Ministère en charge de l'écologie éditée en 1993, qui mentionne la disparition des populations denses de Campagnol amphibie remplacé par le Rat musqué dans les années 1970 et 1980 (<i>in</i> Noblet, 2005).</p> <p>Différents experts et atlas départementaux ont permis petit à petit de souligner localement une raréfaction ou une disparition de l'espèce : dans la Nièvre (Atlas de 1994 <i>in</i> Noblet, 2005), en Deux-Sèvres (Atlas 1995-2000 <i>in</i> Noblet, 2005), en Seine-et-Marne (Atlas de 2000 <i>in</i> Noblet, 2005), dans l'Allier, l'Aveyron, le Cantal, la Lozère, le Puy-de-Dôme et la Haute-Loire (Atlas de 1996 <i>in</i> Noblet, 2005) ou encore la Sarthe, la Mayenne et l'Ille-et-Vilaine (com. pers. Beaucornu, date inconnue <i>in</i> Noblet, 2005).</p> <p>Un tour de table sur la situation du Campagnol amphibie en France et sur l'activité des associations locales a été effectué par l'association Nature et Humanisme (Noblet, 2006 <i>in</i> Noblet, 2012). Le constat global de ce tour de table est celui d'une régression de l'aire de répartition et de la densité des observations sur le terrain (<i>in</i> SFPEM, 2012). Cette situation est préoccupante car cette évolution a été très rapide et importante pour une espèce à forte productivité (<i>in</i> SFPEM, 2012).</p> <p>Face aux inquiétudes et aux incertitudes révélées par ce tour de table, concernant l'état des populations françaises du Campagnol amphibie, une enquête nationale quantitative a été lancée par la SFPEM en 2008 et qui continue jusqu'en 2012 (SFPEM, 2012). Cette enquête nationale possède deux grands objectifs : connaître la répartition la plus détaillée possible du Campagnol amphibie en France et dans le même temps estimer son niveau de fragmentation et l'évolution de ses populations à court et moyen terme (SFPEM, 2012). A ce jour, cette enquête a déjà permis d'améliorer considérablement les connaissances sur la situation de l'espèce en France (SFPEM, 2012). Plus de 2 500 données de présence postérieures à 2000 ont été récoltées dans 400 carrés de prospection standardisée (SFPEM, 2012). En attendant les résultats complets fin 2012, les premiers résultats sont peu rassurants (SFPEM, 2012) : malgré de fortes disparités régionales, l'espèce serait globalement peu commune et très peu abondante en France (Noblet, 2012). Le Campagnol amphibie serait manifestement absent de grandes zones géographiques et, dans les zones où il est présent, sa répartition serait généralement fragmentaire (Noblet, 2012).</p> <p>Le Campagnol amphibie semble donc être en déclin ces dernières décennies en France (SFPEM, 2012). Noblet (2012) considère cette espèce comme probablement l'un des mammifères français les plus menacés. La situation serait cependant très variable selon les régions et les résultats complets de l'enquête nationale sont nécessaires avant de conclure (SFPEM, 2012). Le Campagnol amphibie semble d'une manière générale décliner dans une partie de son aire de répartition (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010) : un déclin similaire à celui suspecté en France semble ainsi être constaté en Espagne et au Portugal (SFPEM, 2012).</p> <p>Le Conseil national de protection de la nature (CNP) a donné en janvier 2012, un avis favorable à la protection réglementaire du Campagnol amphibie, demandée depuis plusieurs années par le milieu associatif (Noblet, 2012). En mars 2012, l'espèce <i>Arvicola sapidus</i> a été intégrée à un projet d'arrêté modificatif soumis à consultation du public, pour son ajout à la liste des espèces de mammifères sauvages protégées sur le territoire français par l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection, en application du code de l'environnement, et notamment de son article L.411-1.</p>
<p>Phylogéographie</p> <p>D'après : Centeno-Cuadros, 2009 Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b</p>	<p>Une étude génétique a été effectuée sur 130 localités entre la France et en Espagne sur la base de 228 échantillons récoltés (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b).</p> <p>Les résultats de l'étude mettent en évidence le fait que la Péninsule ibérique a joué le rôle de refuge pour le Campagnol amphibie lors des différentes périodes glaciaires passées (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b), déjà mis en évidence par Centeno-Cuadros dans sa thèse (2009). Les différentes glaciations ont donc à chaque fois conduit à l'existence plusieurs populations refuges ibériques isolées entre elles (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). Néanmoins, sur le long terme, à l'échelle de l'ensemble des glaciations, les résultats de l'étude ne font pas apparaître d'isolement génétique marqué (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). La divergence phylogéographique des populations refuges fut en</p>

	<p>effet probablement tempérée pour deux raisons : des populations aux effectifs importants et une vitesse élevée de recolonisation ont impliqué que les différents refuges ont toujours été reconnectés durant les périodes interglaciaires, érodant ainsi les différenciations génétiques amorcées pendant les périodes glaciaires (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b).</p> <p>A ce jour, les différences phénotypiques que l'on peut constater chez le Campagnol amphibie ne semblent donc pas ressortir sur un plan génétique et ne correspondent pas à des lignées intraspécifiques distinctes (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). Au sein de l'espèce, il n'y a donc pas réellement de structuration génétique forte constatée aujourd'hui (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b).</p> <p>Toutefois, l'étude parvient à mettre en évidence sept « groupes » génétiques à l'échelle de l'aire de répartition (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). Les échantillons prélevés en France définissent un groupe unique et distinct des autres, ce qui conclut que les populations françaises de Campagnol amphibie présentent une faible diversité génétique (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). Seuls les échantillons prélevés dans les Pyrénées orientales définissent un second groupe distinct, à cheval sur les Pyrénées françaises et espagnoles (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). Les cinq autres groupes génétiques identifiés concernent uniquement l'Espagne et le Portugal (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b).</p> <p>L'étude fait ressortir une colonisation récente du Campagnol amphibie depuis l'Espagne vers la France, datée il y a environ 62 000 ans, soit avant la fin de la dernière glaciation (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). L'étude met donc en évidence un franchissement des Pyrénées par l'Est par le Campagnol amphibie de la même manière que ce qui est observé chez de nombreuses espèces ayant trouvé refuge dans Péninsule ibérique (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). Les Pyrénées ne semblent donc pas constituer une barrière absolue pour le Campagnol amphibie (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b). Le Campagnol amphibie comme beaucoup d'espèce a donc progressé vers le Nord au fur et à mesure du retrait des glaces (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2009b).</p>
ÉCHELLE POPULATIONNELLE	
Habitat et occupation de l'espace	
<p>Habitat de l'espèce</p> <p>D'après : Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 Duquet & Maurin, 1992 Noblet, 2012 Noblet, 2005 Quéré & Le Louarn, 2011</p>	<p>Le Campagnol amphibie peut habiter tous les milieux aquatiques et humides à végétation hydrophile (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; Noblet, 2005 ; Noblet, 2012 ; Quéré & Le Louarn, 2011) du moment que cette végétation est suffisamment dense pour lui procurer un couvert et suffisamment herbacée pour lui procurer de la nourriture (com. pers. Rigaux, 2012). Le Campagnol amphibie peut donc fréquenter les ruisseaux, rivières, canaux, étangs, lacs, marais, mares (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2005 ; Noblet, 2012 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Il habiterait toutefois préférentiellement les eaux stagnantes ou à faible courant (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012). Les eaux saumâtres ne lui sont pas défavorables (Quéré & Le Louarn, 2011). On le rencontre également dans les terres cultivées (Quéré & Le Louarn, 2011).</p> <p>Le Campagnol amphibie creuse ses terriers dans les berges des milieux qu'il fréquente (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2005 ; Noblet, 2012 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Une ou plusieurs entrées (6 cm de diamètre) peuvent être submergées (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012 ; Noblet, 2005 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Il peut aussi confectionner des nids cachés dans la végétation des berges au-dessus de l'eau, notamment en terrain marécageux (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; Noblet, 2005 ; Noblet, 2012).</p>
<p>Taille du domaine vital</p> <p>D'après : Rigaux <i>et al.</i>, 2009a</p>	<p>Le domaine vital d'un Campagnol amphibie varie selon la configuration spatiale du milieu propice ; il peut ainsi correspondre à une zone linéaire (portion de cours d'eau et de ses berges) comme à une zone non linéaire (réseau de petits étangs par exemple) (Rigaux <i>et al.</i>, 2009a).</p> <p>Dans un inventaire de Campagnol amphibie par piégeage réalisé par le Groupe mammalogique d'Auvergne (GMA), le linéaire moyen régulièrement fréquenté par un individu adulte est de l'ordre de 80 à 150 m (Rigaux <i>et al.</i>, 2009a). La plus grande distance observée entre deux recaptures d'un individu est de 200 m (Rigaux <i>et al.</i>, 2009a). La distance la plus faible de recapture régulière (avec un taux de recapture élevé) est de 40 m et concerne un jeune (Rigaux <i>et al.</i>, 2009a).</p> <p>En milieu surfacique, la zone fréquentée par un individu adulte de Campagnol amphibie semble être d'au moins 3 600 m² (Rigaux <i>et al.</i>, 2009a).</p>
<p>Densité de population</p> <p>D'après : Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011 Noblet, 2012 Noblet, 2005 Quéré & Le Louarn, 2011 Rigaux & Christianne, 2008 Rigaux <i>et al.</i>, 2009a Rigaux <i>et al.</i>, 2009b</p>	<p>Dans de bonnes conditions, la densité locale, à l'échelle d'un site de présence de 100 m de long, peut atteindre 5 individus (Noblet, 2005 ; Noblet, 2012 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Dans l'étude menée par le GMA (2009), la densité observée va de 2 à 2,7 individus adultes pour 100 m de linéaire occupé par l'espèce et de 0,3 à 1,2 individus adultes pour 100 m de linéaire prospecté. En mesure surfacique, Centeno-Cuadros <i>et al.</i> (2011), dans leur étude menée en Espagne, constatent une densité globale de 5 à 10 individus par km², à l'échelle d'un secteur au sein duquel les sites de présence sont ensuite ponctuels.</p> <p>La stabilité des densités dans le temps est variable selon les auteurs : pour certains auteurs les densités du Campagnol amphibie ne seraient pas soumises à des fluctuations saisonnières des effectifs de populations (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010) et pour d'autres, des cycles de fluctuation longue durée (plus de 10 ans) ne seraient pas à exclure (Quéré & Le Louarn, 2011).</p> <p>En Auvergne, l'espèce a fait l'objet d'un suivi dans le bassin versant de la Sioule. Rigaux & Christianne (2008) et Rigaux <i>et al.</i> (2009a) constatent ainsi que des tronçons de rives peuvent être désertés d'une année sur l'autre si leur faciès se modifie (évolution de la végétation, bouleversement anthropique...) ; cela peut également être le cas sans qu'une cause n'ait pu être mise en évidence. Au bout des trois années de suivi effectués, Rigaux <i>et al.</i> (2009b) constatent que 71 % des tronçons suivis (n=66) sont stables, c'est-à-dire restent occupés ou restent inoccupés pendant les 3 ans. Ces résultats vont donc dans le sens d'une instabilité de l'occupation par le Campagnol amphibie, ceux-ci pouvant ne pas être occupés chaque année et/ou être colonisés temporairement ou non.</p>

Territorialité D'après : Noblet, 2012 Noblet, 2005 Pita <i>et al.</i> , 2010 Quéré & Le Louarn, 2011 Rigaux <i>et al.</i> , 2009a	Le Campagnol amphibie vit en petits groupes familiaux (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005). Il est possible de supposer que les zones fréquentées ou régulièrement exploitées par un individu constituent pour lui un territoire. Cette espèce dépose en effet des crottes en monticules servant de marquage (Quéré & Le Louarn, 2011). Toutefois, il n'est pas évident que le Campagnol amphibie défende réellement un territoire contre des individus de la même espèce (Rigaux <i>et al.</i> , 2009a). Pita <i>et al.</i> (2010) indiquent que les territoires de Campagnol amphibie peuvent se chevaucher, surtout en période sèche, à la fois entre conspécifiques et avec d'autres espèces de rongeurs (Pita <i>et al.</i> , 2010). Ces chevauchements semblent par contre toujours concerner la périphérie des territoires, alors qu'une zone « cœur » reste, elle, toujours individualisée (Pita <i>et al.</i> , 2010).
Fidélité des adultes au site et au partenaire	Aucune information n'a été trouvée sur le Campagnol amphibie concernant ce point.
Déplacements	
Mode de déplacements D'après : Aulagnier <i>et al.</i> , 2010 Duquet & Maurin, 1992 Noblet, 2012 Noblet, 2005 Quéré & Le Louarn, 2011	Le Campagnol amphibie est une espèce semi-aquatique (Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012). Il ne présente néanmoins pas d'adaptation particulière à cette vie semi-aquatique hormis une possibilité d'apnée de plusieurs minutes (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Il est donc tout à fait capable de plonger et de rester sous l'eau quelques instants (Aulagnier <i>et al.</i> , 2010 ; Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2005 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Le Campagnol amphibie nage également très bien en surface (Aulagnier <i>et al.</i> , 2010 ; Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012 ; Noblet, 2005 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Pour ce faire, il utilise ses quatre pattes (Quéré & Le Louarn, 2011). A terre, il circule dans des cheminements bien déterminés (Quéré & Le Louarn, 2011). Il parvient à creuser des coulées, soit dans la végétation haute, soit le long des racines et des berges (Quéré & Le Louarn, 2011). Il peut même se faire un nid dans la végétation parmi les plantes aquatiques et regagner l'entrée submergée d'un terrier en marchant sur le fond vaseux d'un étang (Quéré & Le Louarn, 2011).
Déplacements liés au rythme circadien (cycle journalier) D'après : Aulagnier <i>et al.</i> , 2010 Duquet & Maurin, 1992 Noblet, 2012 Quéré & Le Louarn, 2011	Le Campagnol amphibie est une espèce à la fois diurne et nocturne (Aulagnier <i>et al.</i> , 2010 ; Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012 ; Quéré & Le Louarn, 2011) mais plus active de nuit que de jour (com. pers. Rigaux, 2012). Les périodes privilégiées d'activité sont cependant très variables selon les individus et selon les régions (com. pers. Rigaux, 2012). Dans l'ouest de la France, l'animal serait davantage diurne (Noblet, 2012). Pour certains auteurs, ses pics d'activité se situeraient même en fin de matinée et en première moitié d'après-midi, avec deux périodes de repos principales en milieu de journée et au crépuscule (Noblet, 2012 ; Quéré & Le Louarn, 2011). Il pourrait également exister une variation saisonnière de l'activité circadienne avec des animaux plus actifs à l'aube en été (Quéré & Le Louarn, 2011).
Déplacements liés au rythme plurircircadien	Aucune information n'a été trouvée sur le Campagnol amphibie concernant ce point.
Déplacements liés au rythme circannuel (cycle annuel) D'après : Duquet & Maurin, 1992 Noblet, 2012 Noblet, 2005 Pita <i>et al.</i> , 2010 Quéré & Le Louarn, 2011 Rigaux & Charruau, 2007	Le campagnol amphibie est actif en été comme en hiver (Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012). La délimitation de la période de reproduction est très variable selon les auteurs. La saison de reproduction se situerait de mars à octobre (Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012 ; Noblet, 2005) ou plus souvent d'avril à septembre (Quéré & Le Louarn, 2011). Les mâles pourraient néanmoins garder une activité sexuelle toute l'année (Quéré & Le Louarn, 2011), avec par exemple une reproduction possible en hiver lorsque ceux-ci sont doux (Rigaux & Charruau, 2007). D'autres auteurs rapportent quant à eux qu'il existe un maximum de reproduction en automne et au printemps et que la reproduction est totalement absente en été ((Fedriana <i>et al.</i> , 2007 ; Roman, 2007) <i>in</i> Centeno-Cuadros <i>et al.</i> , 2011). Selon les mêmes auteurs, les déplacements en saison sèche sont de toutes les façons rares au sein des milieux occupés. Le Campagnol amphibie est essentiellement monogame même si des stratégies de reproduction multiples peuvent être constatées (Pita <i>et al.</i> , 2010). L'accouplement a lieu dans l'eau ou à proximité immédiate (Noblet, 2012). La gestation dure 3 semaines et on compte 3 à 4 portées par an avec une moyenne de 3,5 petits par portée (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005 ; Quéré & Le Louarn, 2011). La longévité observée est de 2 à 4 ans (Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012 ; Noblet, 2005).
ÉCHELLE INTERPOPULATIONNELLE	
Type de structure interpopulationnelle D'après : Centeno-Cuadros <i>et al.</i> , 2011	Le Campagnol amphibie semble suivre le modèle interpopulationnel de la métapopulation (Centeno-Cuadros <i>et al.</i> , 2011). Les auteurs constatent néanmoins une dynamique métapopulationnelle faible c'est-à-dire que les taux d'immigrations et d'émigrations entre populations voisines sont relativement faibles (Centeno-Cuadros <i>et al.</i> , 2011). Ces taux sont également fortement variables dans l'espace et dans le temps : le peu d'échanges constatés semble survenir en même temps et entre les mêmes populations (Centeno-Cuadros <i>et al.</i> , 2011). En dépit d'une dynamique faible, les auteurs constatent une différenciation génétique faible entre ces populations isolées (Centeno-Cuadros <i>et al.</i> , 2011). Les auteurs s'attendaient d'ailleurs à une différenciation plus importante compte tenu du contexte relativement sec de l'étude qui engendre de manière naturelle des populations cantonnés aux milieux humides isolés (Centeno-Cuadros <i>et al.</i> , 2011).

Dispersion juvéniles	
<p>Âge de la dispersion</p> <p>D'après : Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011 Duquet & Maurin, 1992 Duquet & Maurin, 1992 Noblet, 2012 Noblet, 2005</p>	<p>L'émancipation a lieu entre 2 et 3 semaines (Duquet & Maurin, 1992). Les juvéniles semblent disperser uniquement durant la saison des pluies ((Fedriana <i>et al.</i>, 2007 ; Roman, 2007) <i>in</i> Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011). La maturité sexuelle est ensuite atteinte à 5 semaines (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005) voire pas avant 2 mois et demi (Duquet & Maurin, 1992).</p>
<p>Distances de dispersion</p> <p>D'après : Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011 Fisher <i>et al.</i>, 2009 GMB, 2010</p>	<p>Román (2007 <i>in</i> Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011) mesure, grâce à la technique de capture-marquage-recapture (CMR), des distances de dispersion de 838 m pour les mâles et 695 m pour les femelles. L'outil génétique donne des résultats relativement semblables avec une distance de dispersion de 668 m pour les mâles et de 661 m pour les femelles (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011). Toutefois, l'outil génétique permet de mesurer une dispersion que si celle-ci est suivie d'un succès de reproduction (donc visible génétiquement dans les descendants).</p> <p>Dans les faits, la dispersion du Campagnol amphibie peut donc être potentiellement beaucoup plus élevée, de l'ordre de 2 à 3 km (com. pers. Rigaux, 2012). Le GMB (2010) souligne également que le Campagnol amphibie posséderait des capacités de dispersion assez importantes. Les distances mesurées par radiopistage vont d'ailleurs de 159 m jusqu'à 1,8 km même si la moyenne est de 553 m (Fisher <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>La distance de dispersion semble être relativement identique entre les deux sexes avec éventuellement une distance plus courte chez les femelles. Selon Centeno-Cuadros <i>et al.</i> (2011), une plus faible distance de dispersion chez les femelles serait compensée par leur taux de survie élevé et leur forte reproduction.</p>
<p>Stratégie de dispersion</p> <p>D'après : Fisher <i>et al.</i>, 2009</p>	<p>Fisher <i>et al.</i> (2009) ont procédé à une étude sur la dispersion juvénile en déplaçant manuellement des jeunes en âge de disperser dans des « patch » d'habitat favorable soit déjà occupés soit vacants. Les jeunes étaient ensuite suivis par télémétrie afin de constater leur comportement. Les résultats montrent que les juvéniles déposés ont tendance à rester dans les sites les moins densément peuplés. Dans le même temps, les jeunes déposés sur des sites vacants ont également fortement tendance à le quitter (80 % des cas), sauf si un autre jeune arrive rapidement sur ce site. Les auteurs pensent donc qu'il existe, jusqu'à une certaine densité, une « attraction sociale » chez le Campagnol amphibie. Le comportement des jeunes en phases de déplacement mis en évidence par l'étude semble confirmer cela. En effet, les jeunes en déplacement restent plusieurs jours dans cette phase de dispersion, en adoptant une trajectoire en « pas japonais », s'arrêtant longuement sur des sites successifs. Les auteurs interprètent ce comportement comme une stratégie destinée à localiser au final des « patchs » où des conspécifiques sont présents mais en faible densité, afin de former avec eux une nouvelle colonie.</p>
Émigration possible des adultes	
<p>Au regard des éléments décrivant la structure interpopulationnelle, il semblerait que les adultes puissent émigrer vers d'autres populations. La métapopulation est ainsi soumise à une alternance d'extinction/colonisation de ses populations (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011).</p>	
ÉLÉMENTS FRAGMENTANT ET STRUCTURE DU PAYSAGE	
<p>La fragmentation des habitats dans la conservation de l'espèce</p> <p>D'après : Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 Noblet, 2012 Noblet, 2008 Noblet, 2005 Quéré & Le Louarn, 2011 Rigaux <i>et al.</i>, 2009a SFPEM 2012</p>	<p>Les causes de déclin du Campagnol amphibie ne sont pas clairement identifiées (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005 ; SFPEM 2012).</p> <p>Elles tiendraient à une forte mortalité directe du fait notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de campagnes d'empoisonnement passées (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005 ; SFPEM 2012), - de la concurrence (Rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i> (Linnaeus, 1766)), Ragondin (<i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782))) ou de la prédation (Vison d'Amérique (<i>Mustela vison</i> Schreber, 1777), Surmulot (<i>Rattus norvegicus</i> (Berkenhout, 1769))) par des espèces introduites (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; com. pers. Noblet, 2012 ; Noblet, 2012 ; Noblet, 2008 ; Noblet, 2005 ; Quéré & Le Louarn, 2011 ; SFPEM 2012), - du piégeage non sélectif des espèces qualifiées de « nuisibles » (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005). <p>La modification des milieux du Campagnol amphibie serait également un facteur important de déclin. On note ainsi la modification des pratiques agricoles conduisant à l'usage de pesticides, au surpiétinement des berges par le bétail ou au drainage et au remblaiement des zones humides (Noblet, 2012 ; SFPEM 2012).</p> <p>Dans le même temps, de nombreuses modifications des milieux, néfastes à l'espèce, concernent directement la continuité rivulaire des milieux aquatiques occupés. La rectification des cours d'eau, leur busage, leur bétonnage, l'enrochement des berges et l'entretien des végétations de berges sont en effet défavorable au Campagnol amphibie (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005).</p> <p>Les barrages peuvent également être responsables de modifications et de variations trop fortes des niveaux d'eau et d'assèchement estival inadéquat pour le Campagnol amphibie (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005). Ces variations importantes de niveau d'eau peuvent rendre la colonisation du Campagnol amphibie impossible (Noblet, 2012).</p> <p>Les techniques d'entretien des canaux ont également leur importance et certaines peuvent être défavorables au Campagnol amphibie, que ce soit par l'utilisation de pesticides, le déclenchement d'incendies volontaires, le curage à l'aide de tractopelles qui provoquent un écrasement des berges sur une rive et le dépôt des matériaux de curage sur l'autre rive, ou la fauche de toute la végétation du site (Noblet, 2012).</p> <p>Par ailleurs la modification des techniques d'arrosage, passant de l'utilisation de petits canaux naturels à des tuyaux enterrés est un facteur important de menace pour le Campagnol amphibie (com. pers. Noblet, 2012).</p>

	<p>Enfin, le long des cours d'eau, certains obstacles peuvent s'avérer infranchissables pour le Campagnol amphibie tels que les vannes, seuils et busages importants (Noblet, 2012 ; Noblet, 2008).</p> <p>Ces modifications du réseau hydrographique peuvent entraîner une fragmentation des espaces favorables très préjudiciable à l'espèce. Le Campagnol amphibie semble en effet avoir tendance à ne pas être présent sur des portions de rives propices si elles sont complètement isolées (Rigaux <i>et al.</i>, 2009a). La disponibilité de portions de rives propices à proximité de portions occupées est donc un facteur favorisant la présence et le maintien d'une population de Campagnol amphibie à l'échelle d'une zone de quelques kilomètres de réseau hydrographique (Rigaux <i>et al.</i>, 2009a). A ce la s'ajoute le fait que, de manière spontanée, les portions de rives occupées peuvent ne représenter qu'une partie du linéaire d'habitat paraissant propice à l'espèce (Rigaux <i>et al.</i>, 2009a).</p>
<p>Importance de la structure paysagère</p> <p>D'après : Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 Centeno-Cuadros, 2009 Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011 CSRPN IDF, 2010 Duquet & Maurin, 1992 Noblet, 2012 Noblet, 2005 Pita <i>et al.</i>, 2010 Quéré & Le Louarn, 2011</p>	<p>La végétation des berges est très importante pour le Campagnol amphibie (Noblet, 2005). Si la végétation des berges se transforme en boisements de haute tige, elle empêche la végétation herbacée immergée ou installée sur les berges de pousser par manque de lumière (Noblet, 2012 ; Noblet, 2008 ; Quéré & Le Louarn, 2011). La berge devient alors hostile au Campagnol amphibie en le privant de nourriture (Noblet, 2012).</p> <p>Le Campagnol amphibie serait ainsi caractéristique des connexions maintenues entre les cours d'eau possédant une végétalisation des berges bien structurées (CSRPN IDF, 2010).</p> <p>La végétation est en partie utilisée par le Campagnol amphibie pour satisfaire son régime alimentaire essentiellement végétarien (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012 ; Noblet, 2005 ; Pita <i>et al.</i>, 2010) : il se nourrit des parties vertes des tiges aériennes ou submergées et des racines (Noblet, 2012 ; Noblet, 2005). Il consomme les joncs, roseaux, graminées (Duquet & Maurin, 1992 ; Noblet, 2012 ; Noblet, 2005).</p> <p>La végétation joue également un rôle de protection essentiel contre les prédateurs (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011 ; Pita <i>et al.</i>, 2010).</p> <p>Dans le même temps, l'étude génétique menée en Espagne par Centeno-Cuadros <i>et al.</i> (2011) semble traduire des conclusions différentes. Cette étude a été réalisée à partir de 142 individus prélevés sur 7 localités de Campagnol amphibie (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011). L'objectif était de constater l'existence ou non d'une structure génétique forte en fonction du paysage afin de mieux comprendre les capacités de dispersion du Campagnol amphibie entre les « patch » d'habitat favorable (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011). Les résultats suggèrent que la structure génétique est uniquement conditionnée par la distance entre les populations et que les facteurs paysagers n'expliquent donc pas cette structuration (Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011), constat déjà mis en évidence par Centeno-Cuadros dans sa thèse en 2009.</p> <p>Ces résultats suggèrent donc que le Campagnol amphibie dispose de bonnes capacités de dispersion pour se déplacer dans un milieu hostile de type « matrice », entre « patch » habitats favorables. Ces résultats sont cependant sans doute à rattacher au contexte même de l'étude car des résultats contraires ont été obtenus par d'autres auteurs pour qui le relief par exemple constituait un facteur de différenciation des populations (Berthier <i>et al.</i>, 2005 <i>in</i> Centeno-Cuadros <i>et al.</i>, 2011).</p> <p>Rigaux (com. pers., 2012) souligne néanmoins que ce constat est très largement vérifié : le Campagnol amphibie est extrêmement dépendant d'un faciès précis de végétation pour son installation mais, les individus peuvent transiter dans tous types de faciès, même non propices, entre ces différents sites favorables.</p>
<p>Exposition aux collisions</p>	<p>Aucune étude de relevé de collisions n'a été trouvée sur le Campagnol amphibie. Rigaux (com. pers., 2012) rapporte néanmoins l'existence de quelques rares cas de Campagnol amphibie écrasés sur la route, mais ce phénomène serait donc très faible.</p>
<p>INFLUENCE DU CLIMAT</p>	
<p>Le Campagnol amphibie ne semble pas redouter le climat montagnard. En France, il est présent des plaines côtières jusqu'à plus de 2 000 m d'altitude (Noblet, 2012 ; Quéré & Le Louarn, 2011). En Espagne, l'espèce atteint même les 2 600 m d'altitude (Aulagnier <i>et al.</i>, 2010 ; Quéré & Le Louarn, 2011). A l'inverse, il est possible d'imaginer que les climats secs lui sont défavorables compte tenu des milieux aquatiques auxquels il est inféodé. Le réchauffement climatique pourrait donc être une menace pour le Campagnol amphibie.</p>	
<p>POSSIBILITÉS DE SUIVI</p>	
<p>La présence du Campagnol amphibie est difficile à détecter et la difficulté est encore plus grande de détecter ses déplacements. Des méthodes indirectes sont employées pour détecter la présence de l'espèce. Les crottes disposées en crotiers régulièrement alimentés sont en effet caractéristiques (vertes) (Noblet, 2005 ; Quéré & Le Louarn, 2011 ; Rigaux & Charreau, 2007 ; Rigaux <i>et al.</i>, 2009b). Ces méthodes sont intéressantes car elles permettent de détecter les sites d'installations et les colonies et donc d'identifier les sites à enjeu de conservation. Néanmoins, elles ne sont pas performantes pour l'étude de la dispersion ou des déplacements en général. Il en est de même des « réfectories » qui constituent des zones dégagées par l'animal où il dépose les restes de ses repas (Noblet, 2005). Les pelotes de réjection de rapaces nocturnes est aussi une source d'informations sur la présence de l'espèce dans un secteur (Noblet, 2008).</p> <p>Pour cibler les déplacements, des méthodes peuvent être utilisées concernant les mouvements effectués au sein des sites de présence (Noblet, 2005) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les allers et venus fréquents des individus sur leur site forment des galeries ou coulées dans la végétation des berges ou des marais faciles à repérer ; - dans les cours d'eau lents avec une abondante végétation (cressonnière par exemple), il est aussi possible de déceler les passages aquatiques réguliers près d'un terrier submergés par la présence d'une eau troublée. <p>L'utilisation de photopièges peut aussi a priori permettre de visualiser le passage d'individus sur des berges (com. pers. Vignon, 2012).</p> <p>Pour étudier les déplacements de type dispersion, entre sites, il existe d'autres méthodes. Le radiopistage a été utilisé avec succès chez cette espèce afin de mieux comprendre le comportement de dispersion et d'en mesurer la distance (Fisher <i>et al.</i>, 2009). La CMR peut également être utilisée dans ce</p>	

sens (Román, 2007 in Centeno-Cuadros *et al.*, 2011). Enfin, l'outil génétique permet aussi de mesurer des distances de dispersion suivie de reproduction (Centeno-Cuadros, 2009 ; Centeno-Cuadros *et al.*, 2011). L'outil génétique peut par ailleurs permettre de mettre en évidence le degré d'isolement de populations (Centeno-Cuadros *et al.*, 2011) ainsi que, à l'échelle de l'aire de répartition, de retracer son histoire et sa phylogéographie (Centeno-Cuadros *et al.*, 2009b). Les analyses génétiques peuvent être effectuées sur tissu frais récolté directement sur des individus capturés par piégeage puis relâchés après prélèvement d'un fragment d'oreille (« earpunching ») (Centeno-Cuadros *et al.*, 2011). Les analyses génétiques peuvent aussi s'effectuer à partir d'os récoltés dans les pelotes de réjection des rapaces nocturnes et diurnes donc sans nécessité de capture d'individus (Centeno-Cuadros *et al.*, 2009b).

ESPÈCES AUX TRAITS DE VIE SIMILAIRES OU FRÉQUENTANT LES MÊMES MILIEUX

Campagnol terrestre forme aquatique

D'après :

Centeno-Cuadros, 2009
Centeno-Cuadros *et al.*, 2011
Centeno-Cuadros *et al.*, 2009a
Centeno-Cuadros *et al.*, 2009b
Noblet, 2012
Noblet, 2005
Quéré & Le Louarn, 2011

Dans le genre *Arvicola*, la France héberge une autre espèce de Campagnol, le Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris* (Linnaeus, 1758)). L'étude de Centeno-Cuadros *et al.* (2009b) met en évidence une divergence monophylétique et nette entre le Campagnol terrestre et le Campagnol amphibie (10 % de divergence en moyenne). Cette divergence aurait eu lieu vers le milieu du Pléistocène (Centeno-Cuadros *et al.*, 2009b), il y a environ entre 210 000 et 250 000 ans (Centeno-Cuadros, 2009 ; Centeno-Cuadros *et al.*, 2009a). Aucun flux de gène ne semble être détecté entre ces deux espèces malgré le fait qu'elle soit en contact en Espagne et en France (Centeno-Cuadros, 2009 ; Centeno-Cuadros *et al.*, 2009a).

Le Campagnol terrestre est présent en France sous une forme fouisseuse et sous une forme aquatique (com. pers. Rigaux, 2012 ; Noblet, 2005). La forme fouisseuse occupe la plus grande partie de la France et la forme aquatique est visible dans le nord et nord-est du pays : Nord-Pas-de-Calais, Picardie, Bourgogne, Champagne-Ardenne, Lorraine, Franche-Comté, Alsace (com. pers. Rigaux, 2012). La forme aquatique est néanmoins la plus répandue à l'échelle de l'aire de répartition de l'espèce (Italie, Grande-Bretagne, Pays de l'Est, ...) (Quéré & Le Louarn, 2011). Depuis 2005, ces deux formes sont reconnues comme deux espèces différentes : *Arvicola scherman* (Campagnol fouisseur) et *Arvicola terrestris* (Campagnol terrestre ou Campagnol terrestre forme aquatique (nom utilisée pour le reste de ce texte pour éviter toute ambiguïté)) (com. pers. Rigaux, 2012). Cette classification reste toutefois encore en discussion au sein de la communauté scientifique. *Arvicola amphibius* peut également être rencontré pour désigner le Campagnol terrestre forme aquatique.

La forme aquatique du Campagnol terrestre partage de fortes similarités avec *Arvicola sapidus* (Centeno-Cuadros *et al.*, 2011). Comme le Campagnol amphibie, elle est inféodée aux milieux aquatiques et occupe les berges des rivières et canaux ainsi que les marais pourvus d'une végétation abondante (phragmites) où elle creuse avec les dents un terrier assez complexe (Quéré & Le Louarn, 2011). Le nid est dans le terrier et quelques fois dans la végétation dense au dessus de l'eau (Quéré & Le Louarn, 2011).

Les mâles du Campagnol terrestre forme aquatique ont un domaine vital d'une taille double de celui des femelles : 300 m de rives en faible densité, 100 m dans le cas contraire (Quéré & Le Louarn, 2011). Comme le Campagnol amphibie, la forme aquatique du Campagnol terrestre dépose ses crottes en latrines pour marquer son territoire (Quéré & Le Louarn, 2011) ; les crottes sont de couleur très variable, parfois vertes (com. pers. Rigaux, 2012).

La dispersion est plus importante chez les femelles adultes (2 km) que chez les juvéniles et plus faibles chez les mâles (Quéré & Le Louarn, 2011).

La forme aquatique du Campagnol terrestre reste globalement méconnue dans notre pays, notamment en ce qui concerne la limite de sa distribution. Cette méconnaissance tient en partie au fait qu'elle peut être confondue avec le Campagnol amphibie (Noblet, 2012) ; par conséquent son aire de répartition est probablement plus étendue qu'on ne le pense (Quéré & Le Louarn, 2011). Les répartitions de ces deux taxons sont supposées être distinctes mais la connaissance disponible ne permet pas encore de l'affirmer à ce jour (com. pers. Rigaux, 2012). Dans le cadre de l'enquête nationale coordonnée par la SFPEM, des prospections sont effectuées pour tenter de délimiter précisément l'aire de répartition du Campagnol amphibie et de constater justement l'existence ou non d'une zone sympatrique avec le Campagnol terrestre forme aquatique (com. pers. Rigaux, 2012). A ce stade, aucune zone de contact entre les deux campagnols n'a été trouvée en Champagne-Ardenne ni Bourgogne (com. pers. Rigaux, 2012). Ces prospections réalisées par indice de présence et capture doivent néanmoins être confirmées par analyse génétique sur la base des prélèvements de poils effectués (com. pers. Rigaux, 2012). Un travail similaire est en cours en Picardie/Normandie notamment par Picardie Nature et le Groupe mammalogique Normand (com. pers. Rigaux, 2012).

Dans certains pays le Campagnol terrestre forme aquatique est en régression et se trouve même au bord de l'extinction dans en Italie et en Grande Bretagne (Quéré & Le Louarn, 2011). En France, l'espèce est trop peu connue pour statuer. Les menaces qui peuvent peser sur ce taxon restent dans tous les cas les mêmes que celles pesant sur le Campagnol amphibie : dégradation des milieux aquatiques et de leur continuité, compétition avec certaines espèces introduites (Quéré & Le Louarn, 2011).

Autres espèces

D'après :

CSRPN Auvergne, 2010
CSRPN PDL, 2010
CSRPN RA, 2010
Noblet, 2008
Quéré & Le Louarn, 2011

Le Campagnol amphibie est considéré globalement comme un très bon indicateur de la connectivité des milieux aquatiques (CSRPN Auvergne, 2010, CSRPN RA, 2010). Il constitue une espèce intéressante pour répondre aux besoins de connectivité et de fonctionnalité des milieux (CSRPN PDL, 2010).

Le Campagnol amphibie constitue lui-même une proie pour de nombreuses espèces nécessitant à leur tour une continuité aquatique et rivulaire, telles que la Loutre d'Europe (*Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)) ou le Putois d'Europe (*Mustela putorius* Linnaeus, 1758) (Quéré & Le Louarn, 2011).

La Chouette effraie (*Tyto alba* (Scopoli, 1769)) peut prélever un nombre non négligeable de Campagnol amphibie de même que le Hibou Grand-duc (*Asio otus* (Linnaeus, 1758)) (Noblet, 2008 ; Quéré & Le Louarn, 2011).

La présence de Castor d'Europe (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) devient alors un atout pour le Campagnol amphibie (Noblet, 2008). En effet le Castor d'Europe coupe les arbres des berges ce qui crée des poches de lumière et inonde en plus de nouvelles zones qui peuvent être favorables au Campagnol amphibie (Noblet, 2008). Ce cas est observé dans la vallée de l'Asse (04) (Noblet, 2008).

> Rédacteur :

Romain SORDELLO, Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel

> Relecteurs :

Patrick HAFFNER, Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel

Jean-François NOBLET, Nature & Humanisme

Pierre RIGAUX, Groupe mammalogique d'Auvergne, Société française d'étude et de protection des mammifères sauvages

> Bibliographie consultée :

AULAGNIER S., HAFFNER P., MITCHELL-JONES A.-J., MOUTOU F. & ZIMA J. (2010). *Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Editions Delachaux & Niestlé. Paris, France. 270 pages.

CENTENO-CUADROS A. (2009). *Del individuo al especie: filogeografía y genética del paisaje de la rata de agua (Arvicola sapidus)*. Thèse doctorale. Station biologique de Doñana. 200 pages.

CENTENO-CUADROS A., DELIBES M. & GODOY J.-A. (2009a). Dating the divergence between Southern and European water voles using molecular coalescent-based methods. *Journal of zoology*. Numéro 279. Pages 404-409.

CENTENO-CUADROS A., DELIBES M. & GODOY J.-A. (2009b). Phylogeography of Southern Water Vole (*Arvicola sapidus*): evidence for refugia within the Iberian glacial refugium?. *Molecular biology*. Numéro 18. Pages 3652-3667.

CENTENO-CUADROS A., ROMÁN J., DELIBES M. & GODOY J.-A. (2011). Prisoners in their habitat? Generalist dispersal by habitat specialists: A case study in Southern Water Vole (*Arvicola sapidus*). *PlosOne*. Volume 6. Numéro 9. Pages 1-11.

CONSEIL SCIENTIFIQUE REGIONAL DU PATRIMOINE NATUREL DE LA REGION AUVERGNE (CSRPN Auvergne) (2010). *Avis N°1-2010 - Séance du 30 juin 2010 du CSRPN Auvergne - Propositions concernant les espèces déterminantes pour l'établissement de la Trame Verte et Bleue*. 18 pages.

CONSEIL SCIENTIFIQUE REGIONAL DU PATRIMOINE NATUREL DE LA REGION ÎLE-DE-FRANCE (CSRPN IDF) (2010). Avis du CSRPN Île-de-France suite à sa consultation pour la définition d'un critère de cohérence nationale de la trame verte et bleue relative à des espèces dites « déterminantes TVB ». *Annexe 5. Propositions Mammifères. Contributions de Jean-François JULIEN, Laurent TILLON et Vincent VIGNON*. 18 pages.

CONSEIL SCIENTIFIQUE REGIONAL DU PATRIMOINE NATUREL DE LA REGION PAYS-DE-LA-LOIRE (CSRPN PDL) (2010). *Consultation des CSRPN pour la définition d'une cohérence nationale de la Trame verte et bleue relative à des espèces dites déterminantes Trame verte et bleue*. 5 pages.

CONSEIL SCIENTIFIQUE REGIONAL DU PATRIMOINE NATUREL DE LA REGION RHÔNE-ALPES (CSRPN RA) (2010). *Avis sur les listes d'espèces déterminantes TVB*. CSRPN Rhône-Alpes du 8 décembre 2010 sous la présidence de M. Amoros. 3 pages.

DUQUET M. & MAURIN H. (1992). *Inventaire de la faune de France – Vertébrés et principaux invertébrés*. Muséum national d'Histoire naturelle. Éditions Nathan. Paris, France. 415 pages.

FISHER D., LAMBIN X. & YLETYINEN S. (2009). Experimental translocation of juvenile water voles in a Scottish lowland metapopulation. *Population ecology*. Numéro 51. Pages 289-295.

GRUPE MAMMALOGIQUE BRETON (2010). *Liste d'espèces déterminantes Trame verte et bleue*. 2 pages.

NOBLET J.-F. (2012). Sauvons le Campagnol amphibie. *Le Courrier de la nature*. Numéro 267. Pages 30-35.

NOBLET J.-F. (2008). *La situation du Campagnol amphibie (Arvicola sapidus) dans les Alpes de Haute Provence - France*. Nature & Humanisme. 20 pages + annexes.

NOBLET J.-F. (2005). *Sauvons le Campagnol amphibie*. Nature & Humanisme. 22 pages.

PITA R., MIRA A. & BEJA P. (2010). Spatial segregation of two vole species (*Arvicola sapidus* and *Microtus cabreræ*) within habitat patches in a highly fragmented farmland landscape. *European journal of wildlife research*. Numéro 56. Pages 651-662.

QUÉRÉ J.-P. & LE LOUARN H. (2011). *Les rongeurs de France*. Éditions Quæ. Versailles, France. 311 pages.

RIGAUX P. & CHARRUAU P. (2007). *Le Campagnol amphibie Arvicola sapidus dans le bassin versant de la Sioule (Allier, Puy de Dôme et Creuse). Etat de la population, influence de facteurs naturels et anthropiques et apport général à l'étude des populations*. Groupe mammalogique d'Auvergne. Rapport d'étude. 55 pages.

RIGAUX P. & CHRISTIANNE L. (2008). *Le Campagnol amphibie Arvicola sapidus dans le bassin versant de la Sioule (Allier, Puy-de-Dôme, Creuse) : suivi 2008*. Groupe mammalogique d'Auvergne. Rapport d'étude. 13 pages.

RIGAUX P., CHALBOS M., AUVITY F., BRAURE E. & TROUILLET S. (2009a). *Éléments sur la densité locale et l'utilisation de l'espace du Campagnol amphibie (Arvicola sapidus) : exemple de trois sites en Auvergne*. Groupe mammalogique d'Auvergne. 23 pages.

RIGAUX P., CHALBOS M., AUVITY F., TROUILLET S., CHRISTIANNE L., BARTALUCCI A.-L. & BRAURE E. (2009b). *Trois années de suivi du campagnol amphibie (Arvicola sapidus) dans le bassin versant de la Sioule (Puy-de-Dôme, Allier, Creuse)*. Groupe mammalogique d'Auvergne. 16 pages.

UICN FRANCE, MNHN, SFPEM & ONCFS (2009). *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine*. Paris, France.

> Sitographie consultée :

SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES (SFPEM). *Le Campagnol amphibie*. Disponible en ligne sur : <http://www.sfepm.org/Campagnolamphibie.htm> (consulté en juillet 2012)

UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE (UICN). *Arvicola sapidus*. Disponible en ligne sur : <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/2150/0> (consulté en juillet 2012)

> Bibliographie non consultée qui pourra intéresser le lecteur :

AARS J., DALLAS J.-F., PIERTNEY S.-B., MARSHALL F., GOW J.-L., TELFER S. & LAMBIN X. (2006). Widespread gene flow and high genetic variability in populations of water voles *Arvicola terrestris* in patchy habitats. *Molecular ecology*. Numéro 15. Pages 1455-1466.

BERTHIER K., CHARBONNEL N., GALAN M., CHAVAL Y. & COSSON J.-F. (2006). Migration and recovery of the genetic diversity during the increasing density phase in cyclic vole populations. *Molecular ecology*. Numéro 15. Pages 2665-2676.

BERTHIER K., GALAN M., FOLTETE J.-C., CHARBONNEL N., COSSON J.-F. (2005). Genetic structure of the cyclic fossorial water vole (*Arvicola terrestris*): landscape and demographic influences. *Molecular ecology*. Numéro 14. Pages 2861-2871.

CENTENO-CUADROS A. & GODOY J.-A. (2010). Structure, organization and nucleotide diversity of the mitochondrial control region and cytochrome b of southern water vole (*Arvicola sapidus*). *Mitochondrial DNA*. Volume 21. Numéro 2. Pages 48-53.

FEDRIANA J.-M. (2002). Local and landscape habitat determinants of water vole distribution in a patchy Mediterranean environment. *Ecoscience*. Volume 9. Numéro 1. Pages 12-19.

FEDRIANA J.-M., DELIBES M., FERRERAS P. & ROMAN J. (2002). Local and landscape habitat determinants of water vole distribution in a patchy Mediterranean environment. *Ecoscience*. Numéro 9. Pages 12-19.

GAUFFRE B. (2009). *Flux géniques et dispersion chez un rongeur à démographie cyclique dans un paysage agricole intensif*. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en Biologie des populations et écologie de l'Université de Montpellier II. 188 pages.

NOBLET J.-F. (2008). *La situation du Campagnol amphibie (Arvicola sapidus) dans les Alpes de Haute-Provence*. Nature et Humanisme. 20 pages + annexes.

ROMÁN J. (2007). *Historia natural de la rata de agua (Arvicola sapidus) en Doñana*. Thèse dispensée à l'Université Autonome de Madrid. Madrid, Espagne. 192 pages.

SAINT GIRONS M.-C. (1973). *Les mammifères de France et du Benelux (faune marine exceptée)*. Doin. Paris, France. 481 pages.

SAUCY F. (1998). Juvenile dispersal in the vole *Arvicola terrestris* during rainy nights: a preliminary report. *Bulletin de la Société vaudoise sciences naturelles*. Volume 84. Numéro 4. Pages 333-345.

SPITZ F. (2007). A propos du Campagnol amphibie. *Mammifères sauvages*. Numéro 53. Société française pour l'étude et la protection des mammifères sauvages. Pages 25-26.

STRACHAN R. & MOORHOUSE T. (2006). *Water vole conservation handbook*. Environnement agency. Second edition. Wildlife conservation Research Unit. 131 pages.

STUART W.-A., PIERTNEY S.-B., DALLAS J.-F. (1998). Isolation and characterization of highly polymorphic microsatellites in the water vole, *Arvicola terrestris*. *Molecular ecology*. Numéro 7. Pages 1258-1259.

STUART W.-A., PIERTNEY S.-B., LAMBIN X., TELFER S. & AARS J. (2005). Phylogeographic structure and postglacial evolutionary history of water voles (*Arvicola terrestris*) in the United Kingdom. *Molecular ecology*. Numéro 14. Pages 1435-1444.

WOODDALL P.-F. (1993). Dispersion and habitat preference of the water vole (*Arvicola terrestris*). on the River Thames. *Zeitschrift für Säugetierkunde*. Numéro 58. Pages 160-171.

> Pour citer ce document :

SORDELLO R. (2012). *Synthèse bibliographique sur les traits de vie du Campagnol amphibie (Arvicola sapidus Miller, 1908) relatifs à ses déplacements et à ses besoins de continuités écologiques*. Service du patrimoine naturel du Muséum national d'Histoire naturelle. Paris. 9 pages.