



Mise en évidence de paramètres écologiques favorisant la présence et l'abondance d'amphibiens dans les mares d'Alsace :

Cas particulier du Crapaud commun, de la Grenouille agile, de la Grenouille rousse, de la Rainette arboricole, du Triton crêté et du Triton ponctué

Stage du 15/02/06 au 31/08/06 à :
BUFO, Musée d'Histoire Naturelle
et d'Ethnographie
11 rue de Turenne,
68000 Colmar, France

Maître de stage :
Vacher Jean-Pierre,
chargé d'étude à BUFO

Etudiant :
Falguier Axel
Master 2 I.E.G.B.
Université Montpellier 2

Remerciements

Je tiens évidemment à remercier Jean Pierre Vacher pour tout ce qu'il a pu m'apprendre, le plaisir de travailler ensemble et sa réelle disponibilité.

Ensuite, mes remerciements vont à tous les salariés et stagiaires des associations du 8 rue Adèle Riton à savoir le GEPMA, FNE, ODONAT, la LPO et Alsace nature. Quel plaisir de travailler avec des gens joyeux et aux réelles convictions.

Je remercie bien sur Bruno Herault pour son aide au combien utile en statistique.

Je tiens également à remercier Richard Peter du CSA de m'avoir fourni ces données; et Pascal Maurer et Stéphane Vitzthum pour leurs clichés.

Je remercie les bénévoles de BUFO pour tout le savoir qu'ils ont pu me transmettre. De plus sans eux, les inventaires du SIBA ne pourraient se poursuivre les prochaines années.

Je remercie aussi les organismes avec lesquels j'ai été en contact au cours de ce stage notamment, l'université Louis Pasteur, le CSA, l'ONF, la CUS, Nature et technique.

Enfin j'adresse toute ma gratitude à l'ensemble des personnes qui ont fait que mon passage par l'Alsace fut pour moi un réel plaisir.

Sommaire

I Introduction et contexte de l'étude p 2

1 Etat de conservation des amphibiens dans le monde	p 2
2 Causes de la disparition des milieux favorables aux amphibiens	p 2
3 Le cas particulier de l'Alsace	p 4
4 Les méthodes de conservation actuelles	p 6
5 Bibliographie	p 6
6 L'étude	p 8
7 Notions sur le cycle de vie des amphibiens	p 8
8 Les inventaires qui ont permis de réaliser cette étude	p 8
9 Intérêt et caractère novateur d'un tel suivi	p 10

II Matériels et méthodes p 12

1 Le réseau de mares	p 12
2 L'inventaire batrachologique.	p 12
3 Méthodes de recensement	p 12
<i>Comptage par écoute</i>	
<i>Comptage à vue</i>	
<i>Comptage des pontes</i>	
<i>Compilation des données des trois prospections</i>	
4 La caractérisation des milieux	p 16
5 L'analyse des données	p 16
<i>Travail préalable à la confrontation variables environnementales / espèces</i>	
<i>Confrontation variable environnementales / espèces</i>	
<i>Estimation de l'optimum écologique de la variable</i>	
6 Les variables non exploitables	p 20

III Résultats p 22

1 Triton crêté (<i>Triturus cristatus</i>)	p 22
2 Triton ponctué (<i>Triturus vulgaris</i>)	p 24
3 Rainette arboricole (<i>Hyla arborea</i>)	p 26
4 Grenouille rousse (<i>Rana temporaria</i>)	p 28
5 Grenouille agile (<i>Rana dalmatina</i>)	p 30
6 Crapaud commun (<i>Bufo bufo</i>)	p 32

IV Discussion p 34

1 Critiques des variables environnementales	p 34
2 Critiques des méthodes de recensement	p 34
3 Critiques des méthodes statistiques	p 36
4 Application pratique des résultats pour les 6 espèces	p 36
5 Généralisation	p 40

V Conclusion p 42

Annexes



Photo 1 : "black-eared Mantilla". Cette grenouille de Madagascar est considérée par l'UICN comme espèce à très fort risque d'extinction en milieu sauvage. (Photo : Peter Weish)

I Introduction et contexte de l'étude

1 Etat de conservation des amphibiens dans le monde

A l'heure actuelle, on parle de plus en plus d'érosion de la biodiversité. Dans le monde, les amphibiens sont particulièrement atteints par cette crise d'extinction des espèces et de déclin des populations. Ainsi, sur 5743 espèces connues, aux moins 1856 sont menacées d'extinction (soit plus d'un tiers). Depuis 1980, 9 espèces sont éteintes et 113 sont considérées comme éventuellement éteintes. Pour 43% des espèces, les populations sont en déclin, pour 27% elles sont stables et pour moins de 1% les populations sont en augmentation. Enfin, pour les 29% restant, l'évolution des populations est inconnue (UICN, Conservation International et NatureServe, 2004).

Mis à part les chytrides qui frappent beaucoup d'amphibiens en Amérique, aux Caraïbes et en Australie, les causes majeures de leur déclin restent la destruction des habitats, la pollution de l'air et de l'eau (UICN, Conservation International et NatureServe, 2004).

En Europe, il n'y a pas eu d'extinction d'espèces au cours des 100 dernières années. Cependant, la majorité des espèces sont un déclin (Griffiths, 1996, Global Amphibian Assessment, 2004). De plus, en Europe, en 2001, 60% des zones humides avaient disparu au profit de l'agriculture (World Resources Institute, 2001).

A la lecture de ces chiffres, il est aisé de comprendre que des mesures de suivis et de conservation de ces espèces sont aujourd'hui indispensables.

2 Causes de la disparition des milieux favorables aux amphibiens

Les processus naturels de formation d'une mare sont très lent (érosion par l'eau ou les vents, affaissements de terrain, étanchéification par des apports argileux...) et selon le phénomène d'atterrissement, ces mares sont naturellement vouées à se combler (Griffiths, 1996). Or, l'Homme continue à détruire ces zones favorables à la reproduction des amphibiens, tout en entravant leurs processus de formation (voir détail plus bas).

L'action de l'Homme engendre également la régression des sites d'hivernage et de nourrissage qui sont indispensables à leur survie (voir détail plus bas).



Image 1 : En rose le tracé du Rhin simplifié par TULLA au niveau de Munchhausen (Alsace)

3 Le cas particulier de l'Alsace

L'Alsace est une région qui a largement souffert de l'anthropisation. Dans le cas des milieux propices aux amphibiens, trois causes majeures sont responsables de leur forte régression:

- Correction, régularisation et canalisation du Rhin (fin 19^{ème} et début 20^{ème}) ⇒ Les inondations naturelles de la bande rhénane dues aux crues n'existent quasiment plus (60% des surfaces inondables ont disparu). Les bras dynamiques annexes du Rhin ont également presque tous disparu (Image 1). La dynamique fluviale permettant la formation de nouvelles zones humides est donc aujourd'hui presque inexistante (Andres C. & al., 1994 et Andres C. & al., 1989).

- Agriculture céréalière intensive ⇒ De nombreux sites de reproduction et d'hivernation ont disparu au profit de vastes monocultures. De plus, ces champs bloquent la connectivité entre les milieux favorables et sont des sources de pollution pour les zones humides (pesticides, engrais...). Enfin, les cultures traditionnelles sont en régression et entraînent une perte d'habitats favorables à certaines espèces (Sell, 1998).

- Urbanisation, industrie, voies de communications ⇒ En croissance exponentielle au cours des 20^{ème} et 21^{ème} siècles, leur augmentation engendre la perte d'habitats favorables et leur connectivité.

Remarque (Sell, 1998) :

- De nombreuses zones de la plaine Rhénane restent cependant inondables grâce aux fréquentes remontés phréatiques.

- En plaine et sur le piémont, la végétation zonale a été détruite pour y implanter des cultures car le sol y est riche. En revanche, en montagne, la tendance est inverse : Les milieux vont vers la fermeture car l'agriculture y a été délaissée et beaucoup de parcelles sont replantées d'épicéas pour la production forestière.

En Alsace, la démarche d'entretien et de restauration de points d'eau propices aux amphibiens semble donc aujourd'hui indispensable. En effet, ceux qui subsistent évolueront nécessairement vers l'eutrophisation et l'atterrissement sans que de nouveaux aient l'opportunité de se créer.



Photo 2 : Mesure compensatoire face à la construction de l'autoroute A35.
Création de mares devant permettre d'accroître une population de sonneurs à
ventre jaune.

(Photo et travaux : Nature et Technique)

4 Les méthodes de conservation actuelles

Créer et entretenir des mares ne sont pas des solutions durables pour la pérennité des amphibiens. Il serait préférable de préserver des zones assez vastes pour que les processus naturels perdurent et que le "turn-over" des mares soit naturel. Cependant, en beaucoup de lieux, la pression anthropique est trop importante pour pouvoir l'envisager.

Les plans de gestion et autres documents organisant la conservation des milieux naturels doivent notamment répondre à la problématique « Comment réaliser des travaux de conservation ou de restauration ? » Pour les amphibiens comme pour de nombreux animaux, l'objectif principal de tels travaux est d'accroître les effectifs des populations et d'étendre la répartition d'espèces déjà présentes aux alentours.

De plus, lors de l'implantation d'infrastructures anthropiques sur des zones de reproduction, l'une des solutions est la mise en place de mesures compensatoires. Pour définir ces mesures, un inventaire de la zone est d'abord effectué. Ensuite, un milieu devant pouvoir accueillir les espèces recensées doit être créé à proximité (Photo 2).

Il est donc important de savoir créer et entretenir des milieux adaptés à certaines espèces précises. L'étude menée ici a donc pour objectif d'apporter des réponses à cette problématique.

Exemple : Le programme LIFE "Rhin vivant" prévoit la reconnexion de bras morts autrefois inondables afin de restaurer la dynamique hydraulique. Cependant, on le verra, certaines espèces peuvent être défavorisées par le caractère inondable et l'apport de poissons. Cette reconnexion ne devra donc pas être totale afin de pouvoir conserver un maximum d'espèces.

5 Bibliographie

L'ouvrage de Biotope paru en 2003 (ACEMAV, 2003) fait le point sur l'ensemble des connaissances de la batrachofaune française (Les 6 espèces de l'étude sont détaillées en Annexe7). Cependant, certaines questions restent ouvertes et des notions sont encore à préciser. De plus, à l'heure actuelle, aucune étude n'a été réalisée sur l'écologie des amphibiens d'Alsace.

Enfin, il est important de pouvoir transmettre les connaissances aux acteurs de la conservation des milieux qui ne sont pas forcément spécialisés dans ce domaine.

En ce qui concerne la France, quelques notes explicatives traitant de la création et l'entretien de mares ont déjà été rédigées (cf. webographie). Cependant, ces documents restent généralistes et principalement destinés aux particuliers. De plus, aucun détail n'est apporté en fonction des espèces à accueillir sur le point d'eau.

6 L'étude

L'objectif est donc de pouvoir apporter de nouvelles connaissances sur l'écologie de plusieurs espèces d'amphibiens en Alsace afin d'améliorer les méthodes de restauration et de conservation. Ainsi, pour chaque espèce, il a été observé sur le terrain quels paramètres environnementaux avaient une influence sur leur présence et leur abondance. Les paramètres analysés comme favorables devront ensuite servir à orienter les travaux de restauration et de conservation des zones propices aux amphibiens.

7 Notions sur le cycle de vie des amphibiens

Les 6 espèces analysées dans cette étude ont des cycles de vie relativement similaires. Après une période d'hivernage à terre (souvent en forêt), ils migrent vers un point d'eau afin de se reproduire. La période de migration s'échelonne du début du printemps au début de l'été selon les espèces. Sur le point d'eau, les mâles d'anoues (grenouilles, rainette et crapaud) vont chanter pour attirer les femelles. Les œufs seront pondus en amas ou en cordons. Les urodèles (tritons) eux ne chantent pas et pondent des œufs séparés. Après s'être reproduits, les adultes retourneront vers des sites de nourrissage à terre (certaines espèces quittent rapidement le point d'eau, d'autres y restent jusqu'en été) Les larves et têtards à la respiration branchiale, émergeront au cours du printemps et de l'été adoptant une respiration pulmonaire (cycle de vie biphasique).

8 Les inventaires qui ont permis de réaliser cette étude

Depuis 2005, la région Alsace, les départements du Bas-Rhin et du Haut-Rhin finance le projet : "Suivi des Indicateurs de la Biodiversité en Alsace" ou "SIBA". Le financement s'élève à 100.000 € et est respectivement réparti à 50%, 25% et 25%.

Ce suivi consiste à étudier l'évolution annuelle de la biodiversité en Alsace à l'aide de 23 indicateurs faunistiques au sein des groupes amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères.

Les données récoltées devront servir de système d'alarme si une tendance à la baisse est observée. De plus, ces données fiables et récoltées sur le long terme pourront étayer les discours en faveur du maintien de la biodiversité.

Chaque saison, l'association BUFO effectue le suivi des 7 indicateurs herpétologiques. Ce sont deux de ces indicateurs qui ont apporté la majorité des données pour la réalisation de l'étude, à savoir :

- Suivi de la diversité des amphibiens d'un réseau de 30 mares en Alsace
- Suivi des effectifs d'amphibiens d'un réseau de 30 mares en Alsace

Le reste des données utilisées pour l'étude proviennent d'inventaires commandés par des communes et des suivis sur des réserves naturelles (cf. Matériels et méthodes)

Au cours de ces inventaires, 15 des 18 espèces alsaciennes ont été recensées. Des résultats significatifs ont été trouvés sur 12 d'entre elles, et ce sont les 6 pour lesquelles les résultats étaient les plus probants qui ont été détaillées dans ce rapport.

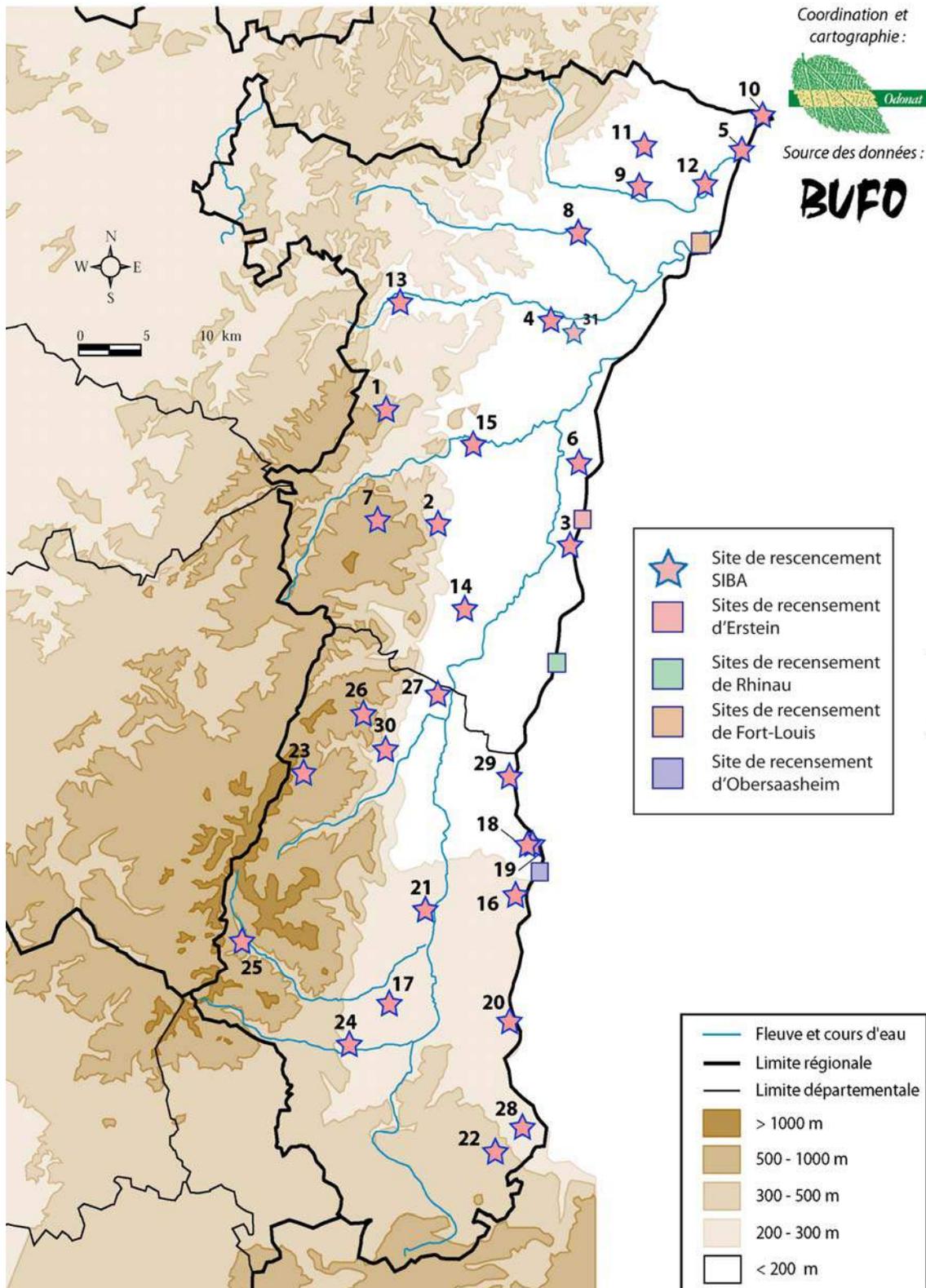
9 Intérêt et caractère novateur d'un tel suivi

Comme il a été dit, les amphibiens ont besoin de plusieurs types d'habitats pour assurer leur cycle de vie. Ces habitats doivent nécessairement être connectés par des milieux favorables qui permettent leurs déplacements. Enfin, leur peau très fine et perméable les rend particulièrement sensibles aux changements de climat et aux pollutions. La mise en place de suivis de ces espèces renseigne donc directement sur l'état de santé des écosystèmes.

La poursuite du projet SIBA permettra de proposer des mesures de conservation basées sur des observations de terrain fiables et pertinentes. De plus, quelques sites ont été récemment restaurés par le Conservatoire des sites alsaciens (CSA), cela permettra de caractériser l'effet de ces travaux.

Un suivi des amphibiens dans un réseau de mares est une action rare en France. Seules quelques expériences similaires sont menées dans la Loire, l'Hérault et la Normandie. A l'étranger, un suivi comparable réalisé uniquement à l'écoute a été mis en place depuis plusieurs années en Amérique du nord (NAAMP).

Carte 1 : Répartition des 48 sites de l'étude



II Matériels et méthodes

1 Le réseau de mares

Les données ont été récoltées sur 48 sites (Carte 1).

- 30 ont été recensés dans le cadre du SIBA
- 1 a été recensé en annexe du SIBA
- 9 proviennent du recensement effectué par J.P Vacher (BUFO) à Obersaasheim (68) et Fort-Louis (67).
- 8 sites proviennent d'un inventaire réalisé par R. Peter (CSA) sur les réserves naturelles de l'île de Rhinau (67) et d'Erstein (67).

2 L'inventaire batrachologique

Les comptages ont été effectués trois fois au cours de la saison de reproduction afin de n'omettre aucune espèce (précoces, intermédiaires et tardives). Ces prospections ont eu lieu le plus souvent par des nuits douces, peu ventées et humides (non pluvieuses), conditions qui sont les plus favorables à l'activité des amphibiens. Toutes les espèces ont été recensées, mais seul 6 sont détaillées ici : Crapaud commun (Photos 3), Grenouille agile (Photos 4), Grenouille rousse (Photos 5), Rainette arboricole (Photos 6), Triton crêté (Photos 7) et Triton ponctué (Photos 8).

- La première session de prospection s'est déroulée du 22/03/06 au 18/04/06. Celle-ci a été effectuée une semaine après les premières nuits avec des températures minimales supérieures à 5°C (Température constatée pour les premières migrations d'amphibiens précoces (www.karch.ch))
- La deuxième session s'est déroulée du 27/04/06 au 17/05/06.
- La troisième session s'est déroulée du 11/06/06 au 26/06/06.

3 Méthodes de recensement

À l'arrivée sur le site, une pause de dix minutes est marquée afin que l'ensemble des espèces recommence à chanter. Ensuite, un point d'écoute est réalisé, puis un tour complet du (ou des) point d'eau est effectué à allure modérée en éclairant l'eau. Trois méthodes de comptage ont été utilisées en fonction des espèces présentes (à l'écoute, à vue et au nombre de pontes). Enfin, les relevés ont été inscrits sur la « fiche de recensement » (Annexe 3).



Photo 3 : Jeune Crapaud commun



Photo 4 : Grenouille agile (femelle gravide)



Photo 5 : Grenouille rousse

Il n'a pas été imposé de temps de parcours ou de temps d'écoute car l'objectif était de recenser tous les individus du site.

Remarque : Les têtards, larves et imagos n'ont pas été pris en compte.

Comptage par écoute

Les mâles chanteurs sont de bons estimateurs de la taille d'une population (Nelson & Graves, 2004). Les anoues sont donc d'abord comptés par écoute des mâles. Au-delà de 10 individus par espèce, le comptage au chant a été couplé au comptage à vue afin d'estimer au mieux l'effectif (notamment pour *Hyla arborea*).

Remarques :

- Le nombre de chanteurs n'est pas multiplié par 2 car on ne peut pas considérer que le sexe-ratio soit équilibré au sein d'une mare.
- Sur les sites possédant plusieurs points d'eau, un point d'écoute a été réalisé sur chacun d'entre eux. Dans le cas des grands plans d'eau, plusieurs points d'écoutes ont été réalisés.

Comptage à vue

L'ensemble des espèces d'anoues et d'urodèles ont été comptées à vue en éclairant l'eau à l'aide d'un projecteur. Les individus dans l'eau et sur les berges ont été pris en compte.

Remarques :

- Toute identification approximative n'est pas comptabilisée mais notée en commentaire.
- En cas de doute sur l'identification, l'individu a pu être capturé et relâché immédiatement.
- Le recensement pouvant devenir très long sur de grosse population de Crapaud commun, il a été fixé un effectif maximum de 200 individus pour l'espèce (seuls 3 sites ont atteint cet effectif).

Comptage des pontes

Pour les deux grenouilles brunes d'Alsace recensées (*Rana temporaria* et *Rana dalmatina*) le nombre de pontes dans l'eau peut traduire les effectifs de la population. En effet, chaque individu femelle de ces deux espèces ne réalise qu'une seule ponte par saison (Miaud & Muratet, 2004).

Ainsi, pendant la prospection, les pontes réparties dans la mare ont été comptées. Ce chiffre a ensuite été multiplié par deux afin d'estimer l'effectif final (au moins un mâle et une femelle par ponte)



Photo 6 : Rainette arboricole chantant



Photo 7 : Triton crêté mâle (Stéphane Vitzthum)



Photo 8 : Triton ponctué (Stéphane Vitzthum)

Compilation des données des trois prospections:

A chaque prospection et pour chaque espèce, c'est l'effectif le plus important des 3 méthodes de recensement qui est retenu. Ensuite, sur l'ensemble des 3 prospections, c'est l'effectif le plus important de chaque espèce qui a été utilisé pour les analyses statistiques.

Dans certains cas, les méthodes ont été combinées. À titre d'exemple, si sur un site, il a été observé 20 pontes de grenouille rousse et 25 mâles de cette même espèce, l'effectif total retenu a été de 45 (20 femelles et 20 mâles ayant contribué à la ponte et 5 mâles en plus).

4 La caractérisation des milieux

Les relevés ont été effectués de jour du 22/05/06 au 29/06/06 en remplissant la "fiche de description des milieux" (Annexe 2). Le jeu de données obtenu comporte 31 variables environnementales quantitatives et 9 binaires. Les caractéristiques de ces variables et les méthodes de relevé sont détaillées dans le Tableau 1 et 1 bis.

Remarque : La caractérisation de l'ensemble des sites a été réalisée par une seule et même personne.

5 L'analyse des données (cf. webographie pour les références)

Le premier objectif est de déterminer, pour chaque variable environnementale, si elle est corrélée à la présence ou à l'absence de l'espèce. Ainsi, pour l'ensemble des sites, il a fallu confronter l'occurrence de chaque espèce à chacune des variables.

Le deuxième objectif est de déterminer de quelle manière la variable environnementale influence l'abondance de l'espèce. L'abondance de chaque espèce a donc été confrontée à chacune des variables mais uniquement sur les sites où l'espèce était présente.

Hormis les Khi 2, effectués sous S+ (©), les analyses ont été effectuées sous STATISTICA (©)

Travail préalable à la confrontation variables environnementales / espèces

Afin de déceler les corrélations entre variables, elles ont d'abord été testées entre elles. Pour cela, trois tests non paramétriques ont été appliqués en fonction du type de variables :

Tableau 1 : Caractéristiques, méthodes de relevés et notations des variables environnementales

Technique	Explication de la variable	notation	type de variable	Remarque
<u>Carte IGN</u>	Altitude	<u>Alt</u>	Quant.	
<u>variables déterminées à vue</u>	Surface en eau	<u>Surf</u>	Quant.	Sur les petites surfaces, la mesure a été faite avec un double décamètre
	Pente des berges	<u>Slope</u>	Quant.	valeur moyenne car la pente des berges est souvent irrégulière
	Ombrage du point d'eau	<u>Shade</u>	Quant.	
	Nombre de mares observées dans les 200m autour du site	<u>NbMares</u>	Quant.	
	Pourcentage de recouvrement des berges par la strate herbacée	<u>VegeB%</u>	Quant.	
	Pourcentage de recouvrement par les algues filamenteuses en surface	<u>AlgFilSurf%</u>	Quant.	
	Pourcentage de recouvrement par les algues filamenteuses au fond	<u>AlgFilFon%</u>	Quant.	
	Pourcentage de recouvrement par les hydrophytes en surface	<u>HydroFlo</u>	Quant.	
	Pourcentage de recouvrement par les hydrophytes et les algues à thalles foliacés au fond	<u>HydroFix</u>	Quant.	
	Nombre de points d'eau sur le site	<u>PtsEau</u>	Quant.	
	Présence de poissons	<u>fish</u>	Bin.	Définis au cours des 4 sorties de terrain
	Présence de débris de bois dans l'eau	<u>BoisDebris</u>	Bin.	
	Présence d'un tapis de matière organique non dégradée sur le fond de la mare	<u>Mofond</u>	Bin.	
	Présence d'une roselière	<u>Rosel</u>	Bin.	
	Dynamique hydraulique	<u>Courant</u>	Bin.	
	Pérennité de la mise en eau pendant la période de reproduction	<u>PereRepro</u>	Bin.	Définis au cours des 4 sorties de terrain
	Pérennité de la connexion à un cours d'eau pendant la période de reproduction	<u>PereConnex</u>	Bin.	
Pourcentage de gravier dans la composition du sol	<u>Grav</u>	Quant.		

- Variables quantitatives / variables quantitatives : Corrélation de rang, R de Spearman (en fonction du signe du R, un test significatif révèle une corrélation croissante ou décroissante entre les deux variables).
- Variables quantitatives / variables binaires : Test U de Mann et Whitney (un test significatif révèle que la médiane de la variable quantitative est différente selon l'issue de la variable binaire).
- Variables binaires / variables binaires : Khi 2 de Pearson avec correction de Yates (Un test significatif révèle que les distributions sont différentes, il faut alors analyser les données brutes)
 - ⇒ Les résultats de ces tests se trouvent en Annexe 4.

Lorsque les variables ont ensuite été confrontées à l'occurrence et à l'abondance des espèces, ces tests ont permis d'écartier les liens dus à l'échantillonnage. Il a cependant fallu différencier les variables corrélées à cause de leur influence commune sur l'espèce et celles corrélés uniquement à cause de l'échantillonnage.

Confrontation variables environnementales / espèces

Malgré les 48 sites prospectés, le jeu de données était trop restreint pour réaliser des tests paramétriques. Ce sont donc des tests non paramétriques qui ont été utilisés :

- Test U de Mann et Whitney entre les variables quantitatives et l'occurrence de chaque espèce sur tous les sites (un test significatif révèle que la médiane de la variable est différente si l'espèce est présente ou absente).
- Khi 2 de Pearson avec correction de Yates entre les variables binaires et l'occurrence de chaque espèce sur tous les sites (Un test significatif révèle que les distributions sont différentes, il faut alors analyser les données brutes).
 - ⇒ Les résultats de ces tests se trouvent en Annexe 5.

- Test R de corrélation de rangs de Spearman entre les variables quantitatives et l'abondance de chaque espèce sur les sites où l'espèce est présente (en fonction du signe du R, un test significatif révèle une corrélation croissante ou décroissante entre la variable et l'abondance de l'espèce).
- Test U de Mann et Whitney entre les variables binaires et l'abondance de chaque espèce sur les

Tableau 1 bis : Caractéristiques, méthodes de relevés et notation des variables environnementales

	Pourcentage d'argile dans la composition du sol		<u>Arg</u>	Quant.	
	Pourcentage de sable dans la composition du sol		<u>Sabl</u>	Quant.	
	Pourcentage de limon dans la composition du sol		<u>Lim</u>	Quant.	
	Pourcentage de tourbe dans la composition du sol		<u>Tourbe</u>	Quant.	
Observées sur le terrain puis vérifiées par l'analyse des cartes IGN et des photos aériennes	Pourcentage d'obstacles aux migrations		<u>Obst</u>	Quant.	Routes au trafic important, murets et toutes constructions infranchissables
	Habitat significatif dans un rayon de 200m autour du point d'eau	Forêt	<u>Foret</u>	Quant.	Le milieu a été observé sur un périmètre de 200m (Crochet & al, 2004)
		Route	<u>Rte</u>	Quant.	
		Prairie	<u>Prairie</u>	Quant.	
		Champ cultivé	<u>Champs</u>	Quant.	
		Zone bâtie	<u>Batim</u>	Quant.	
		Tourbière	<u>Tourb</u>	Quant.	
		Vigne	<u>Vignes</u>	Quant.	
		Etendue d'eau à proximité	<u>Eau</u>	Quant.	
Sol à nu	<u>Sol</u>	Quant.			
perche graduée	Profondeur maximale		<u>Pmax</u>	Quant.	
	Profondeur maximale de vase		<u>Vase</u>	Quant.	
	Hauteur moyenne de la strate herbacée des berges		<u>VegeBh</u>	Quant.	Moyenne de 4 mesures autour du point d'eau
	Largeur du cours d'eau connecté		<u>Largeur</u>	Quant.	
<u>disque de Secchi</u> (Annexe 1)	Turbidité		<u>Turbi</u>	Quant.	Ici, une turbidité élevée traduit une eau limpide. Il a été attribué une turbidité de 1000cm quand l'eau était limpide mais trop peu profonde pour effectuer une mesure
consultation d'anciens rapports et savoirs des bénévoles	Restauration au cours des 3 dernières années		<u>Gestion</u>	Bin.	
	Pérennité de la mise en eau au cours de l'année		<u>PereYear</u>	Bin.	
	Fréquentation du site par l'Homme		<u>Anthro</u>	Bin.	

sites où l'espèce est présente (un test significatif révèle que la médiane de l'abondance est différente selon l'issue de la variable binaire).

⇒ Les résultats de ces tests se trouvent en Annexe 6.

Dans la partie résultat, il est fourni pour chaque espèce un tableaux récapitulant les variables qui lui sont significativement corrélées. Ces tableaux renseignent également sur les variables qui ont été écartées après analyse des corrélations variable/variable et de la bibliographie (Elles sont notées en gris). Les variables finalement conservées sont notées en noir.

Estimation de l'optimum écologique de la variable

Les tests étant non paramétriques, ils n'apportent pas de notion d'optimum. En revanche, lorsqu'une variable est corrélée à la présence d'une espèce, la médiane est précisée (seuls les sites où l'espèce est présente sont pris en compte dans ce calcul). Cela permet d'avoir un ordre d'idée de l'optimum de la variable envers l'espèce.

Les boîtes à moustaches qui illustrent cette médiane ont une légende commune, à savoir :

- Médiane de la variable sur les sites où l'espèce est présente
- Intervalle de 25% à 75% de la variable sur les sites où l'espèce est présente
- ⊥ Maximum et ⊥ minimum de la variable sur les sites où l'espèce est présente

Remarque : La médiane n'est pas mentionnée quand la variable a une influence sur l'abondance de l'espèce.

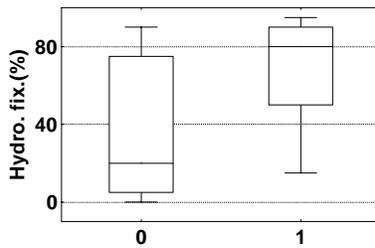
6 Les variables non exploitables

- "Milieu tourbeux dans les 200 m" et "Pourcentage de tourbe dans le sol" car seuls deux sites se sont révélés tourbeux.
- "Largeur du cours d'eau connecté" car elle traduit à la fois la largeur et la connexion du site. Il en est de même pour la variable "pérennité de la connexion pendant la période de reproduction" qui traduit en même temps la pérennité et la présence d'une connexion.
- "Pourcentage de limon dans la composition du sol" car cette variable a mal été relevée.
- "Pourcentage de route dans les 200m" car les valeurs étaient trop faibles pour être significatives.
- "fréquentation du site par l'Homme" car son impact sur les amphibiens est imprécis.

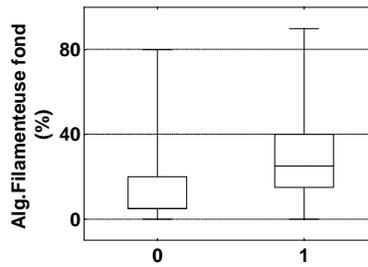
Tableau Tc : Variables significativement favorables ou défavorables à l'occurrence et à l'abondance du Triton crêté

	Variables	
	Favorables	Défavorables
Occurrence	<ul style="list-style-type: none"> - Hydrophytes et algues à thalles foliacés au fond** (Test U) - Algues filamenteuses au fond* (Test U) - Eau limpide* (Test U) - Présence d'une roselière* (Khi2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de poissons* (Khi2)
Abondance	<ul style="list-style-type: none"> - Milieu prairial conséquent 200m autour du point d'eau* (Test U) - Présence importante de sol à nu 200m autour du point d'eau* (Test U) 	

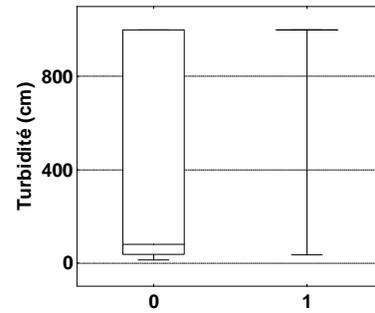
Graph Tc1 : Pourcentage de recouvrement du fond par les hydrophytes fixées et algues à thalles foliacés en fonction de l'occurrence du Triton crêté



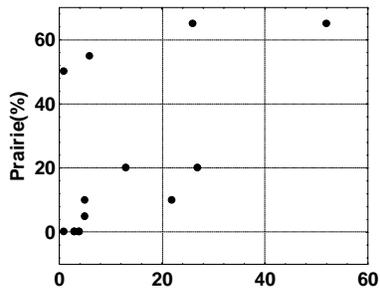
Graph Tc2 : Pourcentage du recouvrement du fond par les algues filamenteuses en fonction de l'occurrence du Triton crêté



Graph Tc3 : Turbidité en fonction de l'occurrence du Triton crêté



Graph Tc4 : Pourcentage de prairie 200m autour du point d'eau en fonction de l'abondance du Triton crêté



Tab. Tc 1 : Occurrence du Triton crêté en fonction de la présence ou de l'absence d'une roselière sur le site

	Présence Roselière	Absence roselière
Présence Triton crêté	11	2
Absence Triton crêté	11	20

Tab Tc 2 : Occurrence du Triton crêté En fonction de l'occurrence de poisson Sur le site

	Présence Poisson	Absence Poisson
Présence Triton crêté	0	13
Absence Triton crêté	15	16

Tab. Tc 3 : Occurrence du Triton crêté en fonction de la pérennité de la mise en eau

	Eau pérenne	eau non pérenne
Présence Triton crêté	2	11
Absence Triton crêté	17	13

III Résultats

1 Triton crêté (*Triturus cristatus*)

Sites : avec présence / recensés	Médiane des effectifs	Effectif maximum
13 / 44	5	52

Commentaire du "tableau Tc":

La couverture par les hydrophytes et algues à thalles foliacés fixées est plus importante sur les sites où le triton crêté est présent. La médiane est de 80% (Graph.Tc 1).

On retrouve la même corrélation pour les algues filamenteuses sur le fond. Cependant, la médiane n'est que de 25% (Graph.Tc 2). Ces deux variables, ne sont pas corrélés (Annexe 4) ce qui ne fait que confirmer l'intérêt du Triton crêté pour ces deux types de végétation.

L'occurrence du Triton crêté est significativement différente sur les sites avec ou sans roselière. En analysant les données brutes, 11 des 13 sites où ce Triton a été recensé en possèdent une (Tab. Tc 1). La présence d'une roselière semble donc être un facteur favorisant largement la présence de ce triton.

Remarque : les deux sites sans roselière sont largement colonisés par des Iris qui, sous l'eau, ont une morphologie comparable aux roseaux.

Le Khi 2 montre que l'occurrence du Triton crêté est significativement différente si le site est ou n'est pas poissonneux. L'analyse des données brutes (Tab. Tc 2), montre qu'il y a absence de poisson sur l'ensemble des sites où il est présent (14 des 30 sites où il est absent sont poissonneux) L'absence de poisson sur un point d'eau est donc un caractère déterminant pour la présence de ce triton.

L'absence de poisson est corrélée au caractère temporaire de la mise en eau (Annexe 4). Dans l'étude, sur les 13 mares où le Triton crêté est présent, 11 ne sont pas pérennes (Tab Tc 3). Ainsi, même si le Khi2 ne prouve pas une différence significative de l'occurrence de l'espèce quand les mares sont pérennes ou temporaires (p-value = 0.0996), la présence de ce Triton semble bien favorisée par une mise en eau non pérenne.

Une eau limpide favorise la présence de ce triton (Graph Tc 3).

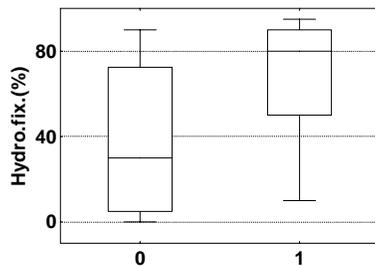
Un milieu prairial important dans les 200 m autour du site favorise une population importante de Triton crêté (Graph Tc 4).

Le résultat de la variable "sol à nu" n'a pas été retenue car les pourcentages explicatifs sont très faibles et donc peu révélateurs.

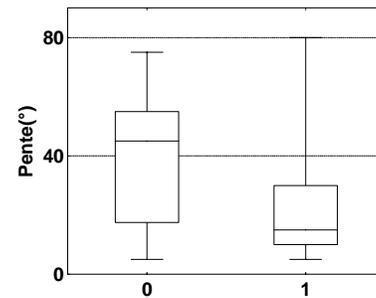
Tableau Tv : Variables significativement favorables ou défavorables à l'occurrence et à l'abondance du Triton ponctué

	Variables	
	Favorables	Défavorables
Occurrence	- Hydrophytes et algues à thalles foliacés au fond** (Test U) - Présence d'une roselière* (Khi2)	- Pente des berges importante* (Test U) - Présence de poissons* (Khi2)
Abondance	- Nombre de points d'eau sur le site* (Test R)	

Graph Tv1 : Pourcentage de recouvrement par les hydrophytes fixées et les algues à thalles foliacés en fonction de l'occurrence du Triton palmé



Graph Tv2 : Pente des berges en fonction de l'occurrence du Triton palmé



Tab. Tv1 : Occurrence du Triton ponctué en fonction de la présence ou de l'absence d'une roselière sur le site

	Présence Roselière	Absence Roselière
Présence Triton ponctué	11	3
Absence Triton ponctué	14	19

Tab. Tv2 : Occurrence du Triton ponctué en fonction de l'occurrence de poisson sur le site

	Présence poissons	Absence poisson
Présence triton ponctué	1	13
Absence triton ponctué	19	14

2 Triton ponctué (*Triturus vulgaris*)

Sites : avec présence / recensés	Médiane des effectifs	Effectif maximum
14 / 46	4,5	47

Commentaire du "tableau Tv"

Le Triton ponctué semble préférer des berges en pente douce. Ainsi, La médiane de la pente des berges n'est que de 15° (Graph. Tv 2).

La couverture par les hydrophytes et algues à thalles foliacés fixées est significativement plus importante sur les sites où le triton ponctué est présent. Ainsi, la médiane de ce recouvrement est de 80% (Graph. Tv 1).

L'occurrence du Triton ponctué est significativement différente quand le site possède ou non une roselière. En analysant les données brutes, sur les 14 sites où il est présent, 11 possèdent une roselière et sur les 33 où il est absent, 14 en possèdent une (Tab. Tv 1). Le Triton ponctué affectionne donc particulièrement les points d'eau avec roselière.

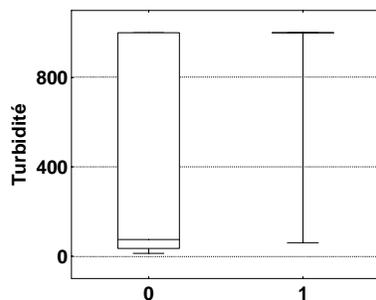
L'occurrence du Triton ponctué est différente si l'eau est poissonneuse ou non. Ainsi, 13 des 14 sites où ce Triton a été trouvé sont exempts de poissons. Sur les 33 où il est absent, 19 sont poissonneux (Tab Tv 2). Il évite donc largement les points d'eau où l'on retrouve du poisson.

La variable "nombre de point d'eau sur le site" n'a pas été retenue car le résultat du test est dû à seulement deux sites avec de nombreux points d'eau.

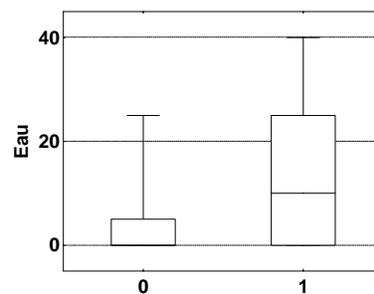
Tableau Ha : Variables significativement favorables ou défavorables à l'occurrence et à l'abondance de la Rainette arboricole

	Variables	
	Favorables	Défavorables
Occurrence	<ul style="list-style-type: none"> - Eau limpide*** (Test U) - Présence conséquente d'eau 200m autour du point d'eau*** (Test U) - Présence d'une roselière** (Khi2) - Hydrophytes et algues à thalles foliacés au fond** (Test U) - Sol graveleux* (Test U) - Pourcentage de recouvrement des berges par la strate herbacée* (Test U) - Hauteur de la strate herbacée des berges* (Test U) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sol argileux* (Test U) - Présence conséquente de routes 200m autour du point d'eau* (Test U)
Abondance		

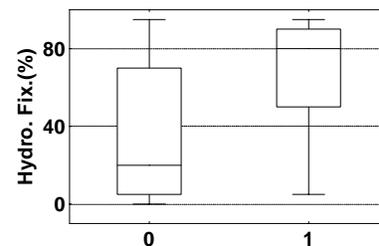
Graph Ha 1 : Turbidité en fonction de l'occurrence de la Rainette arboricole



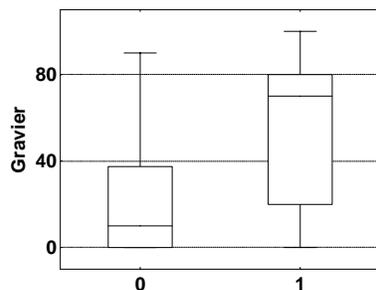
Graph Ha 2 : Pourcentage d'étendue d'eau 200m autour du site en fonction de l'occurrence de la Rainette arboricole



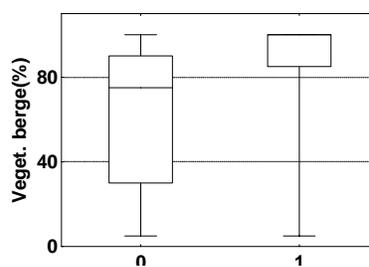
Graph Ha 3 : Pourcentage de recouvrement par les hydrophytes fixées et les algues à thalles foliacés en fonction de l'occurrence de la Rainette arboricole



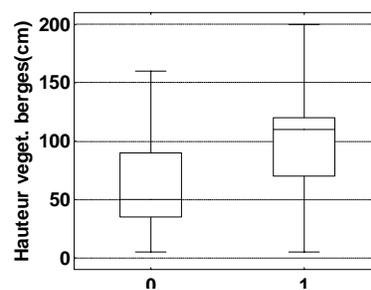
Graph Ha 4 : Pourcentage de gravier dans la composition du sol en fonction de l'occurrence de la Rainette arboricole



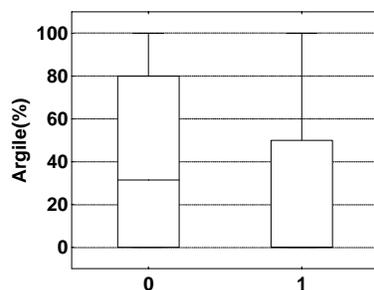
Graph Ha 5 : Pourcentage de recouvrement des berges par la strate herbacée en fonction de l'occurrence de la Rainette arboricole



Graph Ha 6 : Hauteur moyenne de la strate herbacée des berges en fonction de l'occurrence de la Rainette arboricole



Graph Ha 7 : Pourcentage d'argile dans la composition du sol en fonction de l'occurrence de la Rainette arboricole



Tab. Ha 1 : Occurrence de la Rainette arboricole en fonction de la présence ou de l'absence d'une roselière

	Présence roselière	Absence roselière
Présence Rainette arboricole	14	1
Absence Rainette arboricole	12	21

3 Rainette arboricole (*Hyla arborea*)

Sites : avec présence / recensés	Médiane des effectifs	Effectif maximum
15 / 48	13	42

Commentaire du "tableau Ha"

L'occurrence de la Rainette arboricole est significativement différente, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas de roselière sur le site. En analysant les données brutes (Tab. Ha 1) c'est en présence d'une roselière que l'on retrouve la Rainette arboricole. En effet, 14 des 15 sites avec présence de l'espèce possèdent une roselière.

Les sites où la Rainette arboricole est présente ont également un plus fort pourcentage de recouvrement par la strate herbacée que sur les sites où elle est absente. La médiane du pourcentage de recouvrement, est de 100% (Graph. Ha 5). De plus, sur les sites où la Rainette arboricole est présente, la strate herbacée des berges est plus haute que sur les sites où l'espèce est absente. La médiane de la hauteur est de 110 cm (Graph. Ha 6). Cependant, ces deux variables sont corrélées entre elles et également à la présence d'une roselière.

Il est donc difficile de dire laquelle des 3 variables (hauteur de la strate herbacée des berges, couverture des berges par la strate herbacée et roselière) influe le plus sur l'occurrence de l'espèce.

La présence de cette rainette est également corrélée :

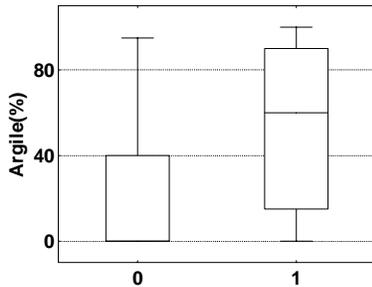
- Positivement à un pourcentage important de gravier dans le sol. médiane = 70% (Graph Ha 4)
- Positivement avec une eau limpide (Graph Ha 1).
- Positivement avec un pourcentage important d'eau 200m autour du site. Médiane = 10% (Graph Ha 2).
- Positivement à l'abondance d'hydrophytes fixées. Médiane = 80% (Graph Ha 3).
- Négativement avec la pourcentage d'argile contenu dans le sol. Médiane = 0% (Graph Ha 7).

Cependant, la variable "pourcentage de gravier dans la composition du sol" est corrélée de la même manière à ces 4 variables. Il est donc impossible de déterminer le rôle exact de chacune de ces 5 variables sur la présence de la Rainette.

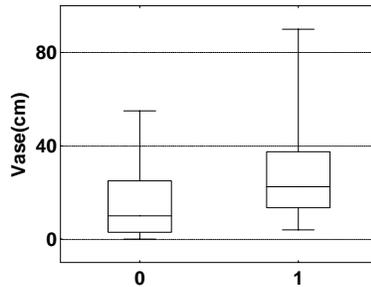
Tableau Rt : Variables significativement favorables ou défavorables à l'occurrence et à l'abondance de la Grenouille rousse

	Variables	
	Favorables	Défavorables
Occurrence	<ul style="list-style-type: none"> - Pérennité de la connexion pendant la période de reproduction*** (Khi2) - Largeur du cours d'eau connecté*** (Test U) - Sol argileux** (Test U) - Vase* (Test U) - Sol limoneux* (Test U) - Présence conséquente de routes 200m atour du point d'eau* (Test U) 	<ul style="list-style-type: none"> - Eau limpide* (Test U) - Sol graveleux* (Test U) - Sol sableux* (Test U)
Abondance	<ul style="list-style-type: none"> - Altitude* (Test R) - Pérennité de la mise en eau sur l'année* (Test U) 	

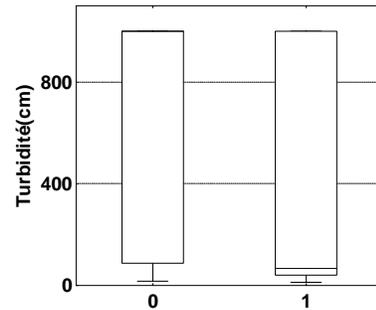
Graph Rt 1 : Pourcentage d'argile dans la composition du sol en fonction de l'occurrence de la Grenouille rousse



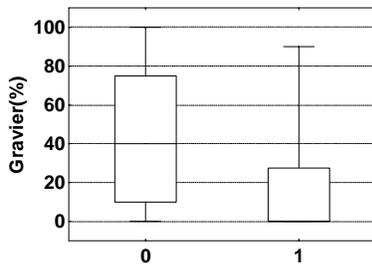
Graph Rt 2 : Hauteur de vase maximale en fonction de l'occurrence de la Grenouille rousse



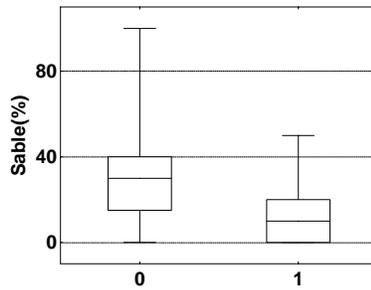
Graph Rt 3 : Turbidité en fonction de l'occurrence de la Grenouille rousse



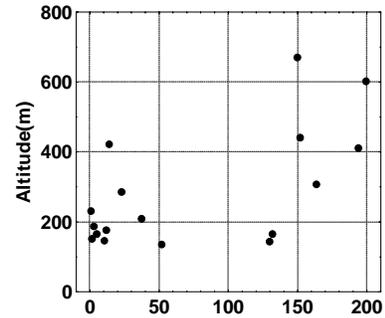
Graph Rt 4 : Pourcentage de gravier dans la composition du sol en fonction de l'occurrence de Grenouille rousse



Graph Rt 5 : Pourcentage de sable dans la composition du sol en fonction de l'occurrence de la Grenouille rousse



Graph Rt 6 : Altitude en fonction de l'abondance de la Grenouille rousse



Tab. Rt 1 : Occurrence de la Grenouille rousse en fonction de la pérennité de la mise en eau

	Eau pérenne	Eau non pérenne
Présence Grenouille rousse	8	6
Absence Grenouille rousse	11	16

4 Grenouille rousse (*Rana temporaria*)

Sites : avec présence / recensés	Médiane des effectifs	Effectif maximum
16 / 46	37,5	200

Commentaire du "tableau Rt"

L'altitude ne semble pas avoir d'impact sur l'occurrence de la Grenouille rousse. En revanche les sites élevés ont des effectifs significativement plus grands (Graph. Rt 6). Dans le recensement, elle a été trouvée à un maximum de 600 m d'altitude. On la retrouve cependant beaucoup plus haut dans les Vosges et le Jura (ACEMAV, 2003) et inversement jusqu'en plaine rhénane.

Un fort pourcentage de gravier dans le sol est défavorable à la présence de l'espèce. A ce titre, les sites où l'espèce est présente ont une médiane de 0% (Graph. Rt 4). Il en est de même pour le pourcentage de sable dans le sol avec une médiane de seulement 10% (Graph. Rt 5). A l'inverse, un fort pourcentage d'argile dans le sol semble lui être favorable. La médiane est de 60% (Graph. Rt 1).

La Grenouille rousse est plus présente sur les sites où l'eau est trouble et avec une profondeur de vase importante (Graph. Rt 2 et 3). Cependant, ces deux variables sont corrélées positivement au sol argileux et négativement au sol graveleux (Annexe 4). Il est donc difficile de savoir laquelle de ces quatre variables (gravier, argile, vase et turbidité) a le plus d'impact sur l'occurrence de la grenouille rousse.

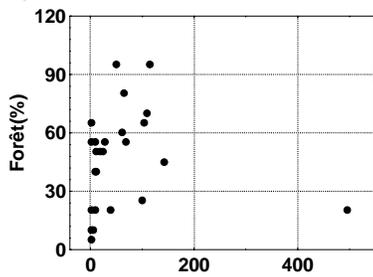
Remarque : Ces quatre dernières variables ne sont en revanche pas corrélées à l'altitude (Annexe 4)

Sur les 14 sites où l'espèce est présente et où la pérennité de l'eau a pu être analysée, seuls 8 sites ont une mise en eau pérenne (Tab. Rt 1). Ainsi, même si le test est significatif, nous ne pouvons pas conclure que la pérennité de la mise en eau favorise l'abondance de la Grenouille rousse.

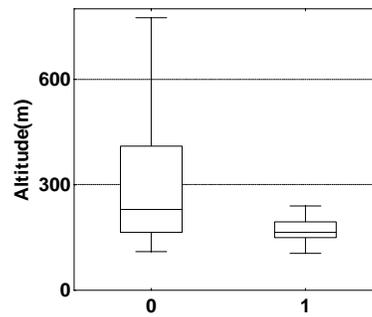
Tableau Rd : Variables significativement favorables ou défavorables à l'occurrence et à l'abondance de la Grenouille agile

	Variables	
	Favorables	Défavorables
Occurrence	- Eau limpide* (Test U)	- Fréquentation du site par l'Homme*** (Khi2) - Altitude* (Test U) - Entretien récent du site* (Khi2)
Abondance	- Forêt conséquente dans les 200m autour du point d'eau* (Test R)	- Milieux prairial conséquent 200m autour du site* (Test R) - Profondeur importante* (Test R) - Largeur du cours d'eau connecté* (Test R) - Présence importante de route 200m autour du site* (Test R) - Zone bâtie conséquente 200m autour du site* (Test R)

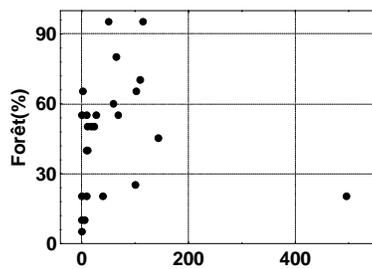
Graph Rd 3 : Pourcentage de forêt dans les 200m autour du point d'eau en fonction de l'abondance de la Grenouille agile



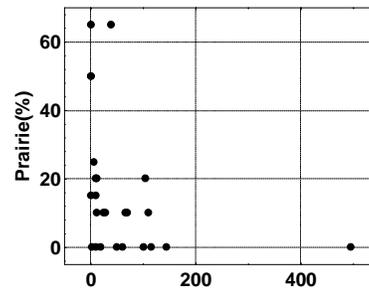
Graph Rd 2 : Altitude en fonction de l'occurrence de la Grenouille agile



Graph Rd 3 : Pourcentage de forêt dans les 200m autour du point d'eau en fonction de l'abondance de la Grenouille agile



Graph Rd 4 : Pourcentage de prairie 200 m autour du point d'eau en fonction de l'abondance de la Grenouille agile



5 Grenouille agile (*Rana dalmatina*)

Sites : avec présence / recensés	Médiane des effectifs	Effectif maximum
24 / 45	24	70

Commentaire du "tableau Rd"

La variable "turbidité" n'est corrélée à aucune autre variable favorisant la présence de la Grenouille agile. La présence de l'espèce est donc bien favorisée par une eau limpide (Graph. Rd1).

La médiane de l'altitude est de 165m (Graph. Rd 2) avec un maximum de 240 m sur le site de Bernarswiller. L'étude montre donc que la Grenouille agile est absente des zones d'altitude. De plus la littérature confirme cette particularité (BUFO 2002 et ACEMAV, 2003).

Dans les zones de plus faible altitude, le test montre qu'elle est plus souvent présente en plaine que sur les piémonts.

La Grenouille agile semble réfractaire aux sites restaurés. Cependant, sur tous les sites recensés, ceux d'altitude ont été plus souvent restaurés que ceux de plaine (Annexe 4). Ce résultat n'est donc qu'un effet de l'échantillonnage.

Un milieu prairial semble défavorable à de fort effectifs de Grenouille agile (Graph. Rd 4) et un milieu forestier lui est en revanche favorable (Graph. Rd 3). Les données de la littérature sont à nouveau confirmées puisqu'elle est décrite comme forestière dans l'est de la France (ACEMAV, 2003). Cependant, elle ne semble pas être une forestière stricte puisque ce paramètre n'a pas été prouvé par l'analyse de l'occurrence de l'espèce.

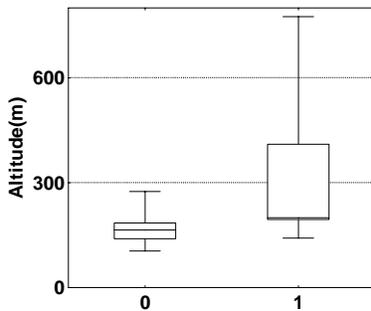
La variable "Profondeur maximale" est corrélée positivement à un milieu forestier et négativement à un milieu prairial. De plus, le site au plus fort effectif reste profond (120 cm). Cette variable n'a donc pas été jugée explicative.

La variable "zone bâtie" est également corrélée négativement au milieu forestier. Elle n'a donc pas été retenue.

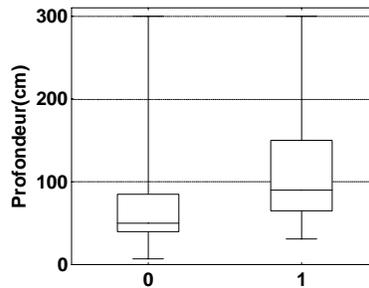
Tableau Bb : Variables significativement favorables ou défavorables à l'occurrence et à l'abondance du Crapaud commun

	Variables	
	Favorables	Défavorables
Occurrence	<ul style="list-style-type: none"> - Altitude*** (Test U) - Profondeur importante** (Test U) - Surface en eau* (Test U) - Présence conséquente de champs cultivés 200m autour du point d'eau* (Test U) - Largeur du cours d'eau connecté* (Test U) 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre important de mare dans les 200m autour du point d'eau* (Test U) - Présence conséquente d'eau 200m autour du point d'eau* (Test U)
Abondance	<ul style="list-style-type: none"> - Profondeur importante* (Test R) - Présence de poissons* (Test U) - Pérennité de la mise en eau sur l'année* (U) - Pérennité de la connexion pendant la période de reproduction* (Test U) - Surface en eau (p=0,056) (Test R) 	

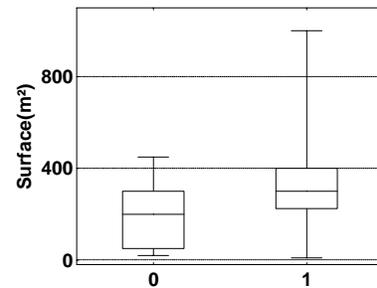
Graph Bb 1 : Altitude en fonction l'occurrence du Crapaud commun



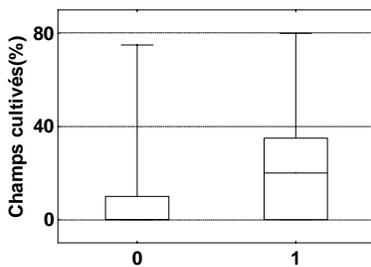
Graph Bb 2 : Profondeur maximale en fonction de l'occurrence du crapaud commun



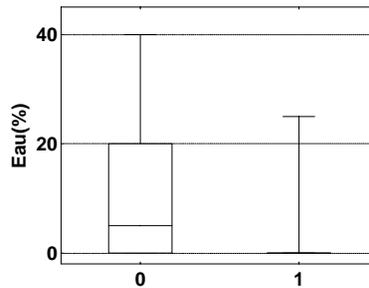
Graph Bb 3 : Surface du point d'eau en fonction de l'occurrence du Crapaud commun



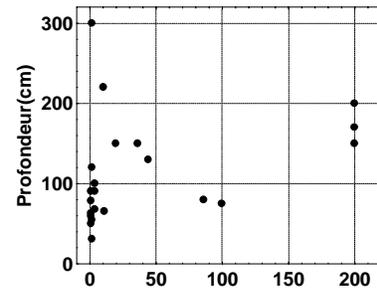
Graph Bb 4 : Pourcentage de champs cultivés 200m autour du points d'eau en fonction de l'occurrence du Crapaud commun



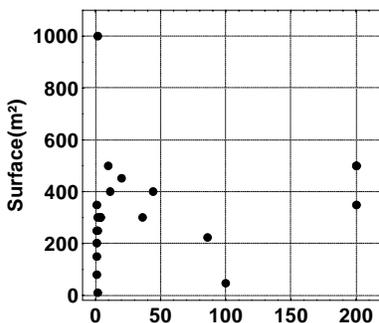
Graph Bb 5 : Pourcentage d'étendue d'eau 200m autour du site en fonction de l'occurrence du Crapaud commun



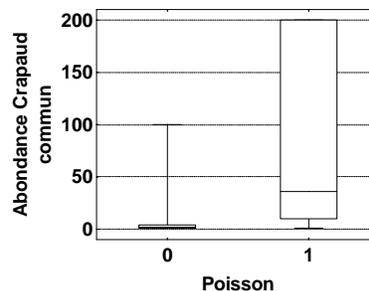
Graph Bb 6 : Profondeur maximale en fonction de l'abondance du Crapaud commun



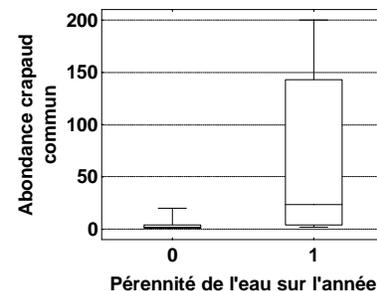
Graph Bb 7 : Surface en fonction de l'abondance du Crapaud commun



Graph Bb 8 : Abondance du Crapaud commun en fonction de la présence de poisson



Graph Bb 9 : Abondance du crapaud commun en fonction de la pérennité de l'eau sur l'année



6 Crapaud commun (*Bufo bufo*)

Sites : avec présence / recensés	Médiane des effectifs	Effectif maximum
21 / 46	4	200

Commentaire du "tableau Bb"

En Alsace, le Crapaud commun est plus présent en altitude qu'en plaine. La médiane étant de seulement 200 m cette altitude reste relative (Graph. Bb 1). De plus, on retrouve des populations en plaine (cf. Discussion)

Le Crapaud commun est plus présent sur de vastes sites à la profondeur importante que sur des sites de petite taille et peu profonds (Graph. Bb 2 et 3). De plus, la profondeur influe positivement sur l'abondance de l'espèce (Graph. Bb 6). La surface influe également sur l'abondance (Graph Bb 7), même si la probabilité du test reste juste au dessus de 5%. A titre indicatif, les 3 sites aux plus grosses populations (plus de 200 individus) ont une surface de 350, 500 et 500 m² et une profondeur de 150, 170 et 200 cm.

Les sites où l'eau est pérenne et poissonneuse permettent également de plus fort effectifs (Graph. Bb 8 et 9). Ainsi, en plus de tolérer la présence de poisson, le Crapaud commun semble pouvoir développer de plus vastes populations en sa présence.

Il faut savoir que les quatre variables (surface, profondeur maximale, pérennité sur l'année et présence de poissons) sont corrélées (Annexe 4) mais elles semblent bien toutes les quatre favorables au Crapaud commun (cf. Discussion).

Enfin, la présence de l'espèce semble favorisé par un milieux terrestres de type champs cultivés. Cependant la médiane de cette variable n'est que de 20% (Graph. Bb 4).

La variable "étendue d'eau 200 m autour du point d'eau" n'a pas été retenue car la médiane sur les sites où il est présent est seulement de 5% contre 0% sur les sites où il est absent (Graph. Bb 5). Il en est de même pour la variable "nombre de mare 200m autour du point d'eau" qui a une médiane de 1 mare quand l'espèce est présente et de seulement 2 mares quand elle est absente.

IV Discussion

1 Critiques des variables environnementales

Une mare est rarement un milieu homogène et attribuer une valeur précise à certaines variables a parfois été compliqué. Dans certain cas, c'est donc une moyenne des observations sur le site qui a été retenue comme résultat.

La présence de poissons a été déterminée à vue, elle a donc pu être sous-estimée. De plus, il n'a pas été fait de différence entre poissons carnassiers et phytophages. Or, ce sont principalement les poissons carnassiers qui ont un impact sur la survie des larves et des têtards.

L'interprétation de la variable "altitude" est limitée car le site le plus élevé de l'étude ne se situe qu'à 775 m. En revanche, elle permet d'apprécier la répartition entre plaine et piémont.

Les 1000 cm de "turbidité" attribués aux eaux limpides et peu profondes n'induisent pas de biais car les tests sont non paramétriques. En revanche, les causes de la turbidité auraient dû être analysées (minérale ou végétale).

Une simple variable binaire "connexion du point d'eau" aurait été plus pertinente que l'ensemble des variables "courant", "pérennité de la connexion", "largeur du cours d'eau".

Une variable "age du point d'eau" aurait également été utile, car une mare récemment créée n'a pas atteint son seuil de diversité et d'abondance (la colonisation par les amphibiens n'est pas instantanée). Cependant, sur les 48 sites recensés, seul 5 ont été créés aux cours des 5 dernières années.

Enfin, La caractérisation des milieux a été réalisée uniquement à la fin du printemps. Or, au moment de la reproduction des espèces précoces, les sites peuvent avoir des caractéristiques plus ou moins différentes.

2 Critiques des méthodes de recensement

Par la méthode de recensement acoustique, les effectifs sont sous-estimés car les comptages omettent les femelles et certains mâles qui ne chantent pas.

Les espèces à faible valence écologique sont de manière générale celles qui nécessitent le plus d'actions de conservation. Des résultats significatifs ont été trouvés pour certaines des ces espèces seulement quand elles ont pu être recensées sur un nombre suffisant de sites (Triton crêté ou Rainette arboricole).



Photo 9 : Milieu favorable au Triton crêté et au Triton ponctué (tapis végétal au fond, eau limpide, mise en eau temporaire, roselière)

En revanche, il a été impossible de tirer des conclusions sur d'autres espèces plus rare tel que le Crapaud vert, le Crapaud calamite ou le Pélobate brun.

3 Critiques des méthodes statistiques

Les tests non paramétriques utilisés, ne permettent pas de mettre en évidence des relations de forme binomiale. De plus, l'objectif était de trouver un optimum écologique pour chaque variable significative. La médiane en donne un bon ordre d'idée. Cependant, avec plus de données, il aurait été possible de définir des modèles pour chaque couple variable/espèce. Les optimums définis auraient alors été plus précis et plus fiables.

Inversement, il est impossible de définir un optimum écologique précis pour chaque variable étant donné les interactions qu'il existe entre toutes les composantes du milieu. De plus, il est inutile d'obtenir des valeurs extrêmement précises car l'objectif de travaux de conservation n'est pas d'entretenir constamment le milieu pour conserver un milieu "parfait", mais plutôt de faire en sorte qu'il se maintienne à un équilibre moyen sur le long terme.

4 Application pratique des résultats pour les 6 espèces

Triton crêté (*Triturus cristatus*) (Photo 9)

Le Triton crêté appréciera des points d'eau végétalisés (roselière et tapis végétal au fond de l'eau). Ce tapis devra être formé principalement d'hydrophytes et d'algues à thalles foliacés mais les algues filamenteuses, si elles restent en petite quantité, lui conviendront également.

Creuser des points d'eau dans un milieu où la nappe phréatique affleure sera également très favorable à l'espèce. En effet, l'eau y sera limpide et les battements de nappe engendreront une mise en eau souvent temporaire. L'aspect temporaire empêchera l'installation de poissons ce qui est un facteur indispensable à la colonisation par cette espèce.

Enfin, conserver un milieu terrestre ouvert à proximité du point d'eau favorisera la présence de ce Triton.

Triton ponctué (*Triturus vulgaris*) (Photo 9)

Les caractéristiques écologiques qui ressortent de cette étude sont très proches de celles du Triton crêté. Ainsi, des mesures de gestions similaires pourront lui être appliquées (points d'eau avec roselière et non poissonneux, possédant un important tapis d'hydrophytes et d'algues à thalles foliacés sur le fond)



Photo 10 : milieu typique de la Rainette arboricole (roselière, sol graveleux, végétation des berges dense, tapis végétal au fond)



Photo 11 : milieu typique de la Grenouille rousse (altitude et eau trouble)



Photo 12 : Milieu propice à la Grenouille agile (même si la surface est couverte de lentilles d'eau, l'eau claire et le milieu forestier de plaine en fait un important site de reproduction)

Enfin, des berges en pentes douces pourront favoriser cette espèce.

Rainette arboricole (*Hyla arborea*) (Photo 10)

La Rainette arboricole passe une grande partie de son temps perchée dans la végétation émergée (ACEMAV, 2003). Elle appréciera donc des sites avec roselière et dont les berges ont une strate herbacée très développée (recouvrement et hauteur).

En Alsace, ces sites seront d'autant plus favorables si ce sont des gravières largement colonisées par des hydrophytes et des algues à thalles foliacés, à l'eau limpide et riches en points d'eau à proximité (Il pourrait être intéressant de déterminer le rôle exact de chacune de ces 4 dernières variables)

Remarque : Pour cette espèce, il aurait été pertinent d'analyser l'influence de la strate arbustive et arborée à proximité de la mare.

Grenouille rousse (*Rana temporaria*) (Photo 11)

En alsace, la Grenouille rousse sera plus favorisée par des sites au sol argileux, à la profondeur de vase importante et à l'eau trouble que par des sites au sol gravelo-sablonneux, avec peu de vase et à l'eau limpide.

De plus les sites de plaine ne semblent pas favoriser de grosses populations.

Remarque : L'analyse du recensement d'une population de Grenouille rousse sur une seule année peut être délicate car ses populations peuvent subir de très importantes fluctuations d'effectifs d'une année sur l'autre (Meyer & al, 1998)

Grenouille agile (*Rana dalmatina*) (Photo 12)

En Alsace, la création de mares sera utile à la Grenouille agile dans des milieux forestiers de plaine. Les vastes zones prairiales seront en revanche à éviter. Cependant, il ne faut pas mettre de coté de petites zones prairiales en forêt car l'espèce ne semble pas être une forestière stricte et rien n'indique qu'elle a besoin de points d'eau non ensoleillés (étude et bibliographie)

Enfin, il sera utile de creuser des mares dans des zones où la nappe phréatique affleure afin de favoriser une eau limpide (d'autres sites à l'eau limpide peuvent également être favorisés)

Remarque : L'étude confirme que les Grenouilles rousse et agile ont des exigences altitudinales différentes. Il pourrait être intéressant de savoir si les faibles populations de Grenouilles rousse en plaine sont dus à la compétition avec la Grenouille agile (cette espèce l'exclurait) ou à des paramètres écologiques qui lui serait défavorables.



Photo 13 : Milieu propice au Crapaud commun (vaste étang poissonneux dans les Vosges)



Photo 14 : Site de Baltzenheim, vaste clairière récemment restauré par creusage de nombreux petits trous d'eau de taille et de profondeur différentes

Crapaud commun (*Bufo bufo*) (Photo 13)

D'après la littérature, c'est une espèce de plaine mais que l'on retrouve peu en milieu inondable (ACEMAV, 2003) Pour cette étude, les résultats montrent qu'en Alsace, le Crapaud commun est moins présent en plaine, ce qui prouve sa faible occurrence en zone inondable (cf. introduction). En revanche, l'atlas régional (BUFO, 2002) montre qu'il est présent sur l'ensemble de l'Alsace. Notre échantillonnage aurait donc conduit à confondre présence et abondance de cette espèce.

La création et le maintien d'étangs ou de vastes mares poissonneuses sera favorable au crapaud commun. On peut en effet émettre l'hypothèse suivante : une surface et une profondeur importante offrent plus d'espace et donc plus de ressources tout en favorisant la pérennité de l'eau et donc la présence de poissons. Ce dernier caractère évincera la plupart des autres amphibiens mais pas ce crapaud dont les œufs et têtards ont un potentiel toxique contre les poissons (Beebee & Griffiths, 2000) la compétition interspécifique est donc fortement limitée.

Enfin, l'analyse montre qu'il apprécie une certaine quantité de champs cultivés autour de la zone de reproduction. Une étude plus poussée sur le sujet permettrait de révéler si cette caractéristique est fondée ou si le résultat est dû à l'échantillonnage.

5 Généralisation

Le maintien d'une roselière est propice aux six espèces analysées car, soit elle leur est favorable, soit elle n'a pas d'influence. Il en est de même pour une végétation conséquente sur les berges et pour la présence d'un tapis végétal sur le fond. Ce dernier, devra principalement être constitué d'hydrophytes et d'algues à thalles foliacés. Cependant un pourcentage peu important d'algue filamenteuse ne semble pas être néfaste à ces 6 espèces.

D'après (Grillas & *al.*, 2004) : "De façon générale, un ensemble de petites mares aux régimes hydriques variés semble préférable à une seule grande mare. Cette diversité des régimes hydriques et des conditions écologiques (superficie, profondeur, etc.) donne plus de stabilité au système en permettant une meilleure régularité de la reproduction des différentes espèces."

D'autres auteurs (Joly & Morand, 1997) en sont arrivés aux mêmes conclusions. Ainsi, lors de la création de sites destinés à la reproduction des amphibiens, il faudra tenir compte de l'ensemble de la bibliographie connue et des résultats de cette étude pour créer un maximum de points d'eau différents et adaptés aux espèces présentes à proximités (Photo 14)

V Conclusion

Grâce à cette étude, certaines connaissances prouvées dans d'autres régions françaises ont été confirmées pour l'Alsace. Dans la plupart des cas, ces résultats ont été affinés. Enfin, de nouvelles hypothèses et résultats sur l'écologie de ces 6 espèces ont pu être émises.

L'objectif final a été d'insérer les résultats obtenus sur 12 espèces (dont 6 décrites dans ce rapport) à l'ensemble des connaissances des 18 espèces alsaciennes afin de rédiger une note de synthèse sur la conservation des milieux propices aux amphibiens. Cette note, à destination des acteurs de la conservation des milieux alsaciens devra permettre d'orienter au mieux les actions de conservation et de restauration.

Au cours des prochaines années, l'inventaire batrachologique du SIBA sera effectué en partie par des bénévoles. Cependant, il serait très intéressant qu'une étude sur la caractérisation des milieux des sites soit de nouveau réalisée dans 5 à 10 ans afin d'observer leur évolution et l'impact que cela a pu avoir sur les populations d'amphibiens.

Comme il a déjà été dit, ce travail n'a pas permis de tirer des conclusions sur des espèces rares tel que le Crapaud vert, le Crapaud calamite ou le Pélobate brun. Les connaissances sur l'écologie de ces espèces menacées sont limitées. En ciblant les sites à inventorier, le même type d'étude pourrait maintenant être mené sur chacune de ces espèces. Cela apporterait des réponses concrètes pour favoriser leur maintien. Si c'est le cas, il serait nécessaire d'avoir un échantillonnage plus important pour pouvoir appliquer des tests paramétriques. De plus, si les moyens le permettent il pourrait être utile de remplir une fiche de description des milieux à l'endroit précis où chaque individu est observé. Cela permettrait de ne pas généraliser le milieu à l'échelle du point d'eau entier.

Enfin, une telle étude pourrait être mise en place dans d'autres régions ou d'autres pays pour apporter de nouvelles connaissances sur l'écologie d'espèces moins documentées.

BIBLIOGRAPHIE
ET
WEBOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Inventaires

BUFO, 2002. Atlas préliminaire de répartition des amphibiens et reptiles d'Alsace. Colmar, 21 p.

BUFO, juin 2003. Mission de suivis scientifique du polder d'Erstein, relevés de terrain, suivi des cortèges spécifiques et des populations d'amphibiens, 88 p.

Golay N., Novembre 1998. Étude des populations d'amphibiens dans la réserve naturelle d'Erstein. Conservatoire des Sites Alsaciens, 110 p.

Golay N., Novembre 1998. Étude des populations d'amphibiens dans la réserve naturelle de l'île de Rhinau. Conservatoire des Sites Alsaciens, 98 p.

Grymonprez C., 2004. Hiérarchisation et conservation des sites de reproduction des Amphibiens en Alsace. Rapport de DES Sciences naturel à l'université de Bordeaux 1 pour BUFO, 35 p.

ODONAT (coord.), 2005. Suivi des indicateurs de la biodiversité en Alsace, Rapport annuel 2005. Région Alsace, Département du Bas-Rhin et Département du Haut-Rhin, 135 p.

Vacher J.P., 2004. Inventaire des amphibiens de la forêt d'Obersaasheim et de ses environs (68). Association BUFO, 37 p.

Vacher J.P., 2004. Inventaire du Triton crêté et du Sonneur à ventre jaune sur le site du conservatoire des sites alsaciens à Fort-Louis/Roeschwoog (67). Association BUFO, 17 p.

Biologie-Ecologie des amphibiens

ACEMAV coll., Duguet R. & Melki F. ed, 2003. Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. Collection Parthénope, édition biotope, Mèze (France), 480 p.

Beebee T., Griffiths R., 2000. Amphibians and Reptiles. Harper Collins, London, 270 p.

Duellman W. & Trueb L., 1994. Biology of Amphibians. The Johns Hopkins University press, 669 p.

Griffiths R., 1996. Newts and Salamanders of Europe. T. and A. D. Poyser Ltd, 168 p.

Miaud C., Muratet J., 2004. Identifier les oeufs et les larves des amphibiens de France. INRA éditions, 200 p.

Les amphibiens et les milieux

Blondel J., 1995. Biogéographie, Approche écologique et évolutive. Masson, collection écologie n°27, 240 p.

CEOA (réd. Andres C., Dronneau C., Muller Y., Sigwalt P.), 1994. L'hivernage des oiseaux d'eau en Alsace. *Ciconia*, 18 : 1-255

CEOA (réd. Dronneau C., Muller Y., Andres C., Sigwalt P., Wassmer B.), 1989. Livre rouge des oiseaux nicheurs d'Alsace. *Ciconia*, 13 : 1-312

Conservatoire des sites alsaciens et office national des forêts (coord.), 2004. Référentiel des habitats reconnus d'intérêt communautaire de la bande rhénane : description, états de conservation et mesure de gestion. Programme LIFE Nature de conservation et restauration des habitats de la bande rhénane, 158 p.

Crochet P.A., Chaline A., Cheylan M., Guillaume C.P., 2004. No evidence of general decline in an amphibian community of southern France. *Biological Conservation*, 119 : 297-304

Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N., Perennou C., 2004. Les mares temporaires méditerranéennes Volume 1 - Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Station biologique de la Tour du Valat, 120 p.

Hels T. & Fog K., 1995. Does it help to restore ponds? A case of the Tree Frog (*Hyla arborea*). *Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica*, 71 : 93-95

Houlahan J.E., Findlay C.S., Schmidt B.R., Meyer A.H., Kuzmin S.L., 2001. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*, 404 : 499-500

Joly P. & Morand A., 1997. Diversité des stratégies d'histoire de vie sous un régime multifactoriel de perturbations : les amphibiens de la plaine alluviale du Haut-Rhône français. Université Claude Bernard Lyon 1, 33 p.

Lacoste A. & Salanon R., 1999. Elément de biogéographie et d'écologie, 2^{ème} édition. Nathan université, 269 p.

Larsen J., 2001. Wetlands decline. *Vital Signs 2001*, Worldwatch Institute, 2 p.

Leclair R. Jr., 1985. Les amphibiens du Québec: Biologie des espèces et problématique de conservation des habitats. Gouvernement du Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service des études écologiques, 171 p.

Merila J., Laurila A. & Lindgren B., 1998. Variation in the degree and costs of adaptive phenotypic plasticity among *Rana temporaria* populations. *J.Evol.Biol.*, 17 : 1132-1140

Meyer A.H., Schmidt B.R., Grossenbacher K., 1998. Analysis of three amphibian populations with quarter-century long time-series. *Proc. Royal Society London*, 265 : 523-528

Nelson G. & Graves B., 2004. Anuran Population Monitoring: Comparison of the North American Amphibian Monitoring Program's Calling Index with Mark-recapture Estimates for *Rana clamitans*. *Journal of herpetology*, 38 (3): 355-359

Nichols J., Boulinier T., Hines J., Pollock K. & Sauer J., 1998. Inference Methods for Spatial Variation in Species Richness and Community Composition When Not All Species Are Detected. *Conservation biology*, 12 (6) : 1390-1398

Nozay S., 2004. Les amphibiens dans les carrières de roches massives en Lorraine : Mise en place d'un protocole d'étude et de suivi. Rapport de stage, université de Metz, université Nancy 1, INPL Nancy, 28 p. + Annexes

Pourriot R. & Meybeck M., 1995. Limnologie Générale. Masson, collection d'écologie n° 25, 956 p.

Sell Y., 1998. L'Alsace et les Vosges, géologie, milieux naturels, flore et faune. Delachaux et Niestlé, Paris, 352 p.

Vos C., 1999. A frog's eye view of the landscape. Quantifying connectivity for fragmented amphibian populations, 143 p.

Statistiques

Heyer W.R., Donnelly M., McDiarmid R., Hayek L., Foster M., 1994. Measuring and monitoring biological diversity - Standard methods for amphibians. Smithsonian Institution, 364 p.

Pollock K.H., Nichols J.D., Simons T.R. Farnsworth G.L., Bailey L.L., Sauer J.R., 2002. Large scale wildlife monitoring studies: statistical methods for design and analysis. *Environmetrics*, 13(2) : 105-119

WEBOGRAPHIE

Biologie, écologie, milieux

http://www.alsace.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=23
<http://www.aufildurhin.com/fr/nature/index.htm>
<http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1046/j.1523-1739.1998.97331.x>
http://www.cigal.fr/BD_ORTHO_2002/index_ortho_2002.htm
<http://www.creaweb.fr/bv/algues4.html>
<http://csa.cren.free.fr/>
<http://www.globalamphibians.org/>
<http://www.ifen.fr/zoneshumides/>
<http://www.karch.ch/karch/f/ath/zaun/zaunco.html>
<http://www.karch.ch/karch/f/lit/herpkolo/herpkoloco.html>
<http://www.naherpetology.org/>
<http://www.odonat-alsace.org>
http://www.on.ec.gc.ca/wildlife/factsheets/fs_amphibians-f.html
<http://www.orni.to/actualites/rhin.htm>
<http://www.pwrc.usgs.gov/naamp/>
<http://www.tourduvalat.org>
http://www.iucn.org/themes/ssc/biodiversity_assessments/gaa/gaa_FR.htm
<http://uregina.ca/piwowarj/geog326/Wetlands%20Decline.pdf>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Zone_humide#Les_principales_zones_humides_de_France

Statistiques

<http://biol10.biol.umontreal.ca/BIO2041/>
<http://pbil.univ-lyon1.fr/R/enseignement.html>

Création et entretien de milieux propices aux amphibiens

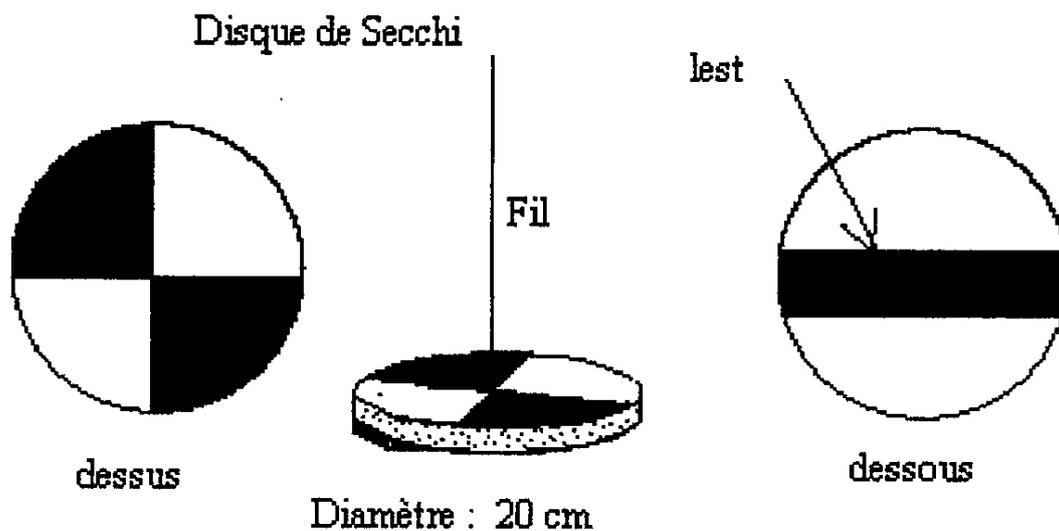
<http://www.les-mares.com/html/creation/creationmare.php>
http://www.nord-nature.org/fiches/fiche_b2.htm
<http://www.lpo.fr/refugeslpo/conseils/fiches/doc/mare-naturelle.pdf>
http://mrw.wallonie.be/dgrne/publi/education/creer_mare.pdf
http://mrw.wallonie.be/dgrne/dnf/dcnev/consnat/c3f_mare.htm
<http://membres.lycos.fr/jjcord/mare/profmarearticl.htm>
http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/459_fascicule10.pdf

Annexes

Annexe 1 : Technique du disque de Secchi

Principe : Le disque de Secchi est une mesure classique de la transparence de l'eau à la lumière visible. La transparence de l'eau dépend de la coloration de l'eau et des quantités de matières organiques et minérales en suspension.

Pour déterminer la turbidité, un disque comportant des quadrants blanc et noir alternés est plongé dans l'eau puis la profondeur à laquelle les couleurs du disque ne sont plus différenciables est mesurée.



Type de sol	Type de plan d'eau	Habitats terrestres significatifs dans un rayon de 200m (%)
Graviers : %	<input type="checkbox"/> Mare	Forêt : %
Argile : %	<input type="checkbox"/> Fossé	Route : %
Sable : %	<input type="checkbox"/> Réseau de mare	Prairie : %
Limons : %	<input type="checkbox"/> Bras mort	Champs cultivés : %
	<input type="checkbox"/> Tourbière	Habitations : %
	<input type="checkbox"/> Vasque	Tourbière : %
		Vignes : %
		Verger : %
		Eau : %
		Sol à nu : %

Commentaires :

Présence de déchet (solides, hydrocarbures ou autres) :

Présence de bois dans l'eau :

Autres animaux :

- Photos du milieu Observation des poissons

Annexe 3 : Fiche recensement Amphibiens

Station (Nom et Numéro) :	Date :
Observateur :	Conditions climatiques :

Espèces		Effectif dénombré					Effectif total
		A vue			Au chant	Par ponte (Nombre de pontes × 2)	
Nom français	Nom latin	Mâle	Femelle	Indéterminé			
Alyte accoucheur	<i>Alytes obstetricans</i>						
Sonneur à ventre jaune	<i>Bombina variegata</i>						
Crapaud commun	<i>Bufo bufo</i>						
Crapaud calamite	<i>Bufo calamita</i>						
Crapaud vert	<i>Bufo viridis</i>						
Rainette verte	<i>Hyla arborea</i>						
Pélobate brun	<i>Pelobates fuscus</i>						
Grenouille des champs	<i>Rana arvalis</i>						
Grenouille agile	<i>Rana dalmatina</i>						
Grenouille verte	<i>Rana kl. esculenta</i>						
Grenouille de Lessona	<i>Rana lessonae</i>						
Grenouille rieuse	<i>Rana ridibunda</i>						
Grenouille rousse	<i>Rana temporaria</i>						
Salamandre tachetée	<i>Salamandra salamandra</i>						
Triton alpestre	<i>Triturus alpestris</i>						
Triton crêté	<i>Triturus cristatus</i>						
Triton palmé	<i>Triturus helveticus</i>						
Triton ponctué	<i>Triturus vulgaris</i>						

Commentaires (imago, ponte, présence d'eau, taille mare, profondeur mare, ombrage, poissons, écrevisses, comptage au chant):

Annexe 5 : Résultat des test entre l'occurrence des espèces et les variables environnementales

	Tri. Crété	Tri. Ponct.	Crap. com.	Rain. arbo.	Gre. agile	Gre. rousse
Alt	-1,691	-1,690	***3,509	-1,094	*-2,706	1,632
Surf	0,968	1,199	*2,237	1,576	0,640	-0,185
Pmax	-0,039	0,131	**2,936	-1,514	-1,787	1,720
Turbi	*2,403	1,358	-1,669	***3,336	*2,424	*-2,344
Vase	0,619	0,777	1,580	-0,345	0,786	*2,415
Slope	-1,321	*-2,572	0,722	-1,882	-1,684	1,521
Shade	0,026	-0,731	0,842	-1,139	0,023	0,359
Largeur	-0,602	-1,302	*2,075	-1,395	-1,632	***3,615
VegeB%	1,410	1,801	-0,461	*2,769	0,960	0,600
VegeBh	1,767	1,340	-1,669	*2,419	1,426	-0,393
AlgFilSurf%	0,500	1,073	-0,946	1,836	1,885	-1,307
AlgFilFon%	*2,125	1,650	-1,199	0,948	1,713	-1,031
HydroFix	***3,053	**2,964	0,188	***3,050	1,555	-0,777
HydroFlo	0,183	0,393	0,206	-0,012	0,201	-0,341
Grav	0,298	0,650	-1,311	*2,774	1,529	*-2,443
Arg	-0,182	-0,013	1,771	*-1,971	-1,364	**2,870
Sabl	-1,120	0,111	-0,161	0,035	0,582	*-2,522
Lim	-0,840	0,016	0,951	-0,913	-1,053	*2,730
Tourbe	0,652	-0,961	0,064	-0,979	-0,098	0,398
Obst	-0,121	-0,554	-1,721	0,165	1,021	0,195
NbMares	0,066	1,128	*-2,050	1,410	-0,047	-1,244
Foret	-0,219	0,910	-0,266	0,647	0,068	0,012
Rte	-1,021	-1,630	1,138	*-2,425	-0,960	*2,275
Prairie	0,330	0,159	-0,170	-0,375	-0,490	1,159
Champs	-0,798	-0,903	*1,966	-0,721	0,318	0,249
Batim	-0,711	-1,713	-0,735	-1,742	-1,040	1,655
Tourb	0,606	-0,946	0,156	-0,964	-0,127	0,489
Vignes	-0,648	-0,661	-0,917	-0,674	-1,069	-0,730
Eau	1,214	1,868	*-2,715	**2,906	1,616	-1,843
Sol	-0,384	0,560	-1,035	1,903	-0,499	-1,742
PtsEau	-1,297	-0,703	0,481	-0,305	-1,185	1,101
Fish	*6,654	*4,696	1,840	0,015	0,389	0,179
BoisDebris	0,710	0,0002	1,085	0,128	0,003	1,247
PereRepro	0,256	0,287	1,086	0,316	0,014	0,327
PereYear	2,712	0,001	1,855	0,0001	0,365	0,446
PereConnex	0,901	1,001	0,183	1,552	0,943	***11,63
Mofond	0,327	1,926	0,110	2,618	0,065	0,056
Rosel	*6,987	*4,202	0,073	**8,537	3,735	3,114
Gestion	0,038	0,328	0,294	1,676	*4,911	1,862
Anthro	0,125	1,234	2,821	1,868	***11,77	1,035

Test U de Mann Whitney **significatif** non significatif
 Khi 2 **significatif** non significatif

* = 0,05 > p > 0,005
 ** = 0,005 > p > 0,001
 *** = p < 0,001

Annexe 6 : Résultat des test entre l'abondance des espèces et les variables environnementales

	Tri. Crêté	Tri. ponct.	Crap.com.	Rain. Arbo.	Gre. Agile	Gre. Rousse
Alt	0,114	0,172	0,303	0,207	0,059	*0,508
Surf	-0,287	0,003	0,422	0,369	0,088	0,265
Pmax	0,155	-0,446	*0,548	0,175	*-0,406	0,360
Turbi	0,215	0,235	-0,292	-0,433	0,239	-0,015
Vase	0,130	-0,260	-0,245	0,134	-0,029	-0,053
Slope	0,432	-0,279	0,318	-0,229	-0,042	0,121
Shade	-0,136	-0,474	-0,026	0,049	0,141	-0,004
Largeur	0,500	0,063	0,264	-0,020	*-0,451	0,387
VegeB%	0,347	0,456	0,077	0,050	0,182	0,010
VegeBh	0,098	0,239	0,300	0,376	0,193	-0,156
AlgFilSurf%	-0,267	0,133	-0,179	0,312	-0,220	-0,388
AlgFilFon%	0,071	-0,142	-0,302	0,228	-0,339	-0,486
HydroFix	0,028	-0,160	0,042	0,074	0,217	0,275
HydroFlo	-0,385	-0,099	0,154	0,135	0,317	-0,370
Grav	-0,045	0,233	0,115	-0,207	0,074	0,224
Arg	0,299	-0,218	-0,076	-0,129	-0,202	-0,295
Sabl	-0,428	-0,120	-0,012	-0,218	0,234	-0,155
Lim	-0,504	0,394	0,399	0,333	0,172	0,468
Tourbe	-0,116		-0,299		0,106	0,252
Obst	0,441	-0,178	-0,274	-0,151	-0,348	-0,465
NbMares	0,188	0,369	-0,213	0,110	0,127	-0,061
Foret	-0,202	0,219	0,365	0,177	*0,444	0,230
Rte	0,313	0,294	0,068	-0,477	*-0,545	-0,106
Prairie	*0,655	-0,225	0,063	-0,433	*-0,546	-0,079
Champs	-0,057	-0,036	-0,337	-0,139	-0,079	-0,213
Batim	-0,426		-0,098		*-0,437	-0,325
Tourb	-0,116		-0,299		0,106	0,252
Vignes						
Eau	0,047	-0,263	0,367	0,254	-0,034	-0,424
Sol	*0,562	-0,428	0,074	0,017	0,219	-0,264
PtsEau	0,200	*0,555	-0,123	-0,069	0,142	0,070
Fish	0,000	0,000	*1,977	-0,915	-1,037	1,735
BoisDebris	0,849	-0,936	0,984	-0,116	1,146	0,485
PereRepro	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PereYear	-0,710	-0,244	*2,652	0,000	0,536	*2,195
PereConnex	0,000	0,000	*2,000	0,000	-1,620	1,890
Mofond	-0,595	0,000	-0,945	0,000	0,803	-0,485
Rosel	1,784	-0,156	-1,175	0,085	0,860	-1,756
Gestion	0,287	1,605	1,068	1,568	-0,988	-0,542
Anthro	0,232	-0,781	1,567	-0,217	-0,788	1,155

R de Spearman **significatif** - non significatif
U de Mann Whitney **significatif** - non significatif

* = 0,05 > p > 0,005
** = 0,005 > p > 0,001
*** = p < 0,001

Annexe 7 : Description, écologie française et répartition des 6 espèces de l'étude

Triton crêté *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768)

Description (ACEMAV, 2003) : Urodèle de grande taille, la face supérieure du corps est brun noir, habituellement ponctuée de gros ronds noirs, et recouvert de granulations blanchâtres sur les flancs. Le ventre est jaune vif fortement ponctué de noir et la gorge noirâtre.

Écologie française (ACEMAV, 2003) : L'habitat terrestre se compose habituellement de zone de boisement, de haies et de fourrés à quelques centaines de mètres du site de reproduction. Il cohabite souvent avec le Triton ponctué. Les adultes évitent les points d'eau où l'on retrouve du poisson. On le retrouve dans des étangs, bras mort, mares, bassins de carrières, gravière, pannes, fossés de drainage, trous de bombes et occasionnellement dans des zones lentes de rivières.

Répartition (Grymonprez, 2004) : Il est absent des régions Aquitaine, Midi-pyrénées et Provence-Alpes-Côte d'Azur. En Alsace, il est présent dans la plaine rhénane ; c'est une espèce des vallées alluviales.



Triton ponctué. *Triturus vulgaris* (Linné, 1758)

Description (ACEMAV, 2003) : Urodèle de petite taille. La face supérieure est fortement ponctuée chez le mâle et uniforme chez la femelle. La face inférieure est ponctuée de ronds noirs chez le mâle et finement ponctuée chez la femelle. Le ventre est orangé et la gorge est pigmentée de gris cendré. Le mâle reproducteur a une crête dorsale à bord festonné, des palmures en lobes aux orteils et il n'a pas de filament caudal noirâtre.

Écologie française (ACEMAV, 2003) : Ce triton est une espèce de plaine et de collines (il évite les reliefs dans les Vosges) Il est inféodé au milieu littoraux et alluviaux (exemple de la plaine du Rhin) De plus il semble abondant dans les zones de marais et les régions riches en mares et étangs (exemple du Sundgau). L'habitat terrestre est souvent arboré, mais on peut cependant le retrouver dans des milieux ouverts mais riches en abris. Il accepte une grande diversité de plans d'eau. Enfin, on le retrouve souvent sur des affleurements marneux et argileux.

Répartition (Grymonprez, 2004) : Il est absent des régions Aquitaine, Midi-pyrénées, Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur. En Alsace, il est présent dans toute la plaine rhénane ; il semble éviter les milieux montagnards.



Rainette verte. *Hyla arborea* (Linné, 1758)

Description (ACEMAV, 2003) : Anoure de petite taille d'aspect élancé. Le museau est tronqué, la pupille est ovale horizontale et l'iris doré. Les glandes paratoïdes sont indistinctes. Le membre postérieur est fin, assez court et muni de ventouse aux extrémités des orteils. La peau dorsale est lisse, de couleur vert pomme, brun, gris ou noir. Une bande brun noir bordée de clair court sur les bas flancs, de la narine à l'aîne, avec un diverticule qui remonte au dessus de la cuisse.

Écologie française (ACEMAV, 2003) : Espèce de plaine et de piedmont. Son habitat terrestre est une mosaïque de strates arborées, arbustives et herbacées. L'habitat aquatique est formé de points d'eau stagnants, ensoleillés, souvent riche en végétation aquatique et si possible dépourvus de poissons (l'eau peu parfois être saumâtre)

Répartition (Grymonprez, 2004) : Elle est absente de la partie sud : midi méditerranéen, bassin de la Garonne. En Alsace, Elle est présente sur toute la bande rhénane, et fait des incursions sur le piémont dans le sud du Haut-Rhin et dans le nord du Bas-Rhin.



Grenouille rousse *Rana temporaria* Linné, 1758

Description (ACEMAV, 2003) : Anoure de taille moyenne ressemblant à la Grenouille agile. Cependant, elle est plus ramassée avec un museau plus court et des pattes postérieures plus courtes. La peau peut être assez verruqueuse avec une coloration de la face supérieure très variable jaune, rose, rouge, brune, verte ou grise.

Écologie française (ACEMAV, 2003) : En Europe c'est l'amphibien qui atteint les plus hautes altitudes (2800 m dans les Alpes) Elle est également ubiquiste. On la retrouve dans les points d'eau uniquement pendant quelques jours ou quelques semaines lors de la reproduction sinon elle vit à terre le reste de l'année. Ses milieux terrestres sont très diversifiés : arrière-littoraux, prairies, forêts de plaine, pâturages et boisement montagnard (même résineux) En plaine, dans la moitié méridionale on la retrouve plus exclusivement dans des milieux frais (forêt ou fourrés) Ses milieux de reproductions sont très variés.

Répartition (Grymonprez, 2004) : En France, elle est présente sur l'ensemble du territoire sauf dans la plaine aquitaine, le bassin de la Garonne et le pourtour méditerranéen. Enfin en Alsace, la Grenouille rousse est omniprésente sur l'ensemble des deux départements.



Grenouille agile *Rana dalmatina* (Fitzinger in Bonaparte, 1838)

Description (ACEMAV, 2003) : Anoure de taille moyenne, d'aspect élancé et au long museau. L'iris est doré dans sa partie supérieure. Le masque temporal contraste bien et le tympan est très grand. Le membre postérieur est long à très long. La peau dorsale est lisse et de couleur brun roussâtre ou grisâtre

Écologie française (ACEMAV, 2003) : La Grenouille agile est une espèce de plaine (rarement plus de 1000 m dans les Alpes) Elle est souvent associée aux boisements et aux fourrés et franchement forestière dans l'est. Elle est très ubiquiste sur ses zones de reproduction, mais évite tout de même les sites riches en poissons. En milieu alluvial, elle pond en milieu ouvert. Enfin, la cohabitation de Grenouilles rousses et agiles est rare quand les deux espèces coexistent.

Répartition (Grymonprez, 2004) : Elle est présente sur une grande partie du territoire, absente seulement du pourtour méditerranéen et de l'extrémité nord du pays. En Alsace, elle est moins représentée que la grenouille rousse et surtout en altitude.



Crapaud commun *Bufo bufo* (Linné, 1758)

Description (ACEMAV, 2003) : Anoure de taille moyenne à grande (la femelle est généralement plus grande). La pupille est ovale, et l'iris uniformément rouge cuivré ou orange. Les glandes parotoïdes sont très proéminentes, divergentes et allongées, au moins deux fois plus longues que larges. La peau dorsale est pustuleuse et de couleur uniformément roussâtre, jaunâtre, verdâtre ou noirâtre. Le membre postérieur est court.

Écologie française (ACEMAV, 2003) : Le Crapaud commun se retrouve du niveau de la mer jusqu'à 2600 m dans les Pyrénées. Il apprécie les milieux frais et boisés de feuillus ou mixtes. Il semble préférer des habitats riches en éléments nutritifs, humides de pH neutres et non salés. Il est peu abondant en zone inondable et rare sur les cordons dunaires et les causses du sud (peu adapté aux milieux chauds et secs)

Répartition (Grymonprez, 2004) : C'est une espèce très commune présente a priori partout. Sa limite altitudinale dans les Alpes est de 2300 m. En Alsace, il est largement répandu, dans l'ensemble des milieux.



Résumé

Aujourd'hui, les amphibiens sont en déclin sur la quasi-totalité de la planète et ceci principalement à cause de l'action de l'Homme (perte d'habitats, fragmentation du milieu, pollution). En Alsace et dans de nombreuses régions, des organismes sont chargés de restaurer et de conserver des milieux favorables à ces espèces. Pour mener au mieux ces travaux, une meilleure connaissance de leur écologie est nécessaire.

Cette étude a donc eu comme objectif de déterminer les caractéristiques écologiques les plus favorables à certaines espèces d'amphibiens de la région Alsace (Crapaud commun, Grenouille agile, Grenouille rousse, Rainette arboricole, Triton crêté, Triton alpestre, Triton palmé, Triton ponctué). Pour cela, un inventaire batrachologique a d'abord été réalisé sur 48 sites (occurrence et abondance). Puis ces sites ont été caractérisés à l'aide de 40 variables environnementales. Enfin, ces deux relevés ont été confrontés à l'aide de tests non paramétriques afin de déterminer les variables environnementales favorables à chacune des espèces.

Au terme de l'étude, des résultats déjà démontrés dans d'autres régions françaises ont été confirmés et précisés et de nouvelles hypothèses ont pu être émises.

Mots clés : mare, amphibien, variable environnementale, conservation.

Summary

Today, amphibians are in decline on most of the globe and this mainly due to Man's actions (loss and fragmentation of habitats, pollution). In Alsace and in many regions, some organisations are responsible for restoring and preserving suitable habitats for these species. For good implementation of these actions, a better understanding of their ecology is necessary.

Therefore, this survey aims at defining the ecological features which are the most appropriate to target species of amphibians from Alsace (common toad, agile frog, common frog, European tree frog, great crested newt and common newt). Therefore, a batrachological survey has been carried out on 48 sites (occurrence and abundance). Then, these sites have been qualified using 40 environmental variables. Finally, both of these samplings have been set against each other with non-parametric tests to determine environmental variables suitable to every species.

At the end of the survey, results already proven in other French regions have been confirmed and specified but new hypotheses have also been put forward.

Key words: pond, amphibian, environmental variable, conservation.