



Restauration d'un réseau de mares forestières

Raphaël ROUSSILLE & Francis ISSELIN-NONDEDEU

De la stratégie de restauration aux premiers suivis des espèces d'amphibiens en forêt domaniale de Chinon (Indre-et-Loire)

Une des causes majeures de la perte de biodiversité est la destruction des habitats par les activités humaines : urbanisation, infrastructures de transport, sylviculture et agriculture intensive (Millenium Ecosystem Assessment, 2005 ; Trombulak & Frissel, 2000). Ces cinquante dernières années, les zones humides ont été particulièrement concernées par les dégradations et on estime que 50 % des zones humides de la planète ont été détruits (www.wetlands.org). En France, entre 1960 et 1990, plus de 50 % de la surface des zones humides avait disparu (Bernard, 1994) et, malgré une diminution des impacts, entre 1990 et 2000, 46 % des tourbières, 33 % des milieux types eaux stagnantes douces et mares ont été dégradées (Institut Français de l'Environnement, 2007). Les amphibiens sont particulièrement sensibles à ces dégradations et on estime que 43,2 % des espèces voient leurs populations décliner au niveau mondial et que, dans 52 % des cas, cela est attribuable aux destructions et perturbations des habitats (Gardner, 2001 ; Stuart *et al.*, 2004) ; voir, pour exemples, les sites web suivants : <http://amphibiaweb.org/declines/declines.html> et <http://lashf.fr>. Les amphibiens sont en fait doublement affectés, car leur cycle de vie rend obligatoire la présence d'un habitat aquatique pour la reproduction et la phase juvénile, mais aussi celle d'un habitat terrestre pour certaines périodes de la phase adulte (hivernage, chasse, migration).

caractérisées par une période en assec, en général durant les mois d'été et parfois en début d'automne pour la France métropolitaine. Leur régime hydrique dépend essentiellement des écoulements de surface dus aux précipitations. Ces caractéristiques limitent fortement, voire empêchent complètement, la présence des poissons, prédateurs des œufs et des larves. De plus, la localisation à l'intérieur de la forêt limite également la présence des oiseaux des zones humides qui chassent également les amphibiens. La faible profondeur des mares permet également un réchauffement rapide du milieu en journée favorisant ainsi le développement larvaire. Selon le diamètre de la mare, son profil topographique et l'ouverture de la canopée, les communautés de macrophytes et d'hélophytes peuvent être plus ou moins denses. La présence de la végétation est un facteur important pour certaines espèces. En effet, pour la fixation des pontes, les tritons marbrés cherchent davantage des fines feuilles de plantes immergées ou d'hélophytes, alors que les tritons palmés utilisent également des feuilles d'arbres. Les espèces vont également se répartir selon leurs préférences dans des mares plus ou moins ensoleillées, selon l'ouverture de la canopée.

Intérêt biologique des mares forestières

Les mares forestières jouent un rôle très important pour les populations d'amphibiens. Elles ont un faible diamètre et une faible profondeur, et sont pour beaucoup

La vie en réseau

Les mares, et plus généralement les zones humides, peuvent s'organiser en réseau au sein d'un paysage, c'est-à-dire être interconnectées par des liens physiques (ruisseaux, rivières, réseau hydrologique de profondeur...) ou par des liens biologiques (déplacements des espèces, échanges de graines, échanges de gènes...). Les éléments du paysage qui

assurent les déplacements entre deux ou plusieurs habitats, ici des mares, sont appelés des corridors. La connectivité va mesurer le nombre de corridors, ou l'étendue des déplacements et des échanges entre des habitats. Une mare peut ainsi se retrouver dans plusieurs configurations possibles : isolée au sein de la forêt, trop éloignée d'autres mares et donc déconnectée, ou bien intégrée dans un réseau. Il faut toutefois souligner que cette notion de connectivité est relative et dépendante de l'espèce considérée, chaque espèce n'ayant pas les mêmes capacités ou les mêmes besoins de déplacement au cours de sa vie.

Comme mentionné précédemment, le cycle de vie des amphibiens comprend une phase aquatique et une phase terrestre. L'habitat aquatique est utilisé lors de la reproduction et de la phase larvaire, puis, passées les phases de reproduction et larvaire, les adultes et les juvéniles quittent la mare. Certaines espèces peuvent toutefois fréquenter pendant un certain temps les abords des mares qui sont des lieux de prédilection pour la chasse. Il faut différencier deux processus lorsque les individus quittent la mare (Semlitsch, 2008) : la migration, qui a lieu chaque année et traduit les déplacements entre la mare de reproduction, qui peut également être le lieu de naissance, et l'habitat estival ou hivernal, et la dispersion, qui traduit les déplacements de la mare de naissance vers une nouvelle mare qui servira généralement pour la reproduction. Si l'on connaît relativement bien l'écologie des amphibiens en milieu aquatique, les connaissances sur leur écologie terrestre et sur leur comportement lors de cette phase sont encore rudimentaires. La plupart des amphibiens sont généralement considérés comme ayant de faibles capacités de dispersion en raison de leur philopatrie, c'est-à-dire de leur tendance à revenir systématiquement au cours de leur vie à leur lieu de naissance. Cependant, ce modèle est loin d'être général. Il contient tout d'abord un paradoxe apparent : si tous les adultes et les juvéniles reviennent systématiquement à la même mare, alors ils ne pourraient jamais coloniser d'autres mares. Ce qui ne correspond pas aux nombreuses observations de terrains, particulièrement dans une situation qui regroupe différentes mares ou la création d'une nouvelle mare. Par exemple, il a été observé pour deux espèces de crapauds connues pour leur forte philopatrie (respectivement *Bufo bufo* le crapaud commun et *Anaxyrus boreas* un crapaud de la côte nord-ouest de l'Amérique du Nord), une colonisation rapide et par de nombreux individus d'un nouveau plan d'eau (Pearl and Bowerman, 2006 ; Schlupp *et al.*, 1989). De

plus, avec les progrès techniques des micro-implants et de la radio-téléométrie, des preuves de mouvements sur de longues distances ont été observées chez de nombreuses espèces de grenouilles, crapauds ou de salamandres. Le rayon de migration a pu être estimé à 300-400 mètres en moyenne autour de la mare pour une espèce de grenouille forestière (*Rana clamitans*) (Lamoureux and Madison, 1999), tandis que des distances moyennes de dispersion sont estimées à 1 km et moins pour la moitié des espèces d'Anoures (grenouilles et crapauds), des distances maximales de 4 km (*Bufo calamita*), 6 km (*Bufo americanus*), 15 km (*Bufo fowleri*) ou 35 km (*Bufo marinus*) ont pu être enregistrées (Alex Smith & M. Green, 2005). Les distances maximales pour les Urodèles (salamandres et tritons) sont moindres, en moyenne entre 10 et 400 mètres (Smith, 2005).

On comprend dans ce contexte la nécessité pour de nombreuses espèces de bénéficier (1) d'une mare comme habitat en bon état écologique, (2) d'autres mares dans le paysage, également en bon état, et pouvant servir de nouvel habitat, (3) d'un espace entre les mares qui puisse assurer les déplacements des individus, (4) d'un espace autour des mares qui sert d'habitat en été et/ou en hiver. Le tout formant un réseau de mares. Par ailleurs, l'existence d'un tel réseau avec plusieurs mares réparties dans l'espace est un gage de sécurité pour les populations d'amphibiens. En effet, certaines populations, c'est-à-dire des ensembles d'individus appartenant à la même espèce, sont fractionnées en sous-populations, avec des groupes d'individus occupant différentes mares. Certaines sous-populations peuvent s'éteindre localement suite à une perturbation naturelle ou d'origine humaine, un assèchement, la survenue d'une maladie... offrant la possibilité à de nouveaux individus en provenance d'autres mares de coloniser ce site. Le maintien de la population à l'échelle globale est donc assuré. Une réduction ou une dégradation du réseau compromet alors la survie de la population, voire de l'espèce.

La conservation des mares forestières et la sylviculture : une entente impossible ?

Le massif forestier de Chinon, en Indre-et-Loire, est situé sur un plateau très faiblement vallonné, entre la Loire et la Vienne, avec une altitude moyenne de 110

mètres. Les études phytosociologiques menées par Couderc à la fin des années 1970 (Couderc, 1978) et ses recherches bibliographiques soulignent d'une part la présence de nombreuses mares tourbeuses au sein du massif, d'autre part le fort intérêt écologique qu'elles représentent, grâce à la faune et la flore qui leur sont associées. Derniers vestiges d'un complexe des landes humides qui dominait le centre du plateau, ces mares forestières auraient comme origine la formation de dépressions suite à des phénomènes géologiques quaternaires datant de 18 000 à 20 000 ans (Couderc, 1979 ; French & Demitroff, 2001).

À partir de la deuxième moitié des années 1970, la sylviculture a profondément perturbé la structure et le fonctionnement du

réseau de mares, ainsi que les landes humides présentes jusque dans les années 1950-60, laissant place aujourd'hui à un vaste massif forestier parsemé de mares relictuelles. La plupart des zones humides ont été comblées ou drainées et, selon des estimations, leur nombre serait passé de 1 500 autour des années 1950-60 à moins de 150 aujourd'hui. Actuellement, le massif est composé en majorité de plantations de conifères (pin sylvestre, pin maritime) pour sa partie en exploitation privée et d'une plus grande surface de feuillus (chêne sessile, chêne pédonculé) pour la partie en gestion domaniale. Ces perturbations entraînent encore aujourd'hui une diminution ou une perte des continuités écologiques entre les mares empêchant ou limitant en conséquence la dispersion des amphibiens.

F. Isselin-Nondedeu



Mare non restaurée

F. Isselin-Nondedeu



Mare restaurée

Restaurer les habitats et le réseau

Sur notre site d'études localisé en forêt domaniale, et sur une surface d'environ 400 ha, 55 mares de différentes tailles (de 3 à 10 mètres de diamètre en moyenne) ont été identifiées comme dégradées. Face à ce constat, un projet de restauration écologique a été initié en 2012 avec l'Office National des Forêts Centre-Val de Loire comme partenaire principal (cf. les remerciements pour les autres partenaires et soutiens). L'objectif du projet est de restaurer à la fois des habitats aquatiques et un réseau de mares dans son ensemble, afin de soutenir les effectifs des populations d'amphibiens et d'améliorer la dispersion des espèces.

Comme il était économiquement, techniquement et écologiquement impossible de restaurer la totalité des mares, la stratégie de restauration adoptée reposait sur des ordres de priorité dans le choix des zones humides à restaurer. Comme représenté sur la figure [1], ce choix a reposé sur la restauration des zones dégradées supposées avoir un impact positif en fonction de leur position géographique au niveau des continuités écologiques et du fonctionnement du réseau.

Une trentaine de mares ont ainsi été restaurées via différents types de travaux. Il s'agissait entre autres de creusement,

d'enlèvement de déchets de bois, de coupe d'arbres ou encore de comblement de drain. De plus, ces travaux ont été réalisés de manière à conserver une hétérogénéité entre les mares en termes de forme, taille et topographie. Cette hétérogénéité va permettre l'implantation au sein des mares de communautés végétales et animales différentes.

Les mares restaurées s'organisent autour de 7 mares non restaurées qui présentaient initialement un bon état de conservation.

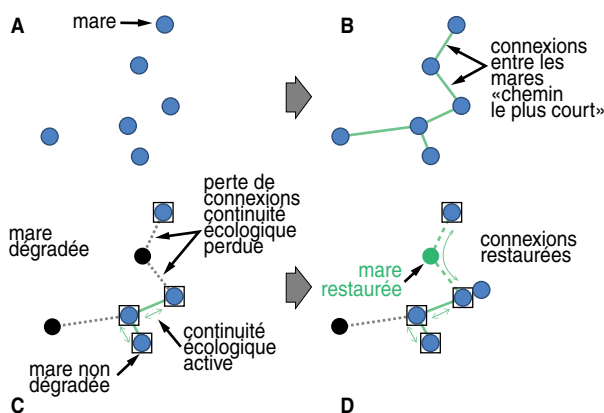
Suivis et répartition des espèces d'amphibiens sur le réseau restauré

Afin d'évaluer l'efficacité de la restauration des continuités écologiques, des suivis amphibiens ont été réalisés sur une période de 3 ans de 2012 (avant les opérations de restauration) à 2014 en conjuguant plusieurs techniques :

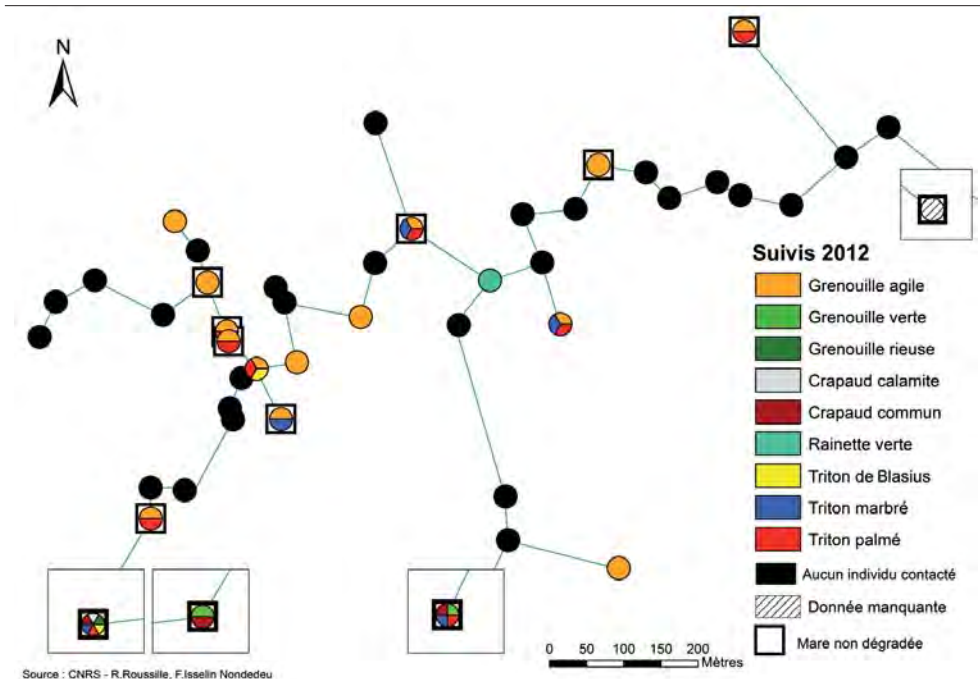
- des campagnes nocturnes par points d'écoute qui permettent d'identifier et de localiser certaines espèces, et des observations directes pour les anoures ;
- des campagnes d'observations directes et de piégeage grâce à un troubleau (épui-sette) et à des pièges de type Ortmann pour les suivis des urodèles.

Sur l'ensemble du réseau, 13 espèces d'amphibiens ont été identifiées. Parmi elles on dénombre les 9 espèces d'anoures suivantes : la grenouille agile (*Rana dalmatina*), la grenouille verte (*Pelophylax kl. esculentus*), la grenouille rieuse (*Pelophylax ridibundus*), la grenouille de Lessona (*Pelophylax lessonae*), la grenouille rousse (*Rana temporaria*), la rainette verte (*Hyla arborea*), le crapaud commun (*Bufo bufo*), le crapaud calamite (*Bufo calamita*), l'alyte accoucheur (*Alytes obstetricans*), et 4 espèces d'urodèles : la salamandre tachetée (*Salamandra salamandra*), le triton palmé (*Lissotriton helveticus*), le triton marbré (*Triturus marmoratus*) et le triton de Blasius (*Triturus blasii*).

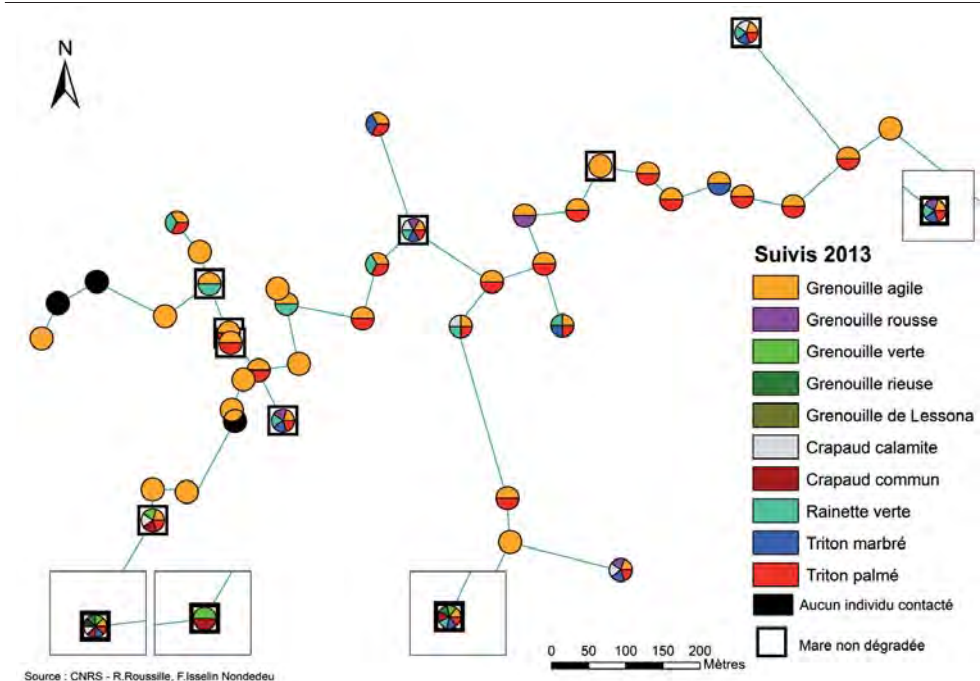
Durant les trois années de suivis, une diffusion de ces différentes espèces à travers l'ensemble du réseau a pu être observée. Les figures [2], [3] et [4] suivantes représentent la présence/absence des différentes espèces sur l'ensemble du réseau restauré. Les mares non dégradées et les mares périphériques (cf. les 4 encadrés sur la carte) représentent potentiellement des zones dites



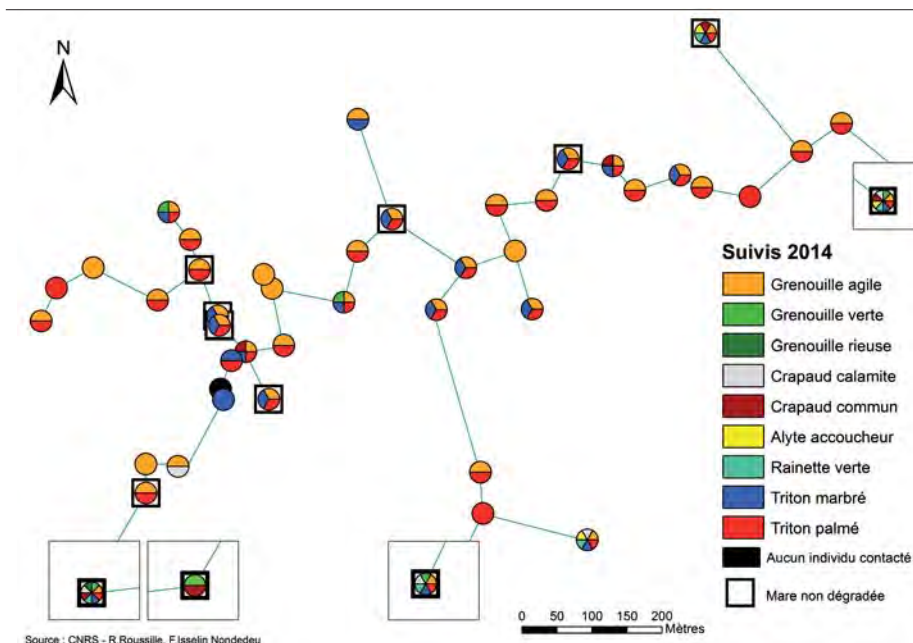
[1] A : représentation schématisée d'un ensemble de mares ; B : représentation schématisée d'un réseau de mares selon leur emplacement et reliées entre elles suivant une règle du chemin le plus court ; C : représentation du réseau avec des mares en bon état de conservation représentées par des cercles bleus et des mares dégradées représentées par des cercles noirs ; D : rétablissement d'une continuité suite à la restauration d'une mare sur une partie du réseau.



[2] : Représentation schématique du réseau de mares restaurées et du suivi de recolonisation des différentes espèces d'amphibiens pour l'année 2012 par des diagrammes de couleurs. Les liens entre les diagrammes représentent les distances les plus courtes.



[3] : Représentation schématique du réseau de mares restaurées et du suivi de recolonisation des différentes espèces d'amphibiens pour l'année 2013.



[4] : Représentation schématique du réseau de mares restaurées et du suivi de recolonisation des différentes espèces d'amphibiens pour l'année 2014.

« sources » d'où pourraient provenir les amphibiens qui ont recolonisé le réseau en 2013 et 2014.

Certaines espèces, comme la grenouille agile ou encore le triton palmé, prédominent au sein du réseau. Ces deux espèces présentent une forte capacité de recolonisation, ce que prouve leur présence sur la quasi-totalité du réseau deux ans après la restauration. La salamandre tachetée est également bien représentée sur le réseau, cette espèce utilisant les mares restaurées comme habitat de reproduction (la majorité des individus contactés était au stade larvaire). D'autres espèces telles que la rainette verte et la grenouille verte sont présentes de manière plus sporadique dans le réseau. La rainette verte semble recoloniser certaines mares restaurées qui présentent des habitats favorables au bon déroulement de leur cycle biologique (milieu arbustif, semi-ouvert à ouvert). Concernant les espèces du complexe de grenouilles vertes, les problèmes d'identification liés à leur grande variabilité (forme, patrons de couleur) et les hybridations entre les membres du complexe rendent difficiles les interprétations. La grenouille de Lessona n'a été entendue que la deuxième année, et n'a pas été entendue depuis sur les mêmes mares. Généralement, les grenouilles vertes restent fidèles aux mares de pleine lumière avec beaucoup de végétation,

située en bout du réseau. Depuis cette année, le crapaud accoucheur semble coloniser le réseau depuis l'extérieur : il est en effet présent dans quelques mares éloignées du réseau (entre 500 m et 1 km).

Enfin, on notera la présence de certaines espèces non associées au milieu forestier, tel que le crapaud calamite. Celui-ci se retrouve essentiellement sur des zones humides en périphérie du réseau, proches de zones ouvertes configurées par des pare-feu et des routes forestières. Ces milieux très remaniés par les entretiens de fauche annuels et les travaux forestiers



Crapaud calamite (*Bufo calamita*)

présentent en outre des ornières favorables à la reproduction. Le crapaud commun semble pour le moment fidèle à ses mares et seuls quelques juvéniles ont pu être remarqués dans le réseau.

La figure [5] illustre les suivis des pontes de grenouille agile réalisés en 2013 et 2014. On observe une nette évolution du nombre de mares utilisées pour la reproduction. En effet, il aura fallu deux ans après la restauration pour que la quasi-totalité des mares soit utilisée pour la reproduction. Aucune ponte d'autres espèces d'anoures n'a encore été identifiée au sein du réseau restauré. Concernant les urodèles, des larves de triton palmé ont été observées dans la quasi-totalité des mares : il s'agit de la première génération depuis la restauration. Le triton marbré commence également à se répartir dans différentes mares du réseau.

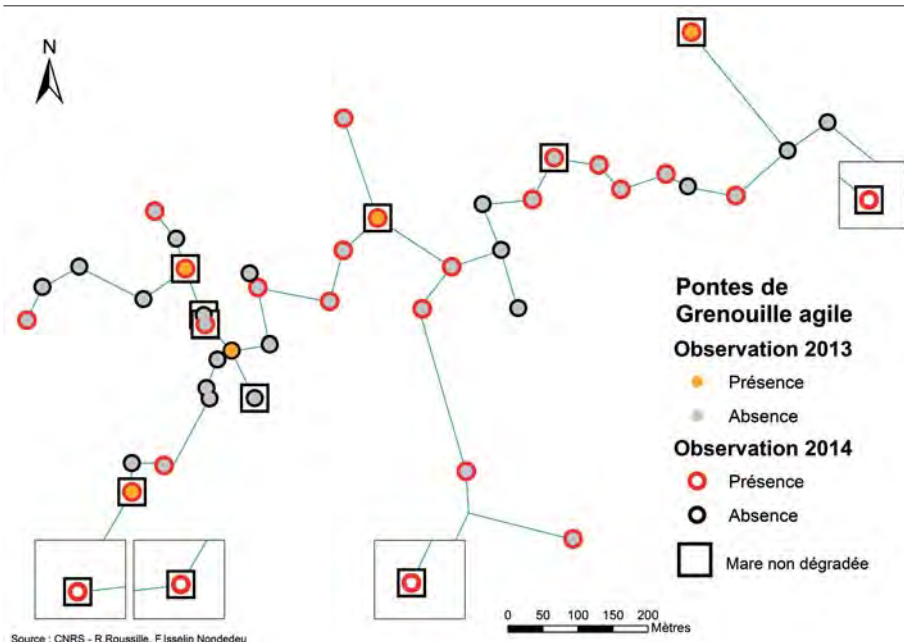
Une gestion forestière adaptée pour une meilleure conservation des mares forestières

Ces observations montrent l'efficacité de la restauration pour le renforcement des populations d'amphibiens dans ce secteur du massif forestier. Les mares restaurées

sont devenues des mares de reproduction pour certaines espèces. Au-delà de cette fonction, on observe une fonction de facilitation de la dispersion pour les amphibiens, qui peuvent utiliser les mares comme habitat de repos, lieu de chasse, lieu de passage... Des espèces comme le crapaud calamite, le crapaud commun, la grenouille verte ou encore la rainette verte ont été observées en déplacement entre les mares du réseau, il semblerait qu'elles utilisent ce dernier pour leur dispersion à travers le paysage.

Le travail réalisé depuis trois ans sur les zones humides en collaboration avec l'Office national des forêts nous démontre qu'il est possible d'allier exploitation sylvicole et préservation de la biodiversité. Des modes de gestion forestière adaptés existent pour permettre de conserver ces zones humides intra-forestières qui constituent de véritables « hot-spots » de biodiversité dans ces milieux souvent dominés par la monoculture de pin. Pour faire suite à ce projet de restauration, il serait pertinent d'étendre cette démarche à d'autres zones de la forêt domaniale afin de recréer un réseau fonctionnel de zones humides à l'échelle de l'ensemble du massif forestier.

En effet, il est important dans les projets de ne pas considérer uniquement l'habitat comme cible de la restauration : restaurer une mare au sein d'un paysage



[5] : Représentation schématique du réseau de mares restaurées et du suivi des pontes de Grenouille agile en 2013 et 2014.



G. Pagé

Crapaud accoucheur (*Alytes obstetricans*)

dégradé, ou non fonctionnel du point de vue de la circulation des espèces, n'a aucun sens écologique (ni économique). Ces réflexions doivent être menées par exemple pour les transferts de mares qui ont lieu dans le cadre de la réalisation de mesures compensatoires. De même, il est important de considérer ce qui est autour du réseau : un réseau peut être isolé dans un paysage, ou s'intégrer dans d'autres réseaux. Pour aller dans le même sens, comme le souligne justement O. Swift (2013), les restaurations de réseaux écologiques et de trame bleue (ou verte) doivent se faire avec précaution : un réseau peut permettre également la diffusion d'agents biologiques, d'organismes ou de polluants. Ce point est important à considérer dans un contexte d'espèces invasives, d'émergence de maladies (cf. la chytridiomycose pour les amphibiens) etc. ■

Bibliographie

BERNARD P. 1994 – Les zones humides. Rapport d'évaluation. *La documentation Française*, Paris, 396 p.

COUDERC J.-M. 1978 – Les mardelles de Touraine et leurs groupements végétaux. *Colloques phytosociologiques* VII 7, pp. 35-59.

COUDERC J.-M. 1979 – Observations sur les mardelles de Touraine. *Norôis* 101, pp. 29-46.

FRENCH H. M. & DEMITROFF M. 2001 – Cold-climate origin of the enclosed depressions and wetlands ('sungs') of the Pine Barrens, southern New Jersey, USA. *Permafrost and Periglacial Processes* 12, pp. 337-350.

GARDNER T. 2001 – Declining amphibian populations: a global phenomenon in conservation biology. *Animal Biodiversity and Conservation* 24, pp. 25-44.

INSTITUT FRANÇAIS DE L'ENVIRONNEMENT 2007 – *État 2000 et évolution 1990-2000 des zones humides d'importance majeure*. Eds Institut Français de L'Environnement, MNHN, ONCFS, FNDC. Paris, Ifen. 208 p.

LAMOUREUX V. S. & MADISON D. M. 1999 – Overwintering habitats of radio-implanted green frogs, *Rana clamitans*. *Journal of Herpetology* 33, pp. 430-435.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT 2005 – *Millenium Ecosystem Assessment*. Ed T. W. GROUP. Washington DC.

PEARL C. A. & BOWERMAN J. 2006 – Observations of rapid colonization of constructed ponds by western toads (*Bufo boreas*) in Oregon, USA. *Western North American Naturalist* 66, pp. 397-401.

SCHLUPP M., KIETZ R., PODLOUCKY R. & STOLZ F. M. 1989 – Pilot project Bracken: preliminary results from the resettlement of adult toads to a substitute breeding site. *Amphibians and Roads*. In *Proceedings of the Toad Tunnel Conference*. Rendsburg, Federal Republic of Germany, pp. 127-135.

SEMLITSCH R. D. 2008 – Differentiating migration and dispersal processes for pond-

breeding amphibians. *Journal of Wildlife Management* 72, pp. 260-267.

SMITH M. A. & GREEN D. 2005 – Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation: are all amphibian populations metapopulations? *Ecography* 28, pp. 110-128.

STUART S. N., CHANSON J. S., COX N. A., YOUNG B. E., RODRIGUES A. S. L., FISCHMAN D. L. & WALLER R. W. 2004 – Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. *Science* 306, pp. 1783-1786.

SWIFT O. 2013 – Le développement des réseaux de mares présente-t-il un danger ? *Zones Humides Infos* 80-81, pp. 18-19.

TROMBULAK S. C. & FRISSEL C. A. 2000 – Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation biology* 14, pp. 18-30.

Remerciements

L'ensemble du projet a été réalisé dans le cadre de la stratégie nationale pour la biodiversité avec le concours de l'agence de l'eau Loire-Bretagne, l'Établissement Public Loire et les fonds FEDER, l'Office National des Forêts Centre-Val de Loire. Nous tenons à remercier pour leur collaboration, Gilbert Pagé, agent patrimonial à l'ONF, membre relais du réseau herpétofaune et président de la société herpétologique de Touraine, Alain Pagano, Maître de Conférence à l'Université d'Angers et UMR CNRS CITERES, et ainsi que les aides techniques sur le terrain, indispensables de jour comme de nuit, Thomas Joubin, Lucile Bidet, Valentin Le Hericey.

Raphaël ROUSSILLE, UMR 7324 CNRS CITERES équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysages et Environnement, Université François Rabelais, 33 Allée Ferdinand de Lesseps, 37 200 TOURS, raphael.roussille@gmail.com

Francis ISSELIN-NONDEDEU, Idem et École Polytechnique de l'Université, Département Aménagement et Environnement, francis.isselin@univ-tours.fr
