

BUFO



Rapport de stage de Master 2 Professionnel Gestion de la Biodiversité
Promotion 2006/07

Gaëlle CAUBLLOT

MISE EN PLACE DU PROGRAMME MARE EN ALSACE :
MODÉLISATION DE LA PROBABILITÉ DE DÉTECTION ET DE
L'OCCURRENCE DE 6 ESPÈCES D'AMPHIBIENS.

CAS DE *BUFO BUFO*, *RANA TEMPORARIA*, *RANA DALMATINA*, *Hyla arborea*,
RANA KL. ESCULENTA ET *LISSOTRITON VULGARIS*.

Maître de stage :
JEAN-PIERRE VACHER,
chargé d'études à **BUFO**.

Tuteur de stage :
ALEXANDRE RIBERON,
UMR EDB 5174



Remerciements

Je remercie vivement Jean-Pierre Vacher qui m'a énormément appris sur l'herpétologie de terrain, le travail en association, le hard-rock scandinave et la musique des années 80. Ce fut un réel plaisir de travailler en sa compagnie.

«They're calling me, creatures of the night, Beautiful music, Animal instincts survived»
1,000,000 years B.C., Misfits

Je tiens également à remercier les bénévoles et membres du bureau et du conseil d'administration de BUFO : Messieurs Jean Barbery, Jacques Thiriet, Denis Ackermann, Guillaume Dietrich, Gilles Godinat, Laurent Waeffler, Pascal Maurer & Sébastien Didier.

Messieurs Jean-Luc Dortet-Bernadet, Bruno Herault et Stéphane Aulagnier m'ont aidée pour les traitements statistiques sur R, les AFC, GLM, stepwise selection et autres régressions logistiques. Je les remercie vivement.

Je remercie Mrs Linda Weir pour avoir répondu à mes questions sur son article ainsi que M. Jérôme Pellet pour son exemple qui m'a été très utile pour mieux comprendre le programme PRESENCE.

Merci à M. Alexandre Ribéron, mon tuteur, pour sa présence.

Je remercie également Marianne Mugabo, Lucie Debroux, Thomas Delattre, Chloé Vasseur, Virginie Guyot, Julie Jacquemin et Cyril Courtial pour leur aide dans la compilation de mes données, pour ne pas avoir craqué quand je les harcelais à propos de statistiques et pour leurs critiques de mon travail, fort nombreuses, mais constructives .

A tous les salariés du GEPMA, Alsace Nature, FNE, LPO et ODONAT : un grand MERCI pour ces 6 mois passés en votre charmante compagnie !

Je remercie également Vic, Claire, Blandine, Raoul, Jérôme, Céline, Suzel, Phanie, Max et Alex pour l'ambiance des nuits passées en marathons herpéto et autres captures de chiro, par monts et par vaux et parfois même sous le déluge.

Merci Julos pour les cours de mammalogie.

*Ce rapport est dédié aux amphibiens (et aux reptiles)...
sans eux, nous vivrions dans un monde bien terne et silencieux.*

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
Les amphibiens : présentation.....	1
Les amphibiens, un groupe en déclin.....	1
Pourquoi étudier et conserver les amphibiens ?.....	2
Les différentes méthodes de suivi de populations d'amphibiens.....	2
Les statistiques, un outil incontournable pour une estimation plus juste des effectifs	3
La mise en place d'un programme de suivi national français.....	3
La structure d'accueil : BUFO.....	4
Objectifs de l'étude.....	4
MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	5
Localisation des sites	5
Protocole de suivi et récolte des données	5
<i>Protocole de suivi</i>	5
<i>Récolte des données d'espèces</i>	7
<i>Choix et récolte des variables environnementales</i>	8
Traitement des données.....	9
<i>Sélection des variables à intégrer dans les modèles</i>	9
<i>Modélisation de la probabilité de détection et de l'occurrence</i>	9
<i>Modèle logistique utilisé</i>	10
RÉSULTATS.....	11
Mise en place du programme MARE	11
<i>Bilan national</i>	11
<i>Bilan de MARE Alsace</i>	11
Choix des espèces	12
Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	13
GLM, régression logistique et «stepwise selection».....	14
MODÉLISATION AVEC PRESENCE.....	14
<i>Bufo bufo</i> - Crapaud commun.....	15
<i>Rana dalmatina</i> - Grenouille agile.....	15
<i>Rana temporaria</i> - Grenouille rousse	16
<i>Hyla arborea</i> - Rainette verte	17
<i>Rana kl. esculenta</i> - Grenouille verte	18
<i>Lissotriton vulgaris</i> - Triton ponctué	18
DISCUSSION.....	20
Estimation de l'occurrence et de la probabilité de détection	20
<i>Facteurs influençant l'occurrence</i>	20
<i>Facteurs influençant la probabilité de détection</i>	21
Importance d'une évaluation statistique dans les programmes de suivi	23
<i>Sélection des variables à intégrer par une méthode d'analyse multivariée</i>	24
<i>Utilisation du programme PRESENCE</i>	24
Variables choisies et données environnementales.....	25

Recommandations pour le programme MARE.....	26
<i>Evaluation du programme</i>	26
<i>Perspectives envisagées</i>	27

CONCLUSION.....	29
------------------------	-----------

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

1. Fiches espèces : les 18 espèces d'amphibiens présentes en Alsace.
2. Protocole MARE.
3. Fiches de terrain : données d'espèces et données environnementales.
4. Résultats de terrain : données d'espèces et données environnementales.

INTRODUCTION

Les amphibiens : présentation

La classe des amphibiens est constituée de 3 grands ordres: les gymnophiones, apodes et vermiformes, exculsivement tropicaux, les urodèles, possédant 4 membres et une queue à l'état adulte et les anoures possédant 4 membres mais dont la queue disparaît lors de la métamorphose. De plus, ces derniers sont les seuls amphibiens capables d'émettre des chants (Nöllert et Nöllert 2003).

L'Alsace compte 18 des 39 espèces d'amphibiens répertoriées en France (ACEMAV 2003), dont 5 espèces d'urodèles et 13 d'anoures (une présentation détaillée de chaque espèce est disponible en annexe 1).

Les amphibiens, un groupe en déclin

Depuis les années 70, les effectifs des populations d'amphibiens n'ont cessé de chuter de manière drastique de part et d'autre du globe (Blaustein *et al.* 1994). Bien que 25 % d'espèces supplémentaires aient été décrites en une décennie, près d'un tiers de ces espèces est aujourd'hui menacé d'extinction, 43 % présentent un déclin populationnel alors que moins d'1 % voient leurs effectifs augmenter (GAA 2005, Köhler *et al.* 2005). Les causes de ce déclin global sont multiples, complexes et peuvent fonctionner en synergie (Lötters 2007).

Parmi elles peuvent être cités le changement climatique global, la destruction et la fragmentation des habitats, les maladies et parasitoses (*Batrachochytrium dendrobatidis*, par exemple), l'augmentation du rayonnement ultraviolet, la pollution de l'eau et de l'air, les précipitations acides, la diminution de la quantité de litière restant au sol (Whitfield *et al.* 2007), les captures excessives ou encore l'introduction de prédateurs exotiques (GAA 2005, Collins et Storfer 2003, Biek *et al.* 2002, Dubois 2006, João Cruz 2006).

Bien que la mesure des effectifs génère encore de multiples questionnements d'ordre techniques et philosophiques (Buckland *et al.* 2005), la mise en place de programmes de suivis quantitatifs à long terme des populations d'amphibiens s'est rapidement révélée primordiale (Meyer *et al.* 1998, Pounds *et al.* 2006).

Pourquoi étudier et conserver les amphibiens ?

Les amphibiens peuvent représenter le groupe de vertébrés constituant l'une des biomasses les plus importantes, voire la plus importante, dans un écosystème (par exemple Burton et Linkens 1975). Ils jouent donc un rôle important dans le cycle de transformation de l'énergie. De plus, comme tout autre maillon d'une chaîne trophique, les amphibiens doivent être conservés afin de préserver les espèces qui dépendent d'eux (Altringham 1998).

Les amphibiens sont exposés à de nombreuses menaces. Extrêmement sensibles à leur environnement, ils peuvent être qualifiés de bioindicateurs, renseignant sur les variations de qualité du milieu (Joly 2003, Muths *et al.* 2006). Cette sensibilité est l'une des raisons qui explique le fort intérêt à étudier et à conserver ce groupe.

Plusieurs raisons font des amphibiens un modèle idéal pour les programmes de suivi de populations à grande échelle :

- espèces faciles à déterminer (seulement 67 espèces en Europe, nécessitent peu de matériel spécialisé) en comparaison à celles d'autres groupes importants comme les insectes, ou peu connus tels les annélides,
- faible capacité de dispersion
- aisés à suivre (comportement grégaire en période de reproduction)

Les différentes méthodes de suivi de populations d'amphibiens

Différentes méthodes ont été mises en place à travers le monde afin de suivre les populations d'amphibiens. Chaque méthode d'inventaire ou de suivi doit être adaptée à la saison, au milieu (tropical ou tempéré, aquatique ou terrestre) et à l'écologie des animaux (Heyer *et al.* 1994 ; Lips *et al.* 2001) afin de répondre au mieux aux questions posées par l'étude.

Certains programmes sont menés par des volontaires, comme en Alaska ou en Australie (Anderson 2004, ARC 2007), d'autres sont effectués par des spécialistes en collaboration avec des parcs nationaux, américains pour la plupart (Mitchell 2006, Dodd 2003, DoC 2007). Certains inventaires sont basés sur les chants entendus à différentes périodes de l'année (Weir *et al.* 2005, Takats et Priestley 2002, Bishop 1996), d'autres sur des comptages à vue aléatoires (Maerz 2001), des inventaires visuels le long de transects (Whitaker et Alspach 1999), des captures-marquage-recaptures (Schmidt *et al.* 2002) ou des piégeages par piège-trappe (ou 'pitfall') (Hsu *et al.* 2005).

L'un des programmes les plus ambitieux en matière de suivi des populations d'amphibiens reste l'ARMI (Amphibian Research and Monitoring Initiative) mis en place par l'United State Geological Survey (USGS), qui prend en compte 3 niveaux de définition dans

les relevés, et teste les données avec un programme statistique développé pour l'occasion (Smith *et al.* 2005) : le programme PRESENCE, qui calcule la probabilité de détection d'une espèce et son occurrence en fonction de certains facteurs environnementaux intégrés dans le modèle (Muth *et al.* 2006, MacKenzie *et al.* 2002, MacKenzie *et al.* 2003).

En plus de dresser un inventaire des espèces présentes sur un milieu donné, les programmes de suivi peuvent indiquer l'abondance, la dynamique des populations, fournir de nombreuses données sur la biologie et la phénologie des espèces, et peuvent ainsi servir de base à la recherche fondamentale (Cogălniceanu *et al.* 2006).

Les statistiques, un outil incontournable pour une estimation plus juste des effectifs

Les programmes de suivi représentent malheureusement un fort investissement en temps ainsi qu'en argent et la difficulté réside dans la mesure du juste équilibre entre bas coût et efficacité afin d'obtenir des résultats exploitables et fiables (Meyer *et al.* 1998, Cogălniceanu *et al.* 2006). C'est dans cette optique qu'ont été développés des programmes statistiques tel que PRESENCE, qui permet d'ajuster les moyens à mettre en œuvre pour les estimations spatiale et temporelle des populations. En effet, lorsqu'une espèce n'est pas détectée sur un site, il n'est pas garanti que cette espèce soit effectivement absente (Crossland *et al.* 2005).

Les outils statistiques permettent en outre de mettre en relation des facteurs environnementaux tels que le paysage ou le faciès de la mare et la présence d'une espèce donnée (Mazerolles *et al.* 2005). Les études statistiques permettent de minimiser la surestimation des effectifs ainsi que les biais induits par les différents observateurs (Lotz et Allen 2007) ou par la saison (Schmidt 2003, Pellet et Schmidt 2005).

La mise en place d'un programme de suivi national français

Dans une optique de suivi à long terme de la dynamique des populations d'amphibiens en France, le Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (MNHN) met en place le programme national MARE : Milieu où les amphibiens se reproduisent effectivement.

Ce programme, pour l'instant au stade expérimental, repose sur un suivi mené par des bénévoles ou des chargés d'études d'associations ou d'institutions publiques qui centralisent leurs données au niveau de l'Observatoire national de la batrachofaune française, dépendant du MNHN (Morère 2006). Ces données de présence/absence des individus reproducteurs, récoltées sur plusieurs années, permettront d'obtenir une vision globale des variations d'occupation des lieux de ponte au niveau national (Morère 2006).

La structure d'accueil : BUFO.

BUFO est l'association chargée de l'étude et de la protection des reptiles et amphibiens en Alsace. Ses objectifs sont d'améliorer, de valoriser et de diffuser les connaissances sur le statut et la répartition des espèces en Alsace (création d'un atlas, conférences, liste rouge...) auprès du grand public ainsi que du public spécialisé, d'assurer un rôle de conseil et d'expertise auprès des organismes demandeurs ainsi que de coordonner, initier ou effectuer tout travail de conservation et de protection des espèces.

L'association compte un chargé d'étude permanent ainsi que des chargés de mission occasionnels.

Objectifs de l'étude

Le but de ce stage de master 2 au sein de l'association BUFO a été de choisir les sites et les mares de la région Alsace pouvant être inclus dans le programme MARE, de fournir les informations nécessaires aux bénévoles qui effectueront les relevés dans les années qui suivront sa mise en place et de récolter et compiler les données à destination du MNHN.

Les données recueillies ont été testées par une méthode d'analyse multivariée puis par une méthode statistique afin de déterminer quelles variables semblaient avoir le plus de poids dans cette étude. Ces variables extraites ont ensuite été traitées avec le programme PRESENCE © (MacKenzie *et al.* 2002) afin d'estimer la probabilité de détection moyenne ainsi que l'occurrence moyenne des amphibiens sur la zone choisie et de déterminer l'effort d'échantillonnage nécessaire pour inférer la présence ou l'absence d'une espèce. Les résultats obtenus pourraient fournir des indications intéressantes dans le cadre de la mise en place de MARE en termes de fréquence et de moment de prospection et permettraient d'ajuster les occurrences obtenues, en renforcement du travail de terrain.

Nota : La taxinomie des amphibiens est pour le moment sujette à polémique suite à un article de Frost *et al.* paru en 2006. Les noms d'espèces telles qu'on peut les trouver sur la liste d'amphibiaweb.org de l'Université de Berkeley, Californie, ont été conservés.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Localisation des sites

.Le programme MARE **53 mares au total**, réparties sur 10 sites : 5 sites dans le Bas-Rhin (23 mares), 5 sites dans le Haut-Rhin (30 mares) (cf. figure 1 page suivante) . Le terme de « mare » sera utilisé dans ce rapport afin de simplifier la lecture. Il englobe tout plan d'eau de taille relativement importante jusqu'aux groupes de petites ornières rapprochées dans lesquels se reproduisent les amphibiens. La localisation des sites a fait l'objet d'une sortie de terrain en tout début de saison (mars).

Ces mares se situent dans des habitats diversifiés : milieu forestier de plaine ou de colline, carrière, prairie de fauche et bordure de cultures intensives. Elles possèdent également des faciès variés en termes de profondeur, recouvrement végétal ou surface de la masse d'eau, etc., qui peuvent influencer la structure des communautés d'amphibiens se reproduisant en leur sein (Burne et Griffin 2005, Stevens *et al.* 2006, Rittenhouse et Semlitsch 2006).

Les sites ont été choisis en fonction de la disponibilité et de la motivation des bénévoles ainsi que parmi les sites retenus dans le cadre du programme SIBA (Suivi des indicateurs biologiques en Alsace) (Falguier 2006, Odonat 2005) et surveillés par le chargé d'études de la structure d'accueil : l'association BUFO. La présence d'amphibiens a donc été préalablement vérifiée pour la plupart des mares sélectionnées.

Protocole de suivi et récolte des données

Protocole de suivi

Le suivi des amphibiens mené durant cette étude s'est basé sur le protocole national délivré en 2006 (cf. annexe 2) dans le cadre du programme MARE du MNHN (Morère 2006). Ce suivi se base sur 3 passages par an, effectués sur chaque site, lors de la période de reproduction des amphibiens. Quelques changements ont néanmoins été apportés concernant la troisième visite, diurne dans le protocole MNHN, mais que nous avons menée de nuit sur la plupart des sites afin de mieux apprécier la présence des urodèles et des larves, plus difficilement détectables de jour.

9 observateurs ont participé au suivi, tous ne possédant pas des compétences équivalentes en herpétologie en terme d'identification des adultes, larves, pontes, chants.

Le but de ce programme de suivi est d'étudier la dynamique des populations



HOERDT/BRUMATH

Nombre de mares : 6
 Milieu : Forêt de feuillus, bord de cultures intensives, prairie, clairière
 Observateur : Bénévole et chargé d'études
 Espèces présentes : *L. vulgaris*, *B. bufo*, *R. dalmatina*, *R.kl. esculenta*, *T. cristatus*, *P. fuscus*



HAGUENAU

Nombre de mares : 3
 Milieu : Forêt de feuillus, bord de cultures, carrière
 Observateur : Chargé d'études
 Espèces présentes : *L. helveticus*, *L. vulgaris*, *M. alpestris*, *B. bufo*, *R. dalmatina*, *R.kl. esculenta*, *H. arborea*



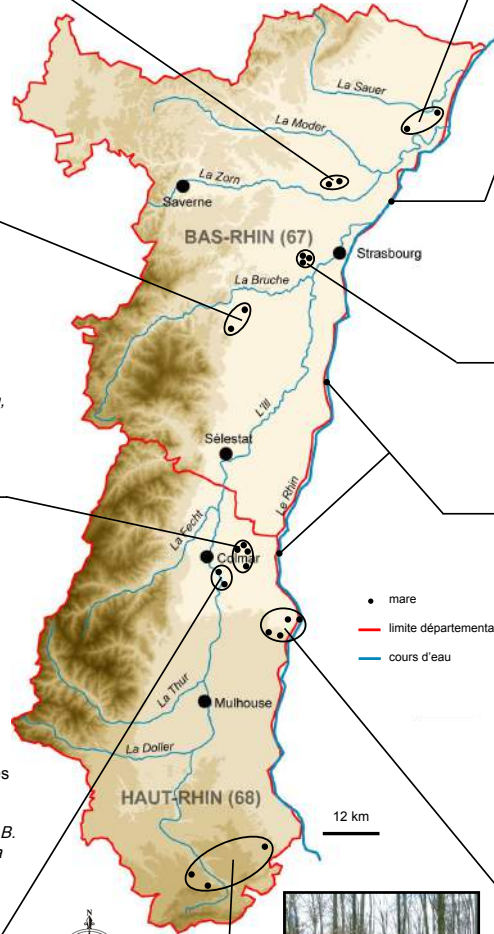
OFFENDORF

Nombre de mares : 4
 Milieu : Forêt rhénane
 Observateur : Chargé d'études
 Espèces présentes : *L. vulgaris*, *R. temporaria*, *R. dalmatina*, *R.kl. esculenta*



OBERNAI/MOLSHEIM

Nombre de mares : 4
 Milieu : Prairie, jardin, bord d'autoroute et de cultures intensives, carrière en activité
 Observateur : Chargé d'études et bénévole
 Espèces présentes : *L. helveticus*, *R. dalmatina*, *R. ridibunda*, *B. viridis*, *B. calamita*, *T. cristatus*



INNENHEIM

Nombre de mares : 4
 Milieu : Prairie, clairière en forêt de feuillus
 Observateur : Bénévole
 Espèces présentes : *R. temporaria*, *B. bufo*, *R. ridibunda*, *B. viridis*



ANDOLSHEIM

Nombre de mares : 9
 Milieu : Forêt de feuillus, prairie, bord de cultures intensives
 Observateur : Bénévoles
 Espèces présentes : *L. vulgaris*, *R. temporaria*, *B. bufo*, *R. dalmatina*, *R.kl. esculenta*, *R. ridibunda*



BALTZENHEIM/GERSTHEIM

Nombre de mares : 3
 Milieu : Forêt rhénane
 Observateur : Chargé d'études
 Espèces présentes : *L. vulgaris*, *M. alpestris*, *R. dalmatina*, *R.kl. esculenta*, *B. variegata*, *H. arborea*, *T. cristatus*



STE CROIX EN PLAINE

Nombre de mares : 8
 Milieu : Forêt de feuillus, bord de cultures intensives, bord de route
 Observateur : Bénévole
 Espèces présentes : *L. helveticus*, *L. vulgaris*, *R. temporaria*, *B. bufo*, *R.kl. esculenta*, *T. cristatus*

SUNDGAU

Nombre de mares : 4
 Milieu : Forêt de feuillus, prairie, bord de cultures intensives
 Observateur : Chargé d'études
 Espèces présentes : *L. helveticus*, *L. vulgaris*, *M. alpestris*, *R. temporaria*, *B. bufo*, *R.kl. esculenta*, *B. variegata*, *H. arborea*, *T. cristatus*, *S. salamandra*



GEISWASSER/ÎLE DU RHIN

Nombre de mares : 7
 Milieu : Forêt rhénane, anciennes carrières
 Observateur : Bénévole
 Espèces présentes : *L. vulgaris*, *R. temporaria*, *B. bufo*, *R. dalmatina*, *R.kl. esculenta*, *R. ridibunda*, *H. arborea*, *T. cristatus*

Figure 1 : Localisation des sites du programme MARE.

d'amphibiens sur une longue durée, au niveau du territoire français (en termes de présence/absence uniquement).

Récolte des données d'espèces

Trois visites nocturnes ont été effectuées, soit une lors de chaque période de reproduction. Les amphibiens européens ne se reproduisent pas tous à la même époque, il est alors possible de séparer la saison de reproduction en trois sous-saisons allant de mars pour les espèces les plus précoces, à juillet pour celles se reproduisant tardivement. La première saison est celle des grenouilles agiles (*Rana dalmatina*) et rousses (*Rana temporaria*) et du crapaud commun (*Bufo bufo*), la seconde se caractérise par la reproduction des rainettes vertes (*Hyla arborea*), des crapauds verts (*Bufo viridis*) et calamites (*Bufo calamita*) et du pélobate brun (*Pelobates fuscus*), la troisième et dernière étant celle des grenouilles vertes (*Rana lessonae*, *Rana ridibunda*, *Rana kl. esculenta*) (cf. annexe 3a).

L'observateur a effectué le tour de chaque mare en éclairant l'eau à l'aide d'une lampe torche, et a prospecté le plus grand linéaire de berge possible (en cas d'encombrement des berges par de la végétation, par exemple, l'obstacle est contourné et la berge est poursuivie plus loin). Lorsque la mare est de très grande taille, il a été possible de n'en prospecter que la partie supposée la plus propice aux amphibiens, délimitée suite à la première visite. Dans certains cas, il n'a pas été possible de pénétrer sur le site (fermeture du site par une barrière en cours de saison...). Les comptages et relevés d'espèces d'anoures ont alors été effectués par écoute des chants.

Les amphibiens ont été identifiés à vue et/ou au chant, généralement sans capture, afin de ne pas perturber le milieu. Cependant, dans le cas des femelles de triton palmé (*Lissotriton helveticus*) et de triton ponctué (*Lissotriton vulgaris*), très semblables morphologiquement, les individus ont été déterminés après capture à la main ou à l'épuisette, pour l'observation des caractères discriminants (décrits dans Nöllert et Nöllert 1992, Griffiths 1996), lorsqu'aucun mâle n'avait été aperçu ou lorsque les deux espèces cohabitaient dans une même mare.

Les différents stades (ponte, têtard/larve, juvénile, adulte) et le sexe (mâle, femelle, indéterminé) ont été indiqués, ainsi que le nombre d'individus comptés ou estimés. Ces données sont propriété de BUFO et serviront ultérieurement au suivi mené par l'association et à l'atlas régional de la faune sauvage.

Choix et récolte des variables environnementales

Deux visites diurnes ont été effectuées en complément des visites nocturnes. Une visite a été effectuée en milieu de saison (mai - juin) afin de mesurer les différents paramètres environnementaux, une fois la végétation développée.

Un travail de recherche bibliographique a été mené afin de définir les paramètres environnementaux ayant une influence sur l'occupation par les amphibiens. Différentes études et inventaires de sites alsaciens ont également été consultés afin d'avoir une idée des espèces présentes dans les différents milieux échantillonnés (Golay 1995, Vacher 2006).

Certaines variables ont été relevées à chaque visite de terrain, elles sont appelées « Sampling-occasion covariates » (variables quantitatives : températures de l'eau («Teau») et de l'air («Tair») relevées à l'aide d'un thermomètre digital (Sinch 1990), temps de prospection par mare («dureecht») (en minutes) ; variables binaires : précipitation («pluie»)(Hsu *et al.* 2005), couverture nuageuse opaque («nuages»), phase de la lune («lune») (1 : pleine lune, 0,5 : quartier de lune, 0 : nouvelle lune) (Weir *et al.* 2005), d'autres ont été mesurées une seule fois dans l'année.

Ces variables sont les « Site-specific covariates » (présence ou absence de poissons et/ou d'écrevisses («fishcray») (Langton et Burton 1997, Crochet *et al.* 2004, João Cruz 2006), fréquentation par l'Homme («freqho»), par les grand mammifères (freqgib), largeur, profondeur maximale, longueur et surface en eau, profondeur de vase («pvase»), inclinaison des berges («berges»), distance à la mare la plus proche («dmare») (Burne et Griffin 2005), à la route la plus proche («droute») (Hartel *et al.* 2006, Marsh *et al.* 2005, Bissonnette 2002), à la lisière la plus proche («dlisiere») (estimations faites sur le terrain ou grâce au programme GoogleEarth©), pérennité de la masse d'eau («tempor»), nature du site («swamp» et «pond»), milieu («foret» et «prairie»), type de substrat («argile», «sable» et «graviers»)(Stevens *et al.* 2006), végétation immergée («vgimm»), flottante («vgflott») et émergée («vgemm») (Burne et Griffin 2005, Scheffer et Van Geest 2006), débris végétaux flottant en surface («dbrsvg»), ombrage en pourcentage de recouvrement («ombre»), type de végétation entourant la mare (Stevens *et al.* 2006, Rittenhouse et Semlitsch 2006, Joly *et al.* 2001, Joly *et al.* 2003).

Dans le cas des sites comprenant de multiples ornières («swamp») et points d'eau comptant pour une seule entité, une moyenne a été estimée pour ces variables (cf. annexe 3b).

Les données binaires sont codées en 0/1 (absence/présence des espèces, fréquentation régulière par les grands mammifères, l'Homme, la pérennité de la masse d'eau ...). Les autres données sont des valeurs numériques de température (en degrés Celsius), d'inclinaison (en degrés), de distance/profondeur (en mètre/centimètre) et de temps (en minutes).

Traitement des données

Sélection des variables à intégrer dans les modèles

Préliminairement à la modélisation de la probabilité de détection et de l'occurrence, un premier traitement statistique a été effectué afin de dégager les variables les plus explicatives concernant la présence/absence des amphibiens. En effet, il n'était pas possible d'intégrer chacune des 30 variables dans le programme PRESENCE, ce qui représente 2^{30} modèles possibles pour chacune des espèces.

Une AFC (analyse factorielle des correspondances) a été réalisée sur les variables, après scission du tableau brut en deux tableaux (l'un pour les variables binaires, l'autre pour les variables quantitatives). Les variables les plus remarquables ont été extraites de cette analyse.

Afin de vérifier la pertinence de l'AFC et d'extraire les variables les plus significatives, une analyse GLM («Global linear model») suivie d'une «stepwise selection» (pour les variables quantitatives) ou d'une régression logistique (pour les variables binaires) ont été réalisées pour chaque espèce. Ainsi, 2 variables ont été conservées et il nous a paru pertinent de rajouter systématiquement une troisième variable, la température de l'air, suite à la lecture des résultats de la publication de J. Pellet (2005). Ces calculs ont été effectués sur le logiciel R v.2.5.1.

Modélisation de la probabilité de détection et de l'occurrence

Le calcul de l'occurrence (ψ) et de la probabilité de détection (p) est effectué par le programme PRESENCE ©, qui indique en outre l'AIC («Akaike Information Criterion») et le poids d'AIC (w_{AIC}) de chaque modèle. La somme des poids d'AIC entre tous les modèles produits étant égale à 1, le poids d'AIC a servi à pondérer l'occurrence estimée de chaque modèle afin de calculer un modèle moyen.

Les 3 variables choisies offrent une possibilité de **6 modèles**.

L'AIC est utilisé afin de limiter les erreurs de suggestion dans un modèle mathématique. C'est un critère de sélection du modèle qui tient compte des facteurs utilisés. Plus un indice d'Akaike est faible, plus un modèle est robuste.

Modèle logistique utilisé

Le modèle de MacKenzie *et al.* (2002) est soumis à quelques conditions :

- le site doit rester inchangé durant toute la saison de suivi (les sites vierges restent vierges, les sites occupés restent occupés),
- Il ne doit pas y avoir de détection erronée lorsque l'espèce est absente,
- La probabilité de détection doit être homogène sur la saison,
- La détection d'une espèce à un site doit être indépendante de la détection sur les autres sites.

Afin de respecter ces conditions, seules les 2 visites ayant compté le plus de détection de l'espèce sur 3 ont été prises en compte dans les calculs de probabilité de détection et d'occurrence. Ainsi, les observations comptent une répétition et respectent les spécifications du modèle de MacKenzie *et al.*

Ces choix varient suivant les périodes de reproduction des espèces (visites 1 et 2 pour *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria* et *Lissotriton vulgaris* ; visites 2 et 3 pour *Hyla arborea* et *Rana kl. esculenta*).

Calcul de la **probabilité de détection p** pour une espèce donnée pour l'ensemble des relevés :

$$p = x/n$$

Avec x le nombre total de relevés sur l'année et n le nombre de sites où l'espèce a été notée présente.

Et l'**erreur standard de la probabilité de détection** :

$$SE(p) = \sqrt{[(p(1-p))/n]}$$

L'**occurrence naïve** est l'occurrence calculée à partir des données récoltées sur le terrain. Elle est dite naïve car on suppose que $p = 1$ et se calcule ainsi :

$$\Psi_{naïve} = n/x$$

Le **nombre minimum (N_{min}) de passages nécessaire** pour être certain à 95 % qu'une espèce est absente peut être calculé comme suit (Pellet et Schmidt 2005) :

$$N_{min} = \log(0,05)/\log(1-p)$$



RÉSULTATS

Mise en place du programme MARE

Bilan national

Le programme MARE a été mis en place dans 8 régions françaises, ce qui représente environ 460 mares (toutes les données de l'année 2007 n'étant pas encore parvenues au MNHN, le nombre exact total de mares reste encore inconnu). 21 espèces d'amphibiens sur les 39 espèces françaises sont ainsi suivies par le programme.

Les structures assurant le suivi sont diverses : Centres permanents d'initiatives pour l'environnement (CPIE), associations, Universités, Réserves naturelles de France (RNF), Parcs naturels régionaux (PNR). Des discussions sont en cours avec l'Office national des forêts (ONF) et l'Agence des espaces verts (AEV) (comm. pers. J.J. Morère au 07/08/07).

Bilan de MARE Alsace

Les résultats des inventaires d'espèces sont donnés dans le tableau 1.

La mare la plus vaste couvre 20 000 m² (zone marécageuse du *Rosstey* à Seltz - 67) en mi-saison (mai) et la plus petite couvre 20 m² (soit une moyenne de 1246,4 m² ± 3163,7 m²). Les mares sont toutes situées entre 115 et 470 m d'altitude.

31 mares sont situées en milieu forestier (forêt alluviale, charmaie-hêtraie...), 22 en milieu ouvert (prairie, carrière...).

La durée moyenne d'échantillonnage est de 27 minutes ± 16,3 minutes par mare.

Le suivi a débuté le 6 mars (premiers amplexus de *Bufo bufo*) et s'est terminé le 24 juillet 2007 (derniers chants de «grenouilles vertes») ((cf. annexes 4a, 4b et 4c).

Tableau 1 : Espèces d'amphibiens présentes (x) sur les sites du programme MARE, nombre de mares occupées et occurrence naïve ($\psi_{naïve}$) par espèce. Les espèces en gras sont celles dont l'occurrence naïve est supérieure à 20 %.

Espèce/site	Offendorf	Haguenuau	Hoerd/ Brumath	Innenheim	Obernai/ Molsheim	Baltzenheim	Andolsheim	Ste Croix en Plaine	Fessenheim/ Geiswasser	Sundgau	nombre de mares	occurrence naïve ($\psi_{naïve}$)
<i>Alytes obstetricans</i>											0	0
<i>Bombina variegata</i>						x				x	3	0,57
<i>Bufo bufo</i>		x	x	x			x	x	x	x	19	0,36
<i>Bufo calamita</i>					x						1	0,19
<i>Bufo viridis</i>				x	x						2	0,38
<i>Hyla arborea</i>		x				x			x	x	11	0,21
<i>Lissotriton helveticus</i>		x			x			x		x	9	0,17
<i>Lissotriton vulgaris</i>	x	x	x			x	x	x	x	x	11	0,21
<i>Mesotriton alpestris</i>		x				x				x	6	0,11
<i>Pelobates fuscus</i>			x								1	0,19
<i>Rana arvalis</i>											0	0
<i>Rana dalmatina</i>	x	x	x		x	x	x		x		26	0,49
<i>Rana kl. esculenta</i>	x	x	x			x	x	x	x	x	23	0,43
<i>Rana lessonae</i>											0	0
<i>Rana ridibunda</i>				x	x		x		x		10	0,19
<i>Rana temporaria</i>	x			x			x	x	x	x	20	0,38
<i>Salamandra salamandra</i>										x	1	0,19
<i>Triturus cristatus</i>			x		x	x		x	x	x	9	0,17
Total espèces	4	7	6	4	6	7	6	6	8	10		

Choix des espèces

Parmi les 18 espèces d'amphibiens présentes en Alsace (BUFO 2002), **15 espèces ont été observées dans le cadre du suivi MARE**. *Alytes obstetricans* et *Rana lessonae*, très localisées dans cette région, sont absentes de l'inventaire. *Rana arvalis* est une espèce extrêmement rare et discrète, un seul individu a été observé en Alsace depuis 1996 et aucun individu n'a été contacté en 2007. 3 espèces ne sont présentes que dans une seule mare (*Bufo calamita*, *Pelobates fuscus*, *Salamandra salamandra*).

Après observation des résultats, il a été décidé que les **6 espèces présentes sur au moins 20 % des mares ($\psi_{naïve} > 0,20$) seraient choisies pour la modélisation**, afin d'obtenir suffisamment de données. Il s'agit de *Bufo bufo*, *Hyla arborea*, *Lissotriton vulgaris*, *Rana temporaria*, *Rana dalmatina* et *Rana kl. esculenta* (cf. tableau 1).

Analyse factorielle des correspondances (AFC)

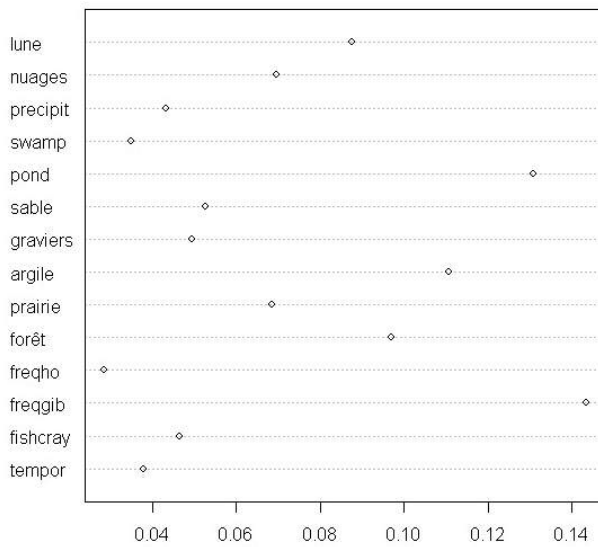


Figure 2a : poids des variables binaires

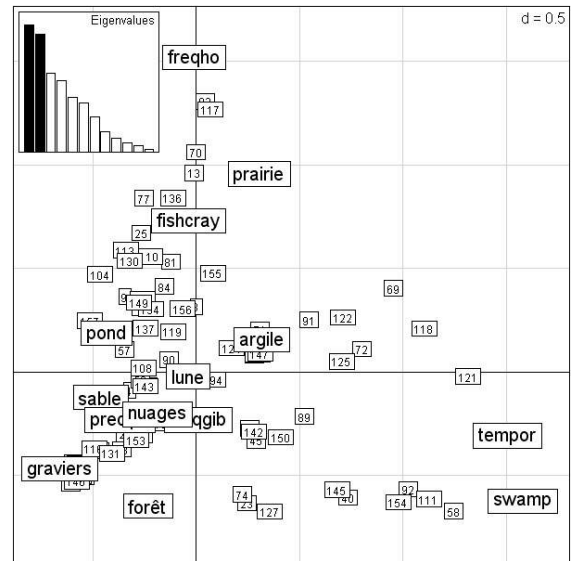


Figure 2b : AFC réalisée sur les variables binaires

- phase de la lune («lune»), présence de substrat argileux («argile»), mare bien délimitée («pond»), fréquentation par les grands mammifères tels que les suidés et les ongulés («freqgib»), mare forestière («forêt») sont les variables choisies pour le test par GLM (cf. figures 2a et 2b) car leur poids est le plus important.

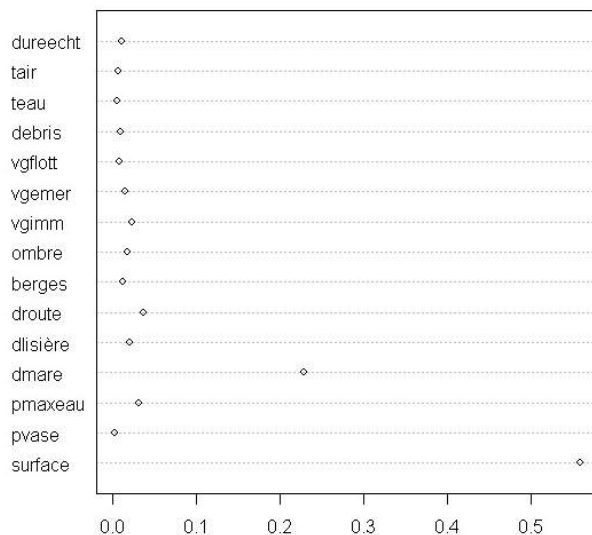


Figure 3a : poids des variables quantitatives

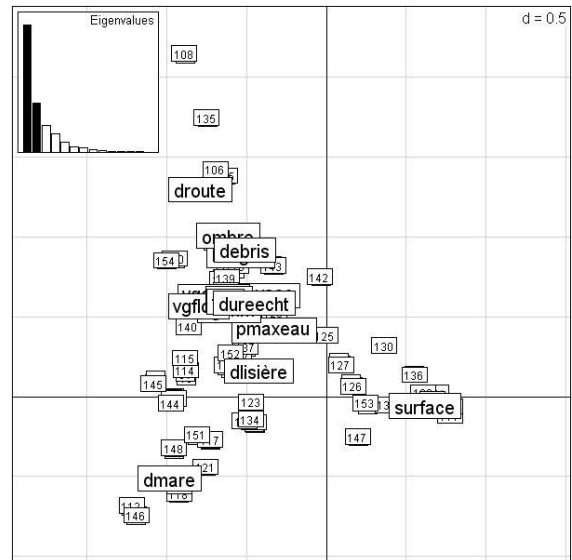


Figure 3b : AFC réalisée sur les variables quantitatives

- distance à la route la plus proche («droute»), distance à la mare la plus proche («dmare»), surface en eau («surface»), pourcentage de recouvrement par l'ombre («ombre»), pourcentage de végétation flottante («vgflott»), profondeur maximale de l'eau («pmaxeau») sont les variables choisies pour être testées avec le GLM (cf figures 3a et 3b) car leur poids est le plus important.

GLM, régression logistique et «stepwise selection»

L'analyse GLM puis la régression logistique et/ou la «stepwise selection» ont permis d'obtenir les résultats suivants (cf. tableau 2). Ces différentes variables ont été introduites dans le programme PRESENCE :

Tableau 2 : Résultats des analyses GLM et «stepwise selection»/régression logistique pour les 6 espèces d'amphibiens étudiées.

Espèce	Site-specific covariates	Sampling covariates
<i>B. bufo</i>	- profondeur max en eau (AIC=105,66)	- phase de la lune (AIC=129,26, coeff.= -0,426) - température de l'air
<i>R. dalmatina</i>	- mare forestière (AIC = 165,55, coeff. = 0,369) - distance à la route la plus proche (AIC = 160,3)	- température de l'air
<i>R. temporaria</i>	- surface à l'ombre (AIC=142,87)	- phase de la lune (AIC=149,21, coeff.= -0,485) - température de l'air
<i>R. kl. esculenta</i>	- fréquentation par les grands mammifères (AIC = 189,637, coeff. =-0,618) - distance à la mare la plus proche (AIC = 195,48)	- température de l'air
<i>H. arborea</i>	- surface en eau (AIC = 82,53)	- phase de la lune (AIC=104,58, coeff.= 0,738) - température de l'air
<i>L. vulgaris</i>	- fréquentation par les grands mammifères (AIC = 109,264, coeff. = 0,245) - distance à la route la plus proche (AIC = 62,55)	- température de l'air

Modélisation avec PRESENCE

Tableau 3 : Moyenne, médiane, minimum et maximum de température de l'air pour les deux périodes choisies.

Espèce	Température de l'air (°C)			
	moyenne	médiane	minimum	maximum
<i>B. bufo</i> / <i>R. dalmatina</i> / <i>R. temporaria</i> / <i>L. vulgaris</i>	14,60	14,00	5	22
<i>H. arborea</i> / <i>R. kl. esculenta</i>	20,37	20,00	13	26

Bufo bufo, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria* et *Lissotriton vulgaris* ont été détectés pour la première fois à une température moyenne inférieure à celle de *Hyla arborea* et *Rana kl. esculenta* (cf. tableau 3).

Bufo bufo - Crapaud commun**Tableau 4 : Modèles sélectionnés pour *Bufo bufo*.***Bufo bufo* ($N_{\min} = 2,188$)

Modèle	AIC	Δ AIC	wAIC	Ψ	SE(Ψ)	p
$\Psi(\text{pmaxeau}),p(\text{Tair})$	100,080	0,000	0,797	0,701	0,113	0,980
$\Psi(.,)p(\text{Tair})$	103,630	3,550	0,135	0,914	0,278	0,967
$\Psi(\text{pmaxeau}),p(.,)$	106,670	6,590	0,030	1,000	0,000	0,940
$\Psi(.,)p(.,)$	106,670	6,590	0,030	1,000	0,000	0,940
$\Psi(\text{pmaxeau}),p(\text{lune})$	109,300	9,220	0,008	0,611	0,071	0,293
$\Psi(.,)p(\text{lune})$	112,670	12,590	0,002	0,570	0,129	0,353
Modèle moyen				0,746	0,098	0,746 0,328

Bufo bufo est présent dans 19 mares sur 53 ($\psi_{\text{naïve}} = 0,36$; $\psi_{\text{moyenne}} = 0,746 \pm 0,067$).

La probabilité de détection augmente avec la température de l'air. La somme des poids d'AIC des modèles incluant « Tair » est égale à 0,932 (cf. tableau 4).

Le modèle moyen indique cependant une occurrence largement supérieure à celle déterminée de manière naïve (soit pour une probabilité de détection de 1), ce qui laisserait entendre que l'espèce n'a pas été détectée dans 32 % des sites où elle serait présente. La probabilité de détection moyenne étant de 0,746, un minimum de **3 visites** serait nécessaire afin d'inférer la présence ou l'absence de l'espèce.

Cependant, il est à noter que PRESENCE n'a pas pu calculer la matrice de variance-covariance exacte pour les modèles 3 et 4.

Rana dalmatina - Grenouille agile**Tableau 5 : Modèles sélectionnés pour *Rana dalmatina*.***Rana dalmatina* ($N_{\min} = 0,575$)

Modèle	AIC	Δ AIC	wAIC	Ψ	SE(Ψ)	p
$\Psi(\text{droute}),p(\text{Tair})$	124,550	0,000	0,612	0,988	0,047	0,993
$\Psi(\text{foret}),p(\text{Tair})$	126,590	2,040	0,221	1,000	0,000	0,995
$\Psi(.,)p(\text{Tair})$	128,180	3,630	0,100	1,000	0,000	0,989
$\Psi(\text{droute}),p(.,)$	129,750	5,200	0,045	0,977	0,086	0,994
$\Psi(\text{foret}),p(.,)$	131,700	7,150	0,017	0,849	0,182	0,998
$\Psi(.,)p(.,)$	134,080	9,530	0,005	0,734	0,090	0,998
Modèle moyen				0,987	0,067	0,995 0,003

Rana dalmatina est présente dans 26 mares sur 53 ($\psi_{\text{naïve}} = 0,49$; $\psi_{\text{moyenne}} = 0,987 \pm 0,067$). **La probabilité de détection augmente avec la température de l'air.** La somme des poids d'AIC des modèles incluant « Tair » est égale à 0,933 (cf. tableau 5).

Rana dalmatina présente l'occurrence naïve et l'occurrence moyenne estimée la plus

forte (respectivement 0,49 et 0,987). L'espèce a été notée absente dans 50 % des sites où elle serait potentiellement présente. Un minimum de **1 visite** annuelle permettrait cependant d'affirmer à 95 % si l'espèce est effectivement absente des sites étudiés, la probabilité de détection étant presque égale à 1.

Néanmoins, il est à noter que PRESENCE n'a pas pu calculer la matrice de variance-covariance exacte pour les modèles 3 et 4.

***Rana temporaria* - Grenouille rousse**

Tableau 6 : Modèles sélectionnés pour *Rana temporaria*.

Rana temporaria ($N_{\min} = 1,100$)

Modèle	AIC	Δ AIC	wAIC	Ψ	SE(Ψ)	p
Ψ (ombre),p(Tair)	108,960	0,000	0,591	0,565	0,052	0,990
Ψ (.),p(Tair)	110,940	1,980	0,220	0,803	0,223	0,985
Ψ (.),p(lune)	112,990	4,030	0,079	0,702	0,173	0,964
Ψ (ombre),p(.,)	114,340	5,380	0,040	0,970	0,000	0,874
Ψ (ombre),p(lune)	114,510	5,550	0,037	0,970	0,004	0,814
Ψ (.),p(.,)	114,730	5,770	0,033	0,832	0,105	0,978
Modèle moyen				0,668	0,093	0,934
						0,073

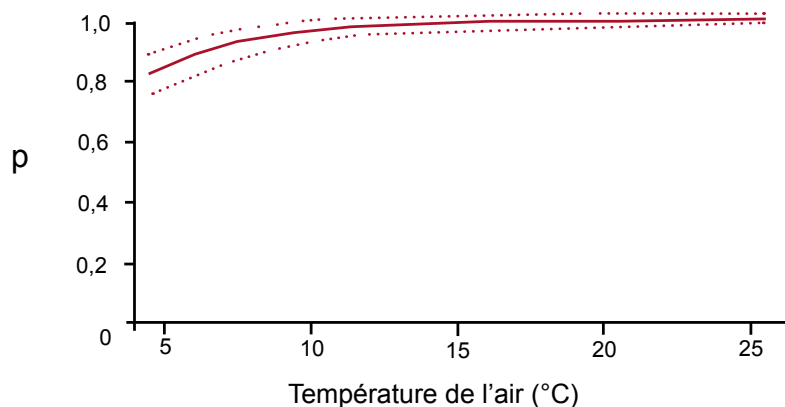


Figure 4: Evolution des probabilités de détection moyenne, minimum et maximum de *Rana temporaria* en fonction de la température.

Rana temporaria est présente dans 20 mares sur 53 ($\psi_{\text{naïve}} = 0,38$; $\psi_{\text{moyenne}} = 0,668 \pm 0,093$) (cf. tableau 6). La somme des poids d'AIC des modèles incluant « Tair » est égale à 0,811, ce qui indique **une augmentation de la probabilité de détection avec la température de l'air**. Cette espèce est facilement détectable vers 12°C ($p_{\text{moyenne}} = 1,00$) (cf. figure 4).

Cependant, les poids d'AIC joints de la variable « ombre » (0,668) ne permettent pas d'affirmer avec certitude que l'**ombrage** est un facteur déterminant dans l'occurrence de cette espèce.

Cette espèce a été notée absente de 43 % des sites où sa présence est potentielle et un minimum de **2 visites** permettrait d'inférer à 95 % la présence de l'espèce.

La matrice de variance-covariance n'a cependant pas pu être calculée pour les modèles 4 et 5, Ψ et p présentent donc une valeur peu fiable.

La probabilité de détection de ces trois premières espèces est élevée (supérieure à 0,700)

***Hyla arborea* - Rainette verte**

Tableau 7 : Modèles sélectionnés pour *Hyla arborea*.

Hyla arborea ($N_{\min} = 3,516$)

Modèle	AIC	ΔAIC	wAIC	Ψ	SE(Ψ)	p
$\Psi(\cdot),p(\text{lune})$	72,140	1,340	0,648	0,202	0,059	0,738
$\Psi(\cdot),p(\cdot)$	74,340	3,540	0,216	0,201	0,085	0,750
$\Psi(\cdot),p(\text{Tair})$	75,320	4,520	0,132	0,210	0,062	0,684
$\Psi(\text{surface}),p(\cdot)$	84,210	13,410	0,002	0,500	0,007	0,353
$\Psi(\text{surface}),p(\text{Tair})$	84,460	13,660	0,001	0,488	0,510	0,377
$\Psi(\text{surface}),p(\text{lune})$	85,740	14,940	0,001	0,489	0,144	0,512
<i>Modèle moyen</i>				0,204	0,145	0,569 0,180

Hyla arborea est présente dans 11 mares sur 53 ($\psi_{\text{naïve}} = 0,21$; $\psi_{\text{moyenne}} = 0,204 \pm 0,145$) (cf. tableau 7). L'occurrence naïve étant légèrement supérieure à l'occurrence moyenne estimée, il semble raisonnable de penser que **tous les sites où *H. arborea* est présente ont été identifiés**. L'espèce est relativement peu répandue sur la région étudiée (environ 20 % des sites). Une estimation de **4 visites** par saison de prospection permet d'inférer la présence de l'espèce. En regard de ce qui a été conclu précédemment, il est probable que les 3 visites effectuées lors de l'étude aient été suffisantes.

Aucun des facteurs utilisés ne semble influencer de manière évidente sur l'occurrence ou la probabilité de détection de cette espèce.

Rana kl. esculenta - Grenouille verte**Tableau 8 : Modèles sélectionnés pour *Rana kl. esculenta*.**

Rana kl. esculenta ($N_{\min} = 1,844$)

Modèle	AIC	Δ AIC	wAIC	Ψ	SE(Ψ)	p
Ψ (dmare),p(Tair)	114,000	0,000	0,352	0,467	0,046	0,785
Ψ (dmare),p(.)	114,040	0,040	0,345	0,475	0,035	0,799
Ψ (freqgib),p(Tair)	116,930	2,930	0,081	0,434	0,078	0,778
Ψ (freqgib),p(.)	116,990	2,990	0,079	0,432	0,077	0,792
Ψ (.),p(Tair)	117,290	3,290	0,068	0,457	0,074	0,749
Ψ (.),p(.)	117,360	3,360	0,066	0,454	0,058	0,789
Modèle moyen				0,462	0,060	0,803 0,058

Rana kl. esculenta est présente dans 23 mares sur 53 ($\psi_{\text{naïve}} = 0,43$; $\psi_{\text{moyenne}} = 0,462 \pm 0,060$) (cf. tableau 8). **La distance à la mare la plus proche semble être la variable dominante.** Les modèles incluant « dmare » ont un poids d'AIC cumulé de 0,697. Il paraît raisonnable de penser que toutes les mares où l'espèce est potentiellement présente ont été visitées.

Cette espèce possède en outre une probabilité de détection élevée ($p = 0,803 \pm 0,058$).

Un minimum de 2 visites permet de confirmer la présence ou l'absence de l'espèce avec une certitude de 95 %.

Lissotriton vulgaris - Triton ponctué**Tableau 9 : Modèles sélectionnés pour *Lissotriton vulgaris*.**

Lissotriton vulgaris ($N_{\min} = 5,405$)

Modèle	AIC	Δ AIC	wAIC	Ψ	SE(Ψ)	p
Ψ (.),p(Tair)	82,230	0,000	0,239	0,293	0,103	0,453
Ψ (.),p(.)	82,260	0,030	0,235	0,265	0,110	0,533
Ψ (freqgib),p(Tair)	83,360	1,130	0,136	0,346	0,132	0,410
Ψ (droute),p(Tair)	83,730	1,500	0,113	0,504	0,007	0,308
Ψ (freqgib),p(.)	83,820	1,590	0,108	0,315	0,120	0,444
Ψ (droute),p(.)	84,510	2,280	0,076	0,511	0,016	0,272
Modèle moyen				0,334	0,089	0,426 0,106

Lissotriton vulgaris est présent dans 11 mares sur 53 ($\psi_{\text{naïve}} = 0,21$; $\psi_{\text{moyenne}} = 0,334 \pm 0,089$) (cf. tableau 9). L'espèce serait ainsi potentiellement présente dans 37 % des sites où elle a été notée absente et un minimum de **6 visites** par an permettrait de le confirmer avec une certitude de 95 %.

Lissotriton vulgaris présente une probabilité de détection moyenne de $0,426 \pm 0,106$.

De même que pour *Hyla arborea*, il n'y a pas de conclusion claire à tirer de l'influence des facteurs utilisés, **aucun** ne semblant avoir plus de poids dans l'occurrence ou la détection qu'un autre.

Il est à noter que ces 6 espèces présentent des occurrences très variables (entre $0,204 \pm 0,145$ et $0,987 \pm 0,067$) ainsi que des probabilités de détection comprises entre $0,426 \pm 0,106$ et $0,995 \pm 0,003$.

DISCUSSION

Estimation de l'occurrence et de la probabilité de détection

Il est à noter que le manque de temps et la nécessité de ne devoir choisir que quelques variables seulement parmi toutes celles relevées a pu créer un biais dans les résultats obtenus avec le programme PRESENCE en cela que d'autres variables influant sur l'occurrence ou la probabilité de détection auraient pu constituer un meilleur modèle à ceux choisis lors de cette étude.

Facteurs influençant l'occurrence

- *Bufo bufo* et *Rana dalmatina* ont montré une **occurrence très élevée** sur la zone étudiée mais une occurrence naïve presque deux fois moindre. Cependant, le nombre minimum de visites requis pour inférer l'absence de l'espèce à 95 % a été atteint. Il est donc probable que les variables utilisées dans les modèles ne soient **pas les plus pertinentes** et que l'occurrence de ces espèces dépende d'**autres facteurs** à déterminer. L'incapacité de PRESENCE à calculer une matrice de variance-covariance valable pour certains des modèles induit également une hausse de l'occurrence estimée dans les deux modèles faussés, ce qui surestime l'occurrence moyenne. De plus, **aucune** des variables utilisées ne semble influencer de manière significative sur l'occurrence de ces 2 espèces. Il serait souhaitable de créer d'autres modèles incluant des variables différentes («Site-specific covariates»).

- *Rana temporaria* affiche une tendance à pondre dans les mares où **l'ombrage est important**, mais cette affirmation est à nuancer, les résultats obtenus ne permettant pas d'être catégorique. Toutefois, cette espèce se rencontre souvent dans les mares forestières en Alsace, bien qu'elle soit ubiquiste (BUFO 2002). Cette hypothèse ne semble donc pas irréaliste.

- *Rana kl. esculenta* montre une occurrence liée à la **présence de mares proches**. En effet, cette espèce est très mobile possède une grande amplitude et a tendance à coloniser aisément les plans d'eau de proche en proche (Nöllert et Nöllert 2003). De plus, elle est inféodée au milieu **aquatique** et tend à limiter ses déplacements en milieu terrestre, ce qui explique ce résultat.



- *Hyla arborea* est relativement **peu représentée** sur l'ensemble des sites étudiés. Cette constatation est représentative de sa répartition en Alsace où elle se concentre principalement près de la bordure rhénane (BUFO 2002). **Aucun** des facteurs étudiés ne semble influencer de manière significative sur l'occurrence, un test effectué avec d'autres variables, telles que la **hauteur de la végétation des bords** (Falguier 2006) serait souhaitable.

- *Lissotriton vulgaris* est potentiellement présent dans un tiers des sites étudiés. Il est cependant important de noter qu'il est possible de **confondre** la femelle de cette espèce et celle de *Lissotriton helveticus*, très similaires pour un observateur peu averti, et que ces deux espèces peuvent s'hybrider exceptionnellement (Griffith 1996). Ainsi, un biais pourrait être induit par l'identification erronée des deux espèces et la fiabilité de l'observateur entre particulièrement en jeu.

Dans cette étude, seule **la distance à la mare la plus proche** a pu être considérée comme un facteur influençant l'occurrence de *Rana kl. esculenta*. Il est possible qu'une autre méthode d'analyse multivariée aurait permis de dégager d'autres variables potentiellement plus explicatives à intégrer dans le modèle. Une seconde étude intégrant un plus grand nombre de variables permettrait de vérifier cette hypothèse.

Il aurait été judicieux d'éliminer d'emblée les variables présentant une **forte corrélation** entre elles afin de limiter le nombre de modèles possibles et d'ajouter d'autres variables ayant une influence potentielle sur l'occupation du milieu par les amphibiens telles que le **recouvrement en algues filamenteuses, la hauteur de la végétation sur la berge, la turbidité du plan d'eau, alimentation en eau de la mare**, etc. (Falguier 2006).

Les résultats obtenus montrent qu'il est fort probable que toutes les populations de *Hyla arborea* et de *Rana kl. esculenta* présentes sur la zone étudiée aient été contactées, ce qui donne une indication statistiquement fiable sur la répartition de ces 2 espèces.

Facteurs influençant la probabilité de détection

- *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria* et *Rana kl. esculenta* sont des espèces dont la **probabilité de détection moyenne est très forte**. En effet, ces espèces d'amphibiens sont plus détectables que d'autres (par exemple : les urodèles) car elles émettent des **chants facilement reconnaissables** par un observateur un tant soit peu entraîné et attentif. De plus, la probabilité de détection des trois premières espèces semble **augmenter avec la température de l'air**, ce qui donne une indication sur le moment propice à la prospection.

- *Hyla arborea* présente une probabilité de détection moyenne, cependant, **aucun** des facteurs étudiés ne semble particulièrement influencer la détection de cette espèce. D'autres variables seraient à tester avec le modèle de MacKenzie *et al.* (2002) afin de déterminer celle qui possède le plus de poids (**vitesse du vent...**) Il est à noter en dehors des analyses statistiques, que le chant de cette espèce est puissant et audible à plusieurs centaines de mètres ce qui implique que la détection est de ce fait quasiment égale à 100 % en période de reproduction et sous des conditions météorologiques favorables.

- *Lissotriton vulgaris* présente une probabilité de détection moyenne. Cette espèce, bien qu'incapable de chanter et de petite taille donc relativement **discrète**, reste longtemps dans les mares et se trouve souvent dans les endroits peu profonds ou près du bord. Elle est donc relativement aisée à contacter par un observateur attentif et le travail de terrain confirme cette hypothèse.

Il est à noter qu'il existe une **variation forte** des facteurs pouvant influencer la probabilité de détection, tels que la température ou les précipitations, au sein de la saison de reproduction. La méthode consistant à ne choisir que 2 visites sur les 3 visites annuelles permet néanmoins d'approcher des conditions requises par le modèle de MacKenzie *et al.* (2002) sans que le résultat obtenu ne soit, toutefois, parfait.

Ainsi, une meilleure connaissance de la **phénologie** des amphibiens dans la région permettrait d'effectuer les différentes visites nécessaires en fonction des conditions météorologiques, au moment où la probabilité de détection serait potentiellement la plus forte. Pour cela, il faudrait étudier plus en détail les relations entre ces facteurs et la probabilité de détection des espèces en effectuant plus de visites, sous **différentes conditions météorologiques** (Mugabo *et al.* 2006).

La température de l'air, ainsi qu'il a été observé dans d'autres études (Weir *et al.* 2005, Pellet et Schmidt 2005), reste l'un des facteurs influençant **le plus** la détection pour la moitié des espèces étudiées.

L'influence de **la phase de la lune** serait un facteur à étudier de manière plus approfondie, les résultats obtenus ici ne permettant pas de tirer des conclusions valables. Il a toutefois été démontré dans une autre étude que ce facteur peut avoir une réelle influence sur l'activité de certaines espèces comme *Bufo americanus* ou *Hyla versicolor* (Weir *et al.* 2005). Une mesure de la **luminosité** pourrait être envisagée en remplacement du codage des phases lunaires.



Le modèle utilisé **ne prend pas l'abondance en compte**, ce qui affecte également la probabilité de détection. En effet, une abondance faible d'individus pour une espèce donnée fera invariablement baisser la probabilité de détection pour ce site. Ceci n'est cependant pas un problème dans le cas où aucune des variables utilisées dans la modélisation n'est corrélée avec l'abondance (Crossland *et al.* 2005).

Royle et Nichols (2003) ont proposé une méthode pour inclure l'abondance dans le calcul de l'occurrence. Malheureusement, ceci implique que celle-ci reste **identique** à chaque comptage, ce qui n'est pas le cas pour certaines espèces comme *Rana dalmatina* ou *Rana temporaria*, qui se concentrent en grandes populations au début de la saison de reproduction, au début des relevés, puis deviennent beaucoup moins nombreuses à mesure que la saison avance. De plus, le modèle de Royle et Nichols nécessite que les sites soient explorés **en totalité** alors que l'approche de MacKenzie *et al.* (2002) requiert que chaque site soit fouillé uniquement jusqu'à ce qu'un individu soit trouvé (présence/absence).

D'autres variables pourraient être prises en compte, telles que **la pression atmosphérique, l'hygrométrie, l'humidité du substrat, la vitesse du vent ou le biais induit par l'observateur**. En effet, la pression atmosphérique influence de manière significative l'activité de certains amphibiens tels que les salamandres, qui ont une activité plus élevée en période de basse pression atmosphérique (He-Xun *et al.* 2005, A. Ribéron, comm. pers.).

En ce qui concerne le **biais de l'observateur**, il est fort probable qu'il soit limité dans le cadre de cette étude, les individus étant identifiés quasi systématiquement par deux observateurs, l'un d'eux étant très expérimenté.

Il serait également intéressant d'effectuer le calcul de la probabilité de détection en fonction du **sexe** des individus et/ou de leur **âge**.

Importance d'une évaluation statistique dans les programmes de suivi

L'utilisation des modèles de calcul d'occurrence et de probabilité de présence a deux buts :

- définir l'occurrence comme une mesure étalon des populations pour les suivis des années suivantes,
- évaluer les données du programme de suivi afin de pouvoir réajuster le protocole en fonction des résultats obtenus.

Sélection des variables à intégrer par une méthode d'analyse multivariée

Afin de limiter le nombre de variables à intégrer dans la modélisation, une AFC suivie d'un GLM et d'une régression logistique ou d'une «stepwise selection», a été effectuée. Cette méthode, bien qu'elle permette effectivement de limiter le nombre de variables à insérer dans le modèle, n'indique cependant peut-être **pas les plus importantes** dans le calcul de l'occurrence ou la probabilité de détection. Il aurait été possible de se limiter à des variables à intégrer choisies après une recherche bibliographique poussée sur chaque espèce et des constatations tirées de l'expérience de terrain.

Le choix de réaliser une analyse multivariée a été motivé par un souci de **rigueur** pour effectuer une sélection des variables de manière mathématique et relativement objective, afin de vérifier si cette méthode purement calculatoire offre un résultat satisfaisant. Il semble que les variables choisies n'aient pas toutes été les plus explicatives, mais les résultats obtenus permettent tout de même de tirer quelques conclusions intéressantes quant à l'occurrence et la probabilité de présence des espèces testées.

Utilisation du programme PRESENCE

Le programme PRESENCE utilisé pour effectuer les estimations d'occurrence et de probabilité de présence était **inconnu** avant le début de l'étude. Bien qu'il ne soit pas d'une grande difficulté de compréhension, certaines subtilités dans le choix des modèles nécessiteraient une étude plus approfondie de son fonctionnement, ce qui est rendu difficile par l'**absence** de tutoriaux ou d'exemples disponibles en ligne. De plus, les personnes ayant utilisé ce programme sont relativement peu nombreuses en France et il n'a pas été possible de trouver une personne ressource qui aurait pu répondre à toutes les questions posées lors de la modélisation, ce qui a pu créer des erreurs lors de l'interprétation ou des calculs.

Cependant, il est important de mentionner que tous les chercheurs contactés ont répondu rapidement et de manière efficace à toutes les demandes occasionnées par l'utilisation du programme et en ont permis une meilleure maîtrise et une compréhension plus poussée.

Ce programme reste un outils très intéressant dans le suivi des populations d'amphibiens. Il permet, une fois maîtrisé, d'obtenir une **meilleure estimation** de l'occurrence et de la probabilité de détection des espèces étudiées et de **réduire les biais**, induits par les conditions météorologiques entre autres. Il permet de mieux apprécier les conditions favorables à la détection des espèces et permet donc de **limiter le nombre de sortie sur le terrain**.



De plus, les calculs peuvent être effectués sur des espèces **peu souvent inventoriées** telle que *Bufo viridis*, *Triturus cristatus* ou encore *Bombina variegata*, ce qui permettrait d'obtenir des informations complémentaires sur ces espèces menacées.

La répétition des calculs sur **plusieurs années consécutives** (modèle «multi-seasons» du programme PRESENCE) donnera une évolution **fiable** de l'occupation des sites sur l'Alsace, ce qui est le but du programme MARE. En effet, selon le protocole du MNHN, les prospections doivent se faire l'année de mise en place du programme de suivi, l'année suivant la mise en place puis une fois tous les deux ans.

Variables choisies et données environnementales

Il existe une relation complexe et souvent mal comprise du comportement et de l'écologie des amphibiens avec le climat local (Heyer *et al.* 1994) ce qui rend un protocole d'échantillonnage difficile à mettre en place. Pour cela, un travail préliminaire de **bibliographie** centré sur l'écologie des amphibiens présents dans la région permet de mieux apprécier les variables à relever.

Ainsi, les variables recueillies lors des prospections et des visites des sites de MARE ont été préalablement choisies après lecture de nombreux articles. Malheureusement, le grand nombre de variables peut noyer l'importance de certaines d'entre elles dans la présence ou l'absence des espèces étudiées.

Quelques variables auraient également pu être mesurées de manière différente :

- Heyer *et al.* (1994) préconisent une mesure maximum, minimum et moyenne de la profondeur d'eau des mares et non uniquement une mesure moyenne (néanmoins, cette mesure est délicate en Alsace, du fait des fortes variations du niveau d'eau liées aux battements de la nappe phréatique),
- la phase de la lune pourrait être exprimée en terme de quantité de lumière parvenant au sol (mesure au **luxmètre**),
- les coordonnées géographiques des mares pourraient être mesurées de manière plus exacte avec un **GPS** sur le terrain en ce qui concerne les mares difficilement localisables sur carte ou sur logiciel de cartographie,
- une **moyenne de la quantité de précipitations sur les trois jours** précédant la visite de terrain pourrait remplacer le codage binaire rendant ainsi l'analyse plus précise,

- une **moyenne de la température de l'eau et de l'air sur les trois jours** précédant la visite de terrain pourrait remplacer la mesure prise au moment de la visite.

Il a déjà été fait mention plus haut d'autres variables qu'il serait également possible de mesurer. A cela peut être rajoutée **une description de la végétation au sol** (mesure du degré de perturbation, climat associé au site, capacité de rétention d'eau, etc.), **du milieu aquatique** (lotique ou lentique, vitesse du courant, pH...) (Heyer *et al.* 1994) et il serait judicieux d'inclure également **l'heure de visite** (temps écoulé depuis la tombée de la nuit, durée de la nuit, durée du jour, etc.) qui peut avoir une influence potentielle sur la probabilité de détection.

Il reste à ajouter qu'il serait pertinent de **coupler** cette étude sur le calcul de l'occurrence et de la probabilité de détection à une étude sur la **friction de l'environnement direct des mares** suivies par le programme sur le déplacement des amphibiens (Ray 1999). Une évaluation phytosociologique du milieu sur un rayon déterminé autour des mares et une estimation de la friction (par cartographie SIG) exercée par chaque association végétale et barrière écologique sur le déplacement des espèces d'amphibiens permettraient d'expliquer leur absence de certaines mares au faciès potentiellement propice.

Cependant, il est important de se rappeler que la durée d'échantillonnage des espèces et des variables environnementales sur le terrain est également un facteur à prendre en compte et qu'il est nécessaire de définir le **degré de finesse** de l'étude avant d'entreprendre des relevés trop détaillés.

Recommandations pour le programme MARE.

Evaluation du programme

Le protocole du programme MARE répond aux recommandations faites par Heyer *et al.* (1994) dans leur manuel "Measuring and Monitoring Biological Diversity : Standard Methods for Amphibians". Cependant, le fait que les données soient récoltées par des non spécialistes peut induire des **biais dans l'identification** des espèces. Une **évaluation** du biais induit par l'observateur pourrait être envisagée afin de pondérer les résultats obtenus (Crossland *et al.* 2005). Toutefois, cette méthode faisant participer des bénévoles permet de **baissier le coût de l'étude** et présente donc un moyen efficace de favoriser un suivi de populations à grande échelle et sur le long terme.

L'avancée rapide de la saison et l'augmentation brutale des températures au printemps suivie de leur forte baisse au début de l'été a légèrement décalé les saisons de reproduction par rapport aux dates estimées. De ce fait, les prospections des saisons 2 et 3 se sont terminées un peu tardivement. Les données ont de ce fait pu être influencées par ce retard, certaines espèces pouvant avoir quitté la mare au moment de la visite.

Un projet d'**association** au programme MARE entre différentes structures alsaciennes telles que le Conservatoire des sites alsaciens, la Réserve naturelle de la petite Camargue alsacienne et la Réserve naturelle nationale des Rohrschollen est en cours. Cette organisation permettrait de suivre **plus de sites** et d'obtenir de ce fait **plus de données** sur les espèces présentes en Alsace.

Le suivi serait amélioré par le fait que chaque structure resterait en contact avec les autres et les actions de terrain pourraient se **coordonner** suite à information des différents partenaires du meilleur moment où commencer les différentes saisons de prospection. Les données seraient ensuite envoyées de manière **individuelle** au MNHN, après compilation.

Il a été constaté sur le terrain que les prospections diurnes ont une efficacité moindre que les prospections effectuées de nuit. Ainsi, afin de privilégier une probabilité de détection maximale, il serait judicieux d'effectuer tous les relevés la nuit.

Les données récoltées par écoute des **chants** (sur quelques sites fermés à la fréquentation en cours d'année) sont bien **moins précises** que dans le cas des mares accessibles. Il y a toujours la possibilité d'**omettre** certaines espèces (par exemple, une *Rana kl. esculenta* perdue dans des *Rana ridibunda*, une *Rana lessonae* trop loin pour être entendue, les urodèles ne chantant pas, ils ne sont donc pas pris en compte). De plus, cette méthode ne donne **aucune indication sur la présence de pontes ou de larves**. Enfin, il est toujours possible qu'un observateur **confonde** les chants des espèces entendues, quand ceux-ci se ressemblent (*Rana kl. esculenta* et *Rana ridibunda* possèdent des chants similaires).

Perspectives envisagées

Une version, en cours d'élaboration, du programme MARE est prévue pour les espèces **rares** (nommée programme STAR) à l'image de ce qui a été mis en place aux Etats-Unis lors de l'ARMI (Muths *et al.* 2006).

Différents niveaux de définition permettent de se focaliser sur les espèces moins communes et de récolter des données plus précises telles que la parasitologie, les maladies, les difformités ou encore l'impact des amphibiens introduits et/ou invasifs tels que *Rana*

catesbeiana en Gironde. De plus, le programme américain fait intervenir des spécialistes dans différents domaines tels que l'hydrologie, l'écologie, la météorologie et les statistiques qui complètent de manière efficace les relevés d'espèces. Ce type de programme complet serait très judicieux à mettre en place en France, malgré son **coût élevé**.

Les données d'inventaires ont de **nombreux débouchés** potentiels : étude de la structure de la population, analyses génétiques (en cas de prélèvement de matériel biologique), étude sur les parasites, études phylogénétiques, températures d'activité spécifiques et comportement de fuite peuvent être envisagés pour certaines espèces. Toutes ces études requièrent cependant un **important investissement en temps, en ressources humaines et en argent**.

Les données basiques concernant la distribution et l'abondance des populations constituent un solide outil d'aide à la décision à destination des gestionnaires qui souhaitent monter une stratégie de suivi.



CONCLUSION

Cette étude fait état de la mise en place d'un programme de suivi national, le programme MARE, sur la région Alsace et des résultats obtenus lors de ces premières prospections. Elle a donc participé à l'**évaluation** de ce programme en phase d'expérimentation et propose quelques améliorations mineures au protocole.

Cette étude a également permis de montrer que l'utilisation d'un outil tel que la **modélisation** a tout à fait sa place dans le cadre d'un suivi de populations d'amphibiens, à fortiori dans un suivi effectué à l'échelle nationale et prévu pour être actif sur une longue durée. La modélisation permet de choisir de manière plus juste le **moment de prospection, le site, ainsi que les conditions météorologiques sous lesquelles l'effectuer**.

Un couplage de la modélisation de l'occurrence à des cartes de friction et de dispersion pour les espèces suivies pourrait être envisagé afin d'effectuer une extrapolation sur des sites non encore incorporés au programme. Ces méthodes statistiques permettraient d'affiner la compréhension de l'écologie des amphibiens, de diminuer le coût des études et des suivis et de ce fait, de permettre une longue durée de vie à des programmes tels que MARE.

BIBLIOGRAPHIE

Généralités

ACEMAV coll. Duguet R. et Malki F. (2003). Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. *Coll. Parthénope, éditions Biotope, Mèze (France)*. 480 p.

Altringham J. D. (1998). Bats : Biology and behavior. *Oxford University Press*. 272 p.

Biek R., Funk W.C., Maxell B.A., Mills L.S. (2002). What is missing in amphibian decline research: insights from ecological sensitivity analysis. *Conservation Biology* **3** : 728-734.

Bissonette J.A. (2002). Scaling roads and wildlife: the Cinderella principle. *Z. Jagdwiss.* **48**, Supplément, 208 – 214.

Blaustein A.R. Wake D.B., Sousa W.P. (1994). Amphibian decline : judging stability, persistence and susceptibility of population to local and global extinctions. *Conservation Biology* **8** : 60-71.

Buckland S.T., Magurran A.E., Green R.E., Fewster R.M. (2005). Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Phil. Trans., R. Soc. B.* **360**: 243-254.

BUFO (2002). Atlas préliminaire de répartition des amphibiens et reptiles d'Alsace. *Musée d'Histoire Naturelle et d'Ethnographie de Colmar*, pp 21.

BUFO (2003). Liste rouge des amphibiens d'Alsace. In ODONAT (Coord.). Les Listes rouges de la nature menacée en Alsace. *Coll. Conservation, Strasbourg* : 112.

Burne R.M., Griffin C.R. (2005). Habitat associations of pool-breeding amphibians in eastern Massachusetts, USA. *Wetlands Ecology and Management* **13**: 247–259.

Burton T.M., Likens G.E. (1975). Salamander populations and biomass in the Hubbard Brook experimental forest, New Hampshire. *Copeia* **1975**: 541-546.

Collins J.P., Storfer A.(2003). Global amphibian declines : sorting the hypotheses. *Diversity and Distribution* **9** : 89-98.

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

Dubois A. (2006). Species introductions and reintroductions, faunistic and genetic pollution : some provocative thoughts. *Alytes* **24** (1-4): 147-164.



Falguier A. (2006). 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. Rapport de stage de Master 2 IEGB, Université de Montpellier.

He-Xun Z., Xiao-Ming Z., Feng-Yong T. (2005). Characteristic of pulmonary respiration of Chinese Giant Salamander in different captivity conditions. *Chinese Journal of Zoology* **40** (6): 49-53,44.

Frost, D. R., Grant T., Faivovich J., Bain R.H., Haas A., Haddad C.F.B., De Sá R.O., Channing A., Wilkinson M., Donnellan S.C., Raxworthy C.J., Campbell J.A., Blotto B.L., Moler P., Drewes R.C., Nussbaum R.A., Lynch J.D., Green D.M., and Wheeler W.C. (2006). The Amphibian Tree of Life. *Bulletin of the American Museum of Natural History* **290** : 1-370.

Global Amphibian Assessment. Amphibian Conservation Summit. Washington DC, 17-19 septembre 2005. 8 p.

Golay N. (1995). Etude des populations d'amphibiens dans la réserve naturelle d'Offendorf. *Conservatoire des Sites Alsaciens*.

Griffiths R.A. (1996). Newts and salamanders of Europe. *Ed. Poyser Natural History*. 188 p.

Hartel T., Demeter L., Cogălniceanu D., Tulbure M. (2006). The influence of habitat characteristics on amphibian species richness in two rivers basins of Romania. *Herpetologia Bonnensis II. Proceedings of the 13th Congress of the Societas Europaeae Herpetologica*. 47-50 p.

Köhler J., Vieites D.R., Bonett R.M., Hita Garcia F., Glaw F., Steinke D., Vences M. (2005). New Amphibian and global conservation : a boost in species discoveries in a highly endangered vertebrate group. *BioSciences* **55** **8**: 693-696.

João de Carvalho Mendes da Cruz M. (2006). Impacts of an exotic species, the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) on amphibian communities of southwest iberian peninsula. Thèse de l'Université de Lisbonne. 173 p.

Joly P., Miaud C., Lehmann A., Grolet O (2001).Habitat matrix effect on pond occupancy in newts. *Conservation Biology* **15** (1): 239-248.

Joly P., Morand C., Cohas A. (2003). Habitat fragmentation and amphibian conservation: building a tool for assessing landscape matrix connectivity. *C. R. Biologies* **326** : S132–S139.

Joly P. (2003). Les amphibiens comme indicateurs de la qualité du milieu. *Zones humides infos* **38** :15.

Langton T., Burton J.A. (1997). Amphibiens et reptiles : La sauvegarde des espèces et des habitats par la gestion. *Ed. Conseil de l'Europe, série Aménagement et gestion* **4** :100 p.



Lötters S. (2007). The fate of the harlequins toads – help through a synchronous multi-disciplinary approach and the IUCN ‘Amphibian Conservation Action Plan’ ? *Mitt. Mus. Nat. kd.. Berl., Zool., Reihe* **83** : 69-73.

Marsh D.M., Grahams S.M., Nicholas P.G., Beckman N.G. (2005). Forest roads as partial barriers to terrestrial salamander movement *Conservation Biology* **19** (6): 2004-2008.

Mugabo M., Henry P.-Y., Faggio G. (2006). Flux migratoire de quatre espèces de passereaux migrants trans-sahariens au Cap Corse : influence des conditions météorologiques locales et tendances à long terme. *Biologos* **5**:25-38.

Nöllert A., Nöllert C. (2003). Guide des Amphibiens d’Europe. *Ed. Delachaux et Niestlé*, coll. Les Guides du naturaliste. 383 p.

ODONAT : Office des Données Naturalistes d’Alsace (2005). SIBA : Suivi des Indicateurs de la Biodiversité en Alsace. Rapport annuel 2005 : année de référence des indicateurs. 135 p.

Ray N. (1999). Etude de la migration des amphibiens et de la connectivité entre étangs à l’aide d’un Système d’Information Géographique. *DESS de la Faculté des Science de l’Université de Genève*. 118 p.

Rittenhouse T.A.G., Semlitsch R.D. (2006). Grasslands as movement barriers for a forest-associated salamander: Migration behavior of adult and juvenile salamanders at a distinct habitat edge. *Biological Conservation* **131**: 14-22.

Scheffer M. Van Geest G.J. (2006). Small habitat size and isolation can promote species richness: second-order effects on biodiversity in shallow lakes and ponds. *Oikos* **112**:1.

Sinch U. (1990). Migration and orientation in anuran amphibians. *Ethology Ecology and Evolution* **2**: 65-79.

Stevens V.M., Leboulengé E., Wesselingh R.A., Baguette M. (2006). Quantifying functional connectivity: experimental assessment of boundary permeability for the natterjack toad (*Bufo calamita*). *Oecologia* **150**:161–171.

Vacher J.-P. (2006). Inventaire batrachologique du massif forestier d’Offendorf (67). *Association BUFO*.

Whitfield S.M., Bell K.E., Philippi T., Sasa M., Bolaños F., Chaves G., Savage J.M., Donnelly M.A. (2007). Amphibian and reptiles declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. *PNAS* **104** (20): 8352-8356.



Les programmes de suivi

Anderson B.C. (2004). An opportunistic Amphibian inventory in Alaska's National Parks 2001-2003. Final report. *National Park Service*. 50 p.

Cogălniceanu D., Hartel T., Plăiașu R. (2006). Establishing an amphibian monitoring program in two protected area of Romania. *Herpetologia Bonnensis II. Proceedings of the 13th Congress of the Societas Europae Herpetologica* : 31-34.

Dodd C.K.Jr. (2003). Monitoring Amphibians in Great Smoky Mountains National Park. *U.S. Geological Survey Circular* 1258. 127 p.

Heyer W.R., Donnelly M.A., McDiarmid R.W., Hayek L.-A.C., Fosetr M.S. (1994). Measuring and monitoring biological diversity : Standard methods for amphibians. *Smithsonian Institution*. 364 p.

Hsu M.Y, Kam Y.C;, Fellers G. (2005). Effectiveness of amphibian monitoring techniques in a subtropical forest. *Herpetological Journal* **15**: 73-79.

Lips K.R., Reaser J.K., Young B.E., Ibáñez R (2001). Amphibian monitoring in Latin America: a protocol manual. Monitoreo de anfibios en América Latina: manual de protocolos. *Pub. Society for the study of Amphibians and Reptile, Herpetological circular* **30**: 115 p.

Maerz J.C. (2001). Protocols for Studies of Woodland Salamander Populations. *Department of Natural Resources, Cornell University*. 30p.

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

Mitchell J.C. (2006). Inventory of Amphibians and Reptiles of Booker T. Washington National Monument. *Technical Report NPS/NER/NRTR*. 50 p.

Mitchell J.C. (2006). Inventory of Amphibians and Reptiles of Appomattox Court House National Historical Park. *Technical Report NPS/NER/NRTR*. 52 p.

Morère J.J. (2006). Programme MARE v.4. *ONBAF, MNHN, UMR 5173*.

Muth E. *et al* (2006). The amphibian research and monitoring initiative (ARMI): 5-year report. *U.S. Geological Survey report*. 77 p.

Pounds J.M., Carnaval A.C., Puschendorf R., Haddad C.F.B, Masters K.L. (2006). Responding to amphibian loss. *Science* **314**: 1541-1542.

Takats L, Priestley C. (2002). Alberta Amphibian call surveys. A pilot year. Final Report. *Alberta sustainable resource and development, fish and wildlife division, Alberta species at risk report n° 53, Edmonton, AB*. 28 p.



Les études statistiques

Crossland M.R., MacKenzie D.I., Holzapfel S.A.(2005).Assessment of site-occupancy modeling as a technique to monitor Hochstetter's frog (*Leiopelma hochstetteri*) populations. *DOC Science and Technical Series 218. Department of Conservation, Wellington.* 23p.

Lotz A., Allen C.R. (2007). Observer bias in anuran call surveys. *Journal of wildlife management* **71** (2): 675-679.

MacKenzie D.I., Nichols J.D., Lachman G.B., Droege S., Royle J.A., Langtimm C.A. (2002). Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* **83** (8): 2248-2255.

MacKenzie D., Nichols J.D, Hines J.E., Knutson M.G., Franklin A.B. (2003). Estimating site occupancy, colonization and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology* **84**(8): 2200–2207.

Mazerolle M.J., Desrochers A., Rochefort L. (2005). Landscape characteristics influence pond occupancy by frogs after accounting for detectability. *Ecological applications* 15 (3): 824-834.

Pellet J., Schmidt B.R. (2005). Monitoring distribution using call surveys: estimating site occupancy, detection probabilities and inferring absence. *Biological Conservation* **123**: 27-35.

Royle, J. A., and Nichols J.D. (2003). Estimating abundance from repeated presence-absence data or point counts. *Ecology* **84** :777-790.

Schmidt B.R. (2003). Count data, detection probabilities, and the demography, dynamics, distribution, and decline of amphibians. *C.R Biologies* **326**: 119-124.

Schmidt B.R., Schaub M., Anholt B.R. (2002). Why you should use capture-recapture methods when estimating survival and breeding probabilities: on bias, temporary emigration, overdispersion and common toads. *Amphibia-Reptilia* **23**: 375-388.

Smith L.L., Barichivich W.J., Staiger J.J., Smith K.G., Dodd C.K.Jr. (2005). Detection Probabilities and Site Occupancy Estimates for Amphibians at Okefenokee National Wildlife Refuge. *Am. Midl. Nat.* **155** :149–161.

Weir L.A., Royle J.A., Nanjappa P., Jung R.E. (2005). Modeling Anuran Detection and Site Occupancy on North American Amphibian Monitoring Program (NAAMP) Routes in Maryland. *Journal of Herpetology*, **39**, 4:627–639.

Whitaker A.H., Alspach P.A. (1999). Monitoring of Hochstetter's frog (*Leiopelma hochstetteri*) populations near Golden Cross Mine, Waitekauri Valley, Coromandel. *Science for conservation* 130. 36 p.



E-bibliographie

Page de l'Université de Berkeley, Californie. Amphibiaweb.org (visité le 8 août 2007).
<http://amphibiaweb.org/search/index.html>

Suivis de populations d'amphibiens

Site de l'USGS : Patuxent Wildlife Research Centre. North American Amphibians Monitoring Program. (visité le 27/03/2007).
<http://www.pwrc.usgs.gov/naamp/>

Site de la DAPTF. Bishop C. (1996). Amphibian monitoring Canada. *FROGLOG 16* (visité le 27/03/2007).
<http://www.open.ac.uk/daptf/froglog/FROGLOG-16-2.html>

Site de l'ARC (Amphibian Research Centre) (visité le 27/03/2007).
<http://frogs.org.au/>

Site du Department of Conservation (DoC) de Nouvelle-Zélande (visité le 27/03/2007).
DOC's work with frogs.
<http://www.doc.govt.nz/templates/page.aspx?id=33151>

Global Amphibian Assessment. (visité le 25/04/07).
<http://www.globalamphibians.org/>

Statistiques

Page d'accueil du programme PRESENCE v.2 (Hines, 2006) (visité le 5/05/07).
<http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/doc/presence/presence.html>

Page d'accueil du programme R (visité le 8 août 2007).
<http://www.r-project.org/>

Site de Jérôme Mathieu : Fonctions courantes du logiciel R (visité le 8 août 2007)..
<http://www.jerome.mathieu.freesurf.fr/pdf/abcdR.pdf>

Page du laboratoire Environnement Marin Littoral, Université de Nice-Sophia Antipolis (UNSA). Méthodes multivariées, programme utilisé : R (visité le 8 août 2007).
<http://www.unice.fr/LEML/Pages/equipe/Elise/AFC.pdf>



RÉSUMÉ

Le déclin global des populations d'amphibiens a mené à la création de différents programmes de suivi à travers le monde tel que le programme français MARE, dont cette étude fait état de sa mise en place dans la région Alsace. Malheureusement, comme dans toute étude sur des populations sauvages, la probabilité de détection des individus n'est jamais égale à 1, ce qui entraîne un biais dans l'évaluation de la distribution des espèces qui se traduit par une tendance à la sous-estimation des effectifs.

Dans cette étude, les facteurs influençant la probabilité de détection ainsi que l'occurrence ont été étudiés pour 6 des 18 espèces d'amphibiens présentes en Alsace. Il en a découlé une estimation de l'effort d'échantillonnage nécessaire afin d'inférer la présence ou l'absence d'une espèce sur un site donné lors de la période de reproduction.

Il en ressort que la température de l'air est un facteur déterminant dans la probabilité de détection de 3 espèces et que la distance à la mare la plus proche joue un rôle dans l'occupation des sites par *Rana kl. esculenta*. Le nombre de passages minimum requis afin de confirmer avec certitude l'absence ou la présence d'une espèce sur un site varie entre 1 et 6, suivant les espèces.

Mots clés : Amphibiens, programme de suivi MARE, occurrence, probabilité de détection, Alsace

ABSTRACT

Global decline of amphibian populations led to create several monitoring programs around the world as the french program MARE, established in Alsace during the study. Unfortunately, as in every study of wild populations, detection probability is less than one, which implies bias in species distribution evaluation and an underestimation of actual populations.

In this work, factors that influence detection probability and site occupation have been studied in 6 among the 18 amphibian species found in Alsace. The results of the study led to an estimation of sampling effort required to infer presence or absence of a species on a given location, during mating season.

It has been established that air temperature is a significant covariate of detection probability for 3 studied species and that distance to nearest pond is important in site occupation of *Rana kl. esculenta*. Number of minimum sampling surveys required to infer a species absence shifts between 1 and 6, given the species.

Key words : Amphibians, management program MARE, site occupancy, detection probability, Alsace.

Fiches espèces

Les 18 espèces d'amphibiens présentes
en **ALSACE**

Alytes obstetricans (Laurenti, 1768)

EDa

L'Alyte accoucheur

Chant : sifflement flûté rappelant le chant du Petit Duc.

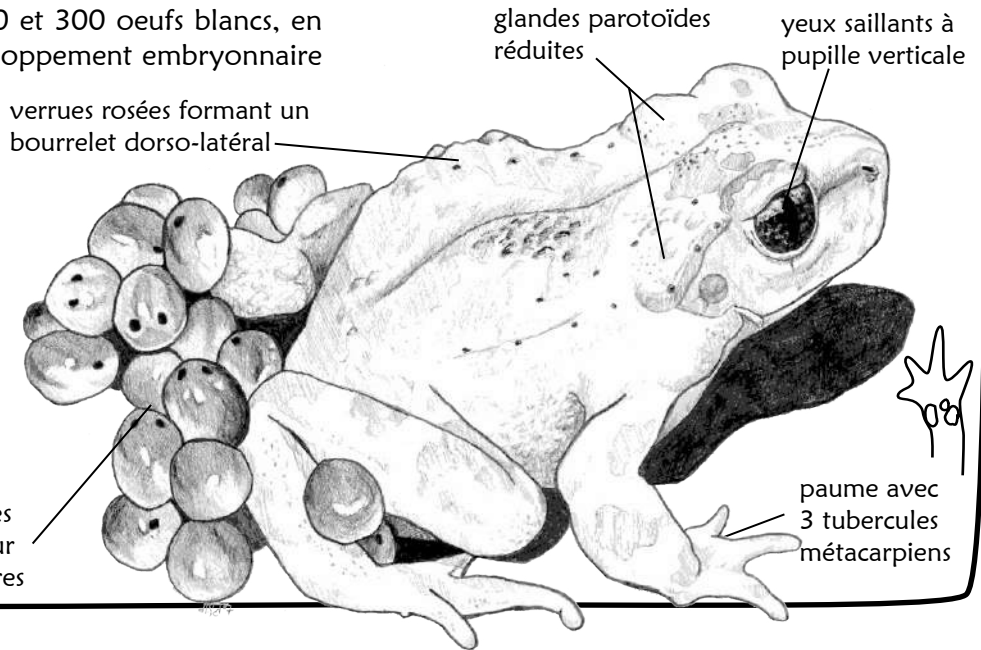
Taille SVL : ♂/♀ 35 mm.

Reproduction : entre fin mars et août. La femelle pond entre 150 et 300 oeufs blancs, en 2 ou 3 pontes. Développement embryonnaire en 3 à 6 semaines.

Il apprécie les zones accidentées ensoleillées, riches en cachettes humides.



le mâle transporte les oeufs enroulés autour des pattes postérieures



Bombina variegata (Linné, 1758)

EDe

Le Sonneur à ventre jaune

Chant : «uuh...uuh...uuh...», 40 appels par minute.

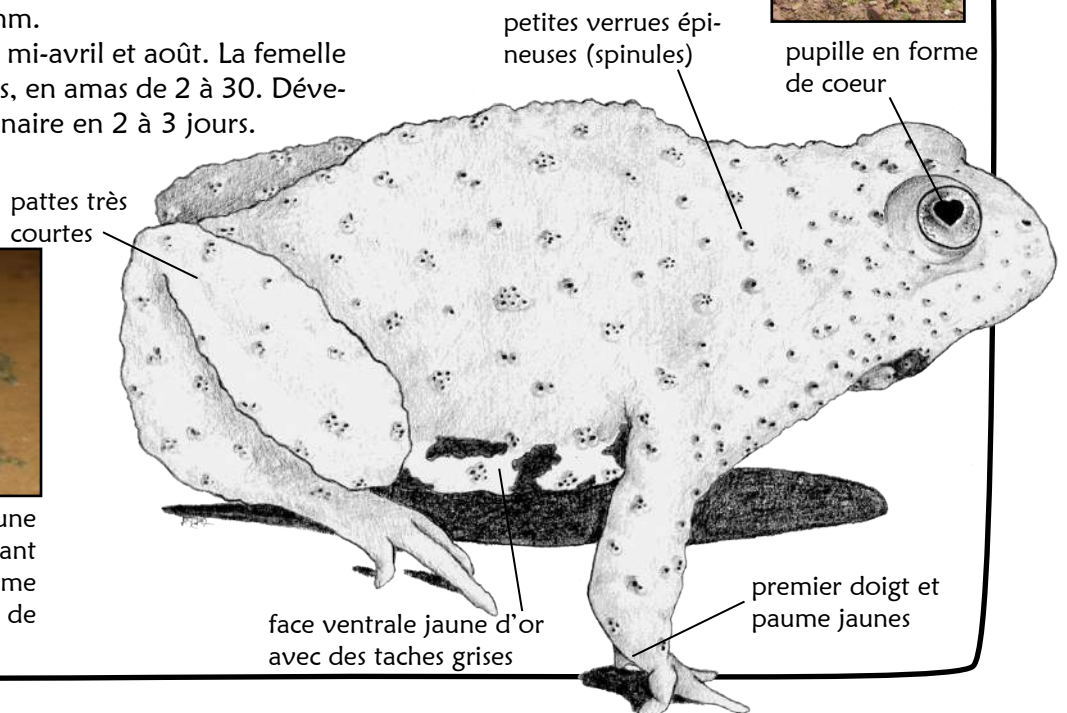
Taille SVL : ♂/♀ 56 mm.

Reproduction : entre mi-avril et août. La femelle pond 150 oeufs bruns, en amas de 2 à 30. Développement embryonnaire en 2 à 3 jours.

Pionnier, il colonise les milieux ouverts parsemés de multiples petits plans d'eau, en bordure de forêt.



dessin typique: tache jaune du thorax et de l'avant bras en contact, de même que celles de la cuisse de l'aîne



Bufo bufo (Linné, 1758)

Le Crapaud commun

Chant : «oek...oek...oek...» discret, répété 2 à 3 fois par seconde.

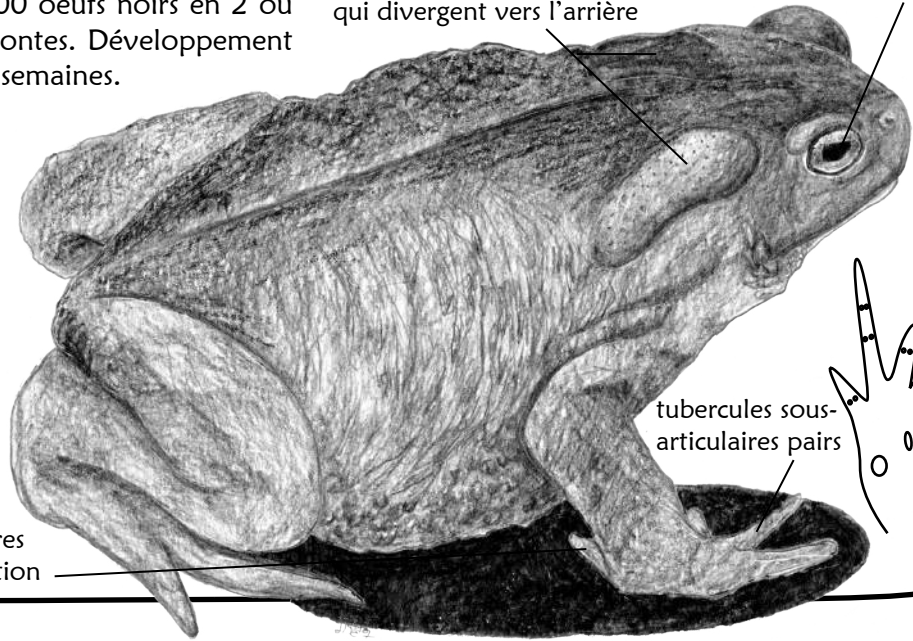
Taille SVL : ♂ 90 mm, ♀ 110 mm.

Reproduction : entre mars et avril. La femelle pond entre 3000 à 8000 oeufs noirs en 2 ou 4 rangées, en 2 ou 3 pontes. Développement embryonnaire en 2 à 3 semaines.

l'iris est cuivré à rouge doré



callosités nuptiales noirâtres chez le mâle en reproduction



grandes glandes parotoïdes qui divergent vers l'arrière

pupille horizontale

tubercules sous-articulaires pairs



Ubiquiste, il reste attaché au milieu forestier et affectionne les mares de grande taille.

Bufo viridis (Laurenti, 1768)

Le Crapaud vert

Chant : «urrr...urrr...urrr...urrr» 4 trilles de 10s par minute.

Taille SVL : ♂ 89 mm ♀ 100 mm.

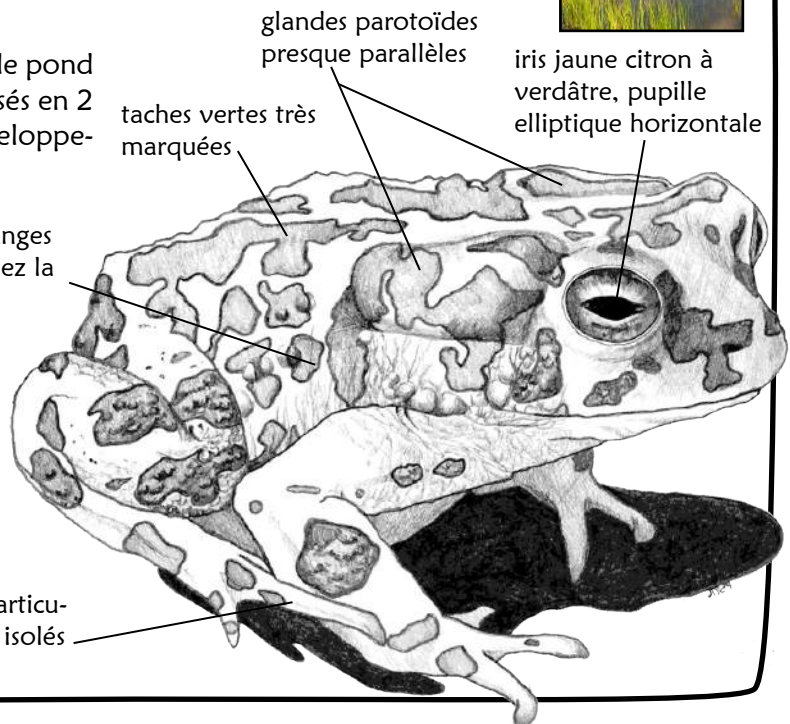
Reproduction : d'avril à juin. La femelle pond 2 000 à 15 000 oeufs brun noir, déposés en 2 ou 4 rangées (2 à 4 m de long). Développement embryonnaire en 3 à 6 jours.

verrues oranges à rouges chez la femelle



Les dessins des femelles sont très contrastés.

tubercules sous-articulaires des orteils isolés



glandes parotoïdes presque parallèles

taches vertes très marquées

iris jaune citron à verdâtre, pupille elliptique horizontale



Espèce pionnière. Il aime les terrains dénudés et se reproduit dans les sablières et à proximité des mines de potasse.



Bufo calamita (Laurenti, 1768)

Le Crapaud calamite

Chant : «err...err...err...» très sonore.

Taille SVL : ♂ 70 mm, ♀ 80 mm.

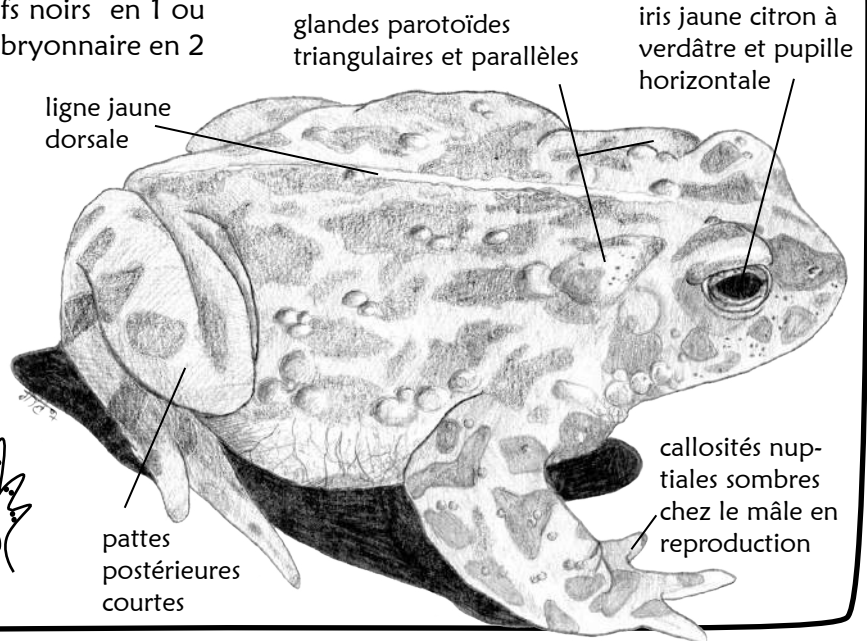
Reproduction : entre fin mars et août. La femelle pond entre 2800 et 4000 oeufs noirs en 1 ou 2 rangées. Développement embryonnaire en 2 à 14 jours.

Il apprécie les milieux ouverts, secs et chauds, les sols sableux et peu végétalisés.



la gorge est bleutée chez le mâle, blanc sale chez la femelle

tubercules sous-articulaires pairs



Pelobates fuscus (Laurenti, 1768)

Le Pélobate brun

EDa

Chant : «dlock...dlock...dlock...», 2 à 4 impulsions. Emis sous l'eau.

Taille SVL : ♂ 57 mm, ♀ 66 mm.

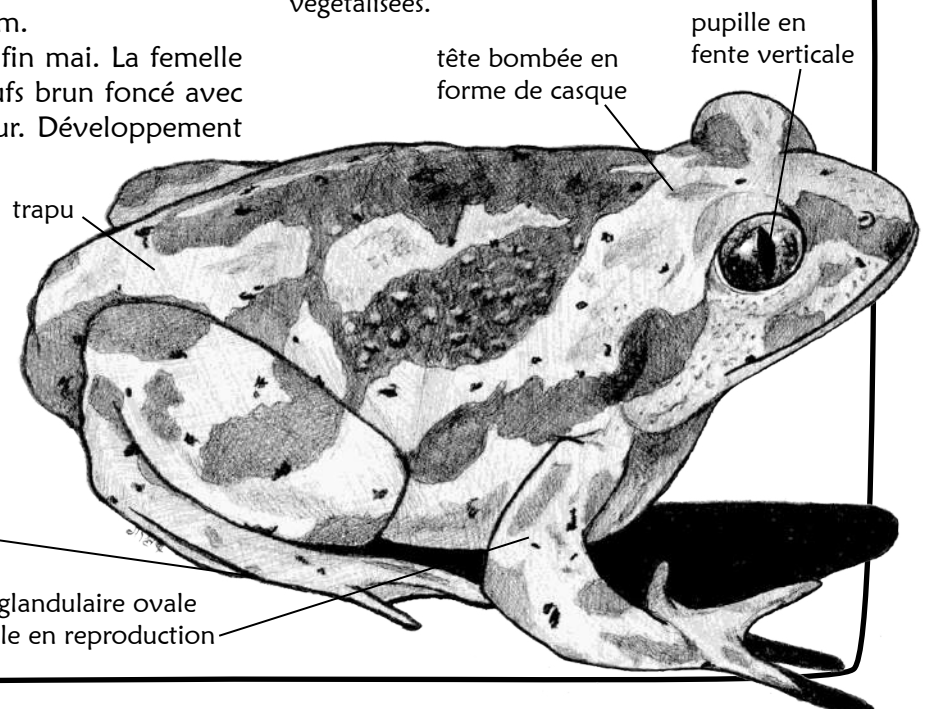
Reproduction : entre mars et fin mai. La femelle pond entre 1200 et 3400 oeufs brun foncé avec un point clair au pôle inférieur. Développement embryonnaire en 4 à 10 jours.

Il apprécie les milieux ouverts au substrat sableux (cultures d'asperges) ou les bois clairs et les mares bien végétalisées.



grand tubercule métatarsien effilé brun clair

complexe glandulaire ovale chez le mâle en reproduction



Rana arvalis (Nilsson, 1842)

EDa

La Grenouille des champs



Elle préfère les zones ombragées, les ornières inondées, les bords d'étangs.

Chant : «wuog...wuog...wuog...», 4 à 7 impulsions par seconde.

Taille SVL : ♂/♀ 70 mm.

Reproduction : mars à avril. La femelle pond entre 500 et 3 000 oeufs brun foncé ou grisâtres, en 1 ou 2 masses, souvent agglomérés à d'autres pontes. Développement embryonnaire en 14 à 25 jours.

museau court et pointu

face ventrale claire

le tympan fait les 2/3 du diamètre de l'oeil



la ligne dorsale est claire ainsi que les plis dorso-latéraux saillants

tubercule métatarsien grand, dur et bombé

photo: J.P. Vacher

Rana temporaria (Laurenti, 1768)

La Grenouille rousse

Elle apprécie les zones ombragées, les ornières inondées, les bords d'étangs.



Chant : grondement sourd en basse fréquence de 0,25 à 1,5s avec intervalles distincts.

Taille SVL : ♂ 107 mm, ♀ 111 mm

Reproduction : mi-février à avril. La femelle pond entre 700 et 4 500 oeufs noirs en une masse, souvent agglomérée à d'autres pontes. Développement embryonnaire de 10 jours à 4 semaines.

museau camus

le tympan fait au max 3/4 du diamètre de l'oeil

plis dorso-latéraux rapprochés au niveau des épaules

aspect flasque



face ventrale jaunâtre ou grisée

tubercule métatarsien petit, plat et mou, noir

Rana dalmatina (Bonaparte, 1840)

La Grenouille agile

Chant : «wog...wog...wog...», 4 à 6 appels par seconde. Emis sous l'eau.

Taille SVL : ♂ 65 mm, ♀ 80 mm.

Reproduction : entre fin mars et août. La femelle pond entre 150 et 300 blancs, en 2 ou 3 pontes. Développement embryonnaire en 3 à 6 semaines.

Elle apprécie les forêts caducifoliées claires et les zones marécageuses. Très abondante dans la vallée du Rhin.

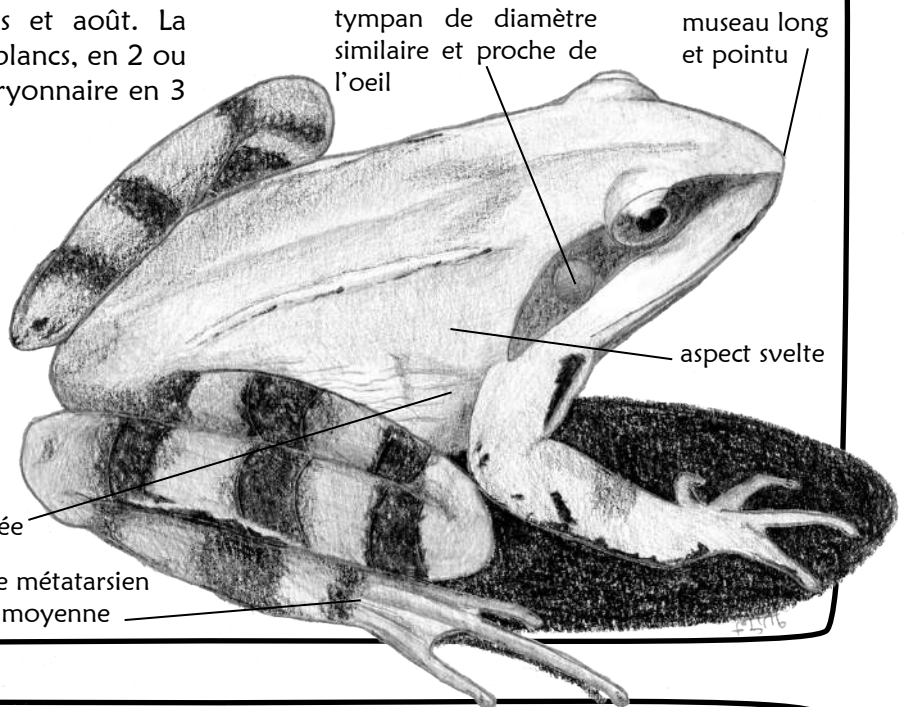


elle possède de longues pattes postérieures

face ventrale blanche immaculée



tubercule métatarsien de taille moyenne



Hyla arborea (Linné, 1758)

R

La Rainette verte

Chant : «epp...epp...epp» 4 à 6 impulsions par seconde.

Taille SVL* : 30 à 45 mm.

Reproduction : d'avril à fin juin. La femelle pond 200 à 1 400 oeufs brun clair au pôle inférieur blanchâtre, déposés en petits amas de 3 à 50. Développement embryonnaire en 2 à 3 jours.



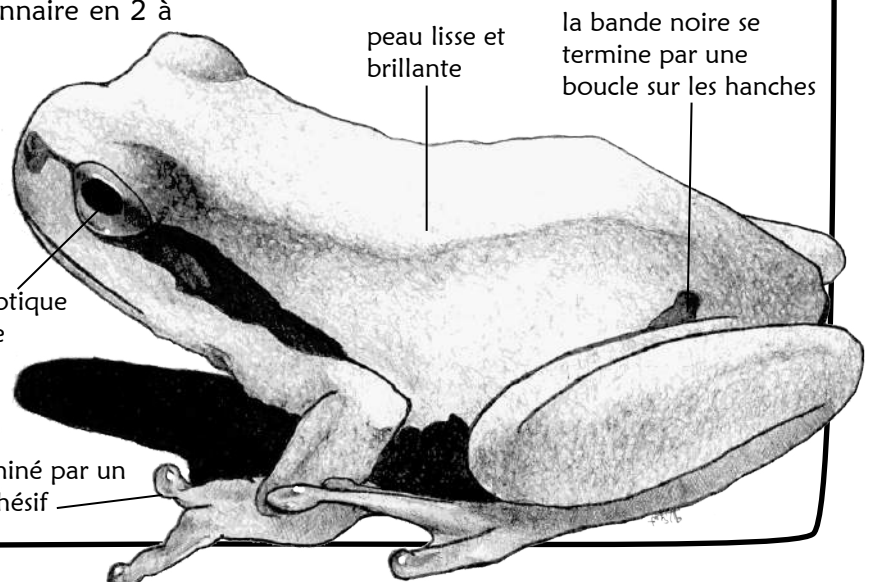
Arboricole, elle recherche les zones riches en arbres et arbustes. Les mares très végétalisées sont leurs lieux de reproduction typiques.



le sac vocal est développé, jaune à brun

pupille elliptique horizontale

doigt terminé par un disque adhésif



Triturus cristatus (Laurenti, 1768)



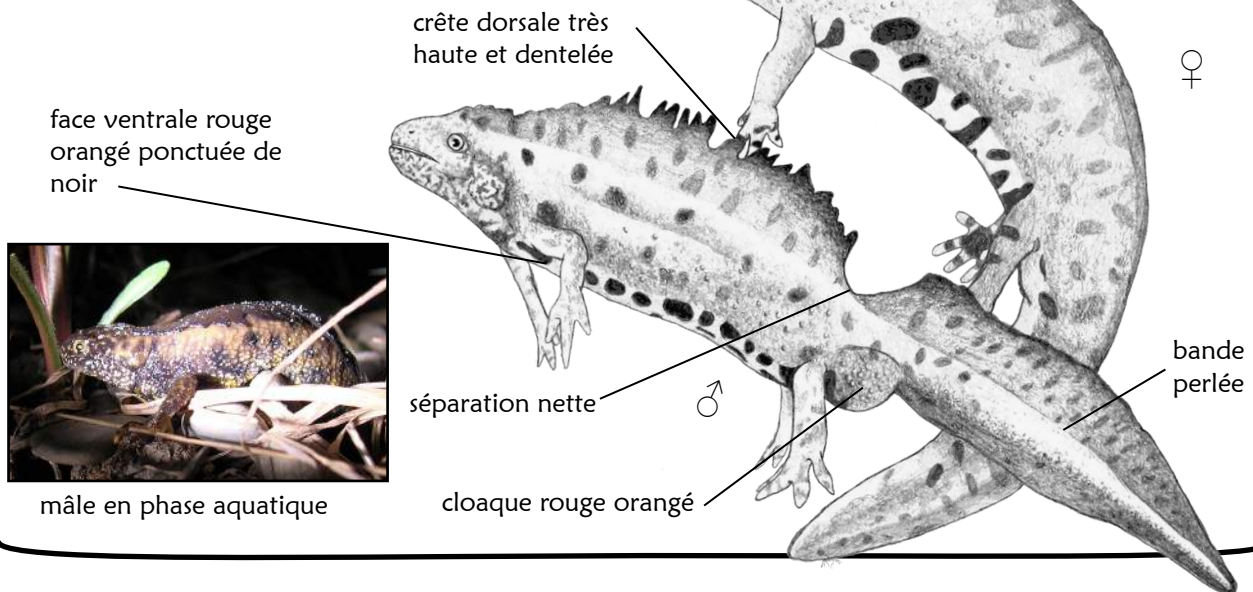
R

Le Triton crêté

Longueur totale : ♂ 160 mm, ♀ 180 mm.

Reproduction : entre mi-mars et juin. La femelle pond entre 200 et 400 oeufs blanc verdâtre ou jaunâtre par saison. Développement embryonnaire en 10 à 20 jours.

Il apprécie les plans d'eau de grande taille, comme les anciennes gravières.



mâle en phase aquatique

Mesotriton alpestris (Laurenti, 1768)



Le Triton alpestre

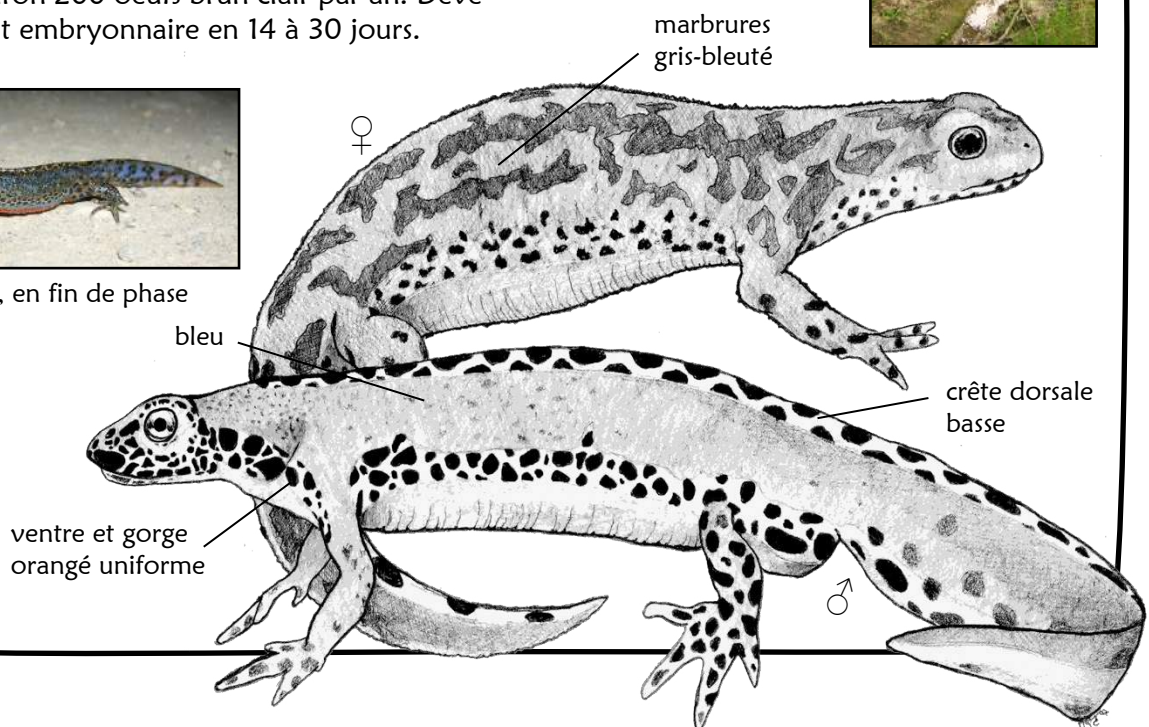
Longueur totale : ♂ 92 mm, ♀ 120 mm.

Reproduction : entre mi-février et mai. La femelle pond environ 200 oeufs brun clair par an. Développement embryonnaire en 14 à 30 jours.

Il aime les réseaux de mares situés dans les zones boisées.



mâle à terre, en fin de phase aquatique



Lissotriton helveticus (Razoumowsky, 1789)

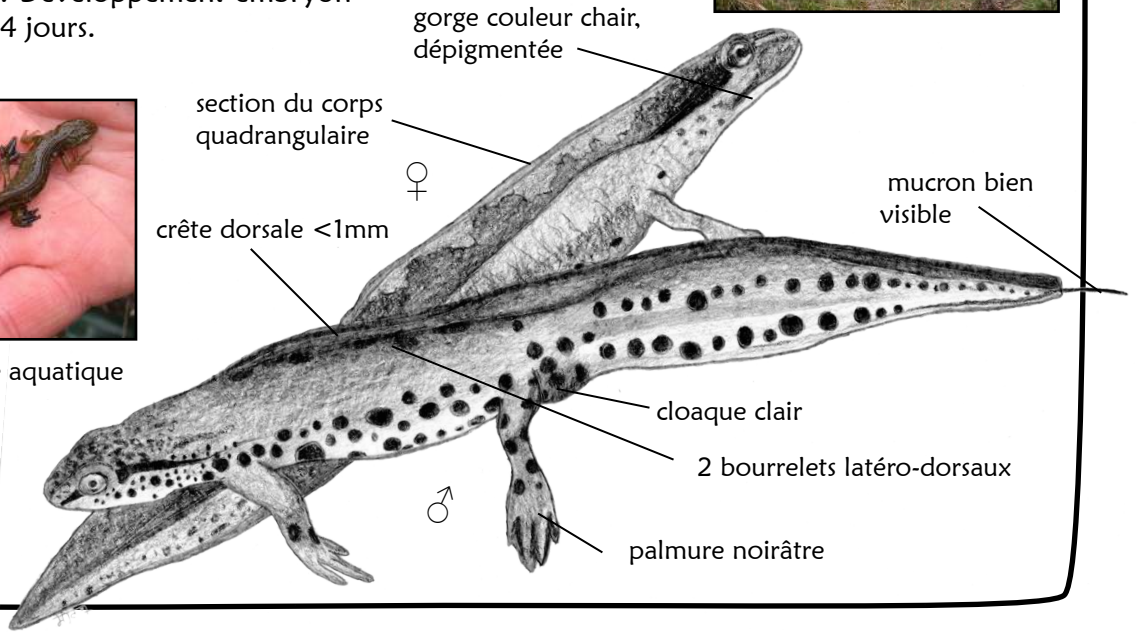
Le Triton palmé

Longueur totale : ♂ 85 mm, ♀ 95 mm.
Reproduction : entre mi-février et mai. La femelle pond environ 300 à 400 oeufs beiges par an. Développement embryonnaire en 8 à 14 jours.

Il aime les eaux claires et fraîches, ombragées.



couple en phase aquatique



- gorge couleur chair, dépigmentée
- section du corps quadrangulaire
- ♀
- crête dorsale <1mm
- mucron bien visible
- ♂
- cloaque clair
- 2 bourrelets latéro-dorsaux
- palmure noirâtre

Lissotriton vulgaris (Linné, 1758)

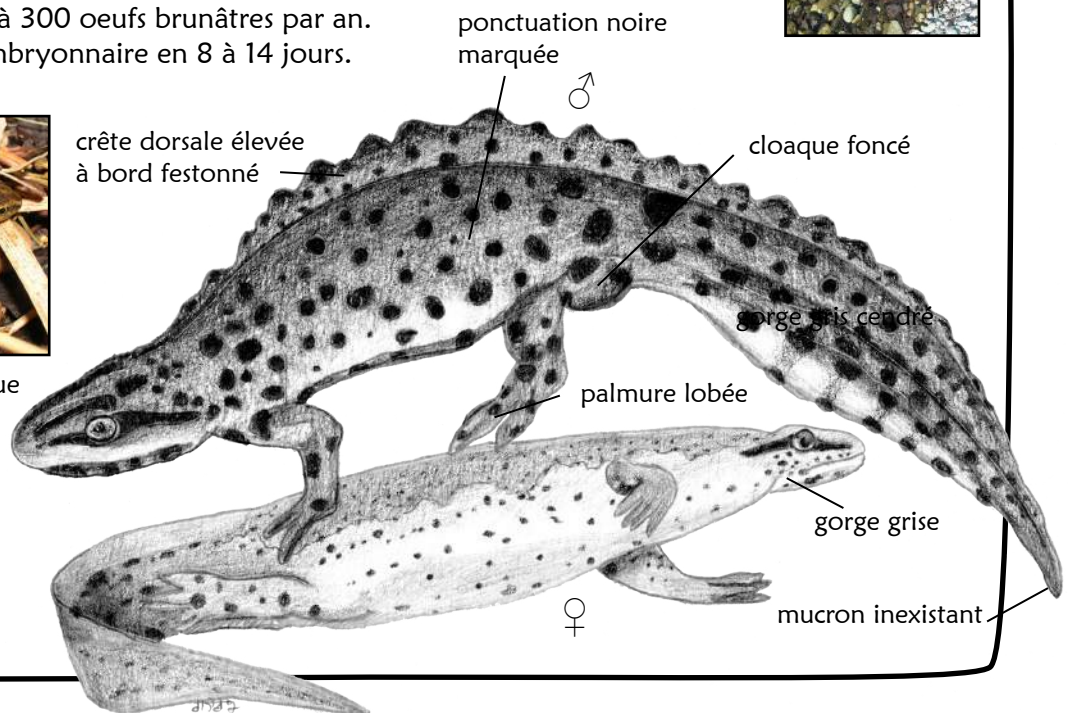
Le Triton ponctué

Longueur totale : ♂/♀ 110 mm.
Reproduction : entre février et juillet. La femelle pond environ 200 à 300 oeufs brunâtres par an. Développement embryonnaire en 8 à 14 jours.

Peu exigeant, il favorise les petites étendues d'eau.



mâle en phase aquatique



- ♂
- pointuation noire marquée
- crête dorsale élevée à bord festonné
- cloaque foncé
- gorge gris cendré
- palmure lobée
- ♀
- gorge grise
- mucron inexistant

Le complexe des grenouilles vertes

Rana ridibunda (Pallas, 1771)

La Grenouille rieuse

Chant : «ké...ké...ké...» très sonore, 10 notes/s.

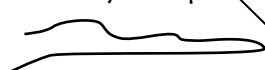
Taille SVL : ♂ 70 mm, ♀ 80 mm.

Reproduction : entre fin mars et août. La femelle pond jusqu'à 16000 oeufs brun clair en petites masses. Développement embryonnaire en 4 à 7 jours (idem pour les autres espèces).

Elles apprécient les milieux ouverts et les eaux calmes ou moyennement courantes.

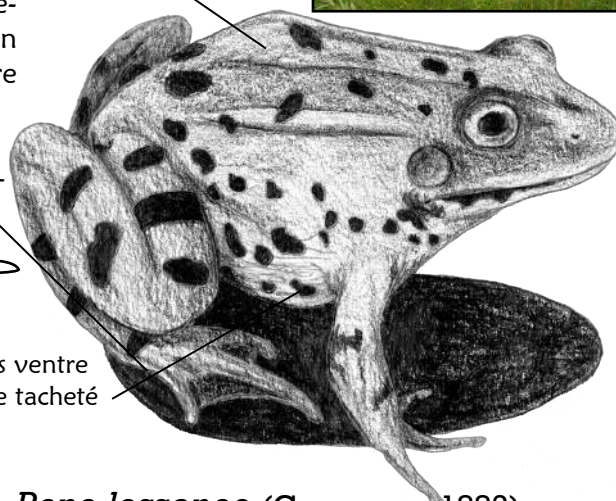


petit tubercule métatarsien cylindrique

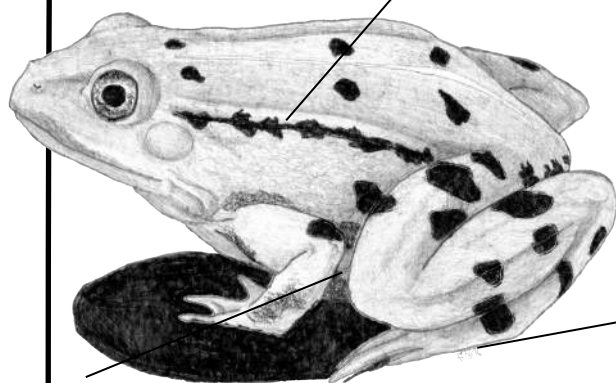


face interne du bas ventre grise ou blanchâtre tacheté

face dorsale olive à grise



taches noires (♀) ou brunes (♂) confluant sur les flancs



face interne du bas ventre jaune ou orange tacheté

Rana lessonae (Camerano, 1882)

La Grenouille de Lessona

Chant : grinçant, 30 à 45 pulsations/seconde.

Taille SVL : ♂ 55 mm, ♀ 65 mm.

Reproduction : fin avril à juillet. La femelle pond entre 600 et 3000 oeufs brun clair.

grand tubercule métatarsien interne hémisphérique



Rana kl. esculenta (Linné, 1758)

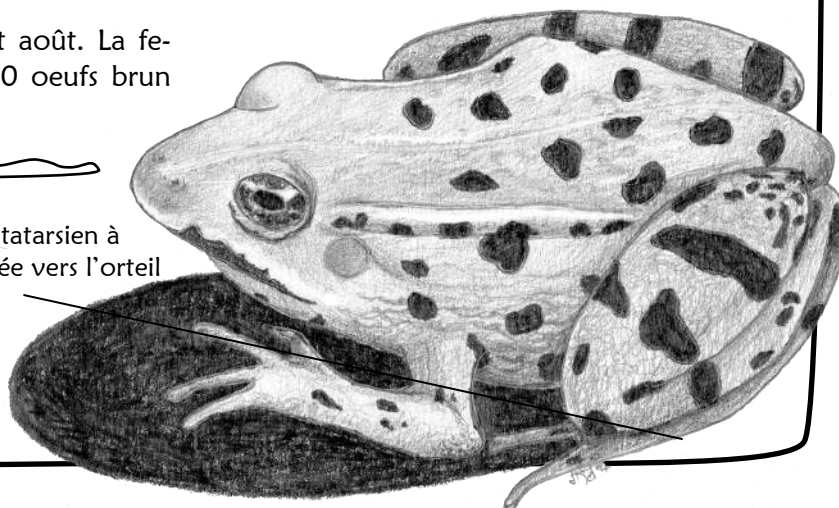
La Grenouille verte

Chant : «re...re...re...» 20 à 30 notes/seconde.

Taille SVL : ♂ 90 mm, ♀ 110 mm.

Reproduction : entre fin mars et août. La femelle pond entre 2800 et 10000 oeufs brun clair.

tubercule métatarsien à pointe tournée vers l'orteil



Salamandra salamandra (Linné, 1758)

La Salamandre tachetée

Longueur totale : ♂/♀ 170 mm.

Reproduction : entre mars et septembre. La femelle dépose entre 8 et 60 larves pourvues de branchies. Gestation de 8 mois.

Elle fréquente les forêts caducifoliées, fraîches et humides et les forêts de conifères moussues.

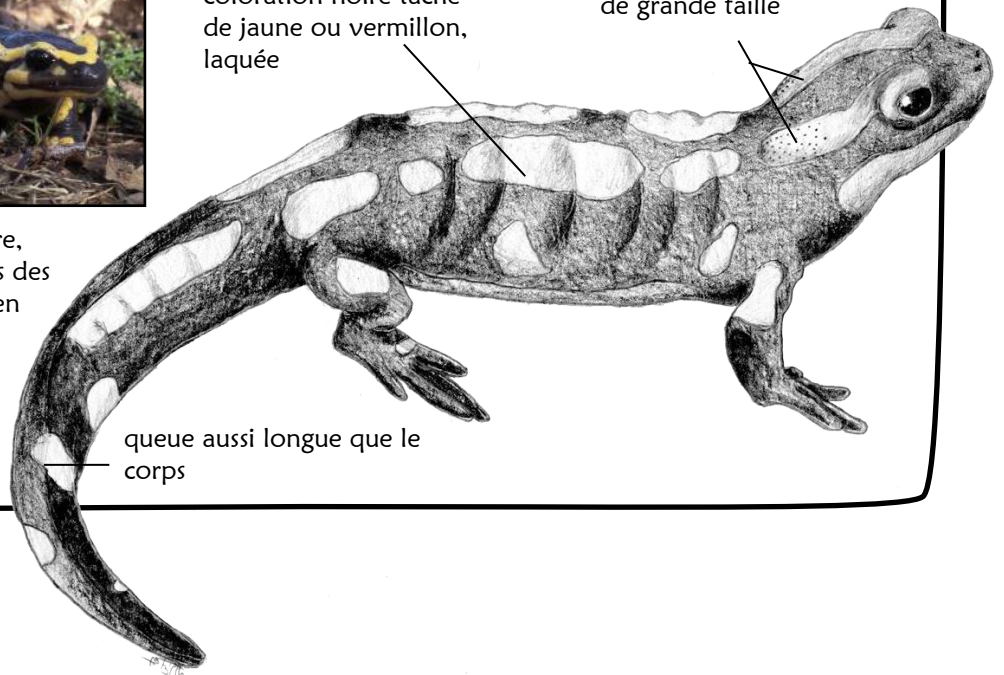


photo: JP Vacher

presqu'exclusivement terrestre, elle se dissimule souvent sous des pierres ou dans des souches en décomposition

coloration noire taché de jaune ou vermillon, laquée

glandes parotoïdes de grande taille



queue aussi longue que le corps

Programme MARE

Protocole établi par

le **MINHN**

OBSERVATOIRE NATIONAL DE LA BATRACHOFAUNE FRANÇAISE

PROGRAMME MARE

1. Signification du sigle

M.A.R.E. = Milieux où les **A**mphibiens se **R**eproduisent **E**ffectivement

2. Objectifs

Ce programme a pour objet de suivre la *dynamique des espèces* d'Amphibiens à travers l'évolution temporelle du nombre de colonies reproductrices sur un territoire donné.

Il consiste à recenser tous les *sites de reproduction* d'Amphibiens sur des *parcelles* échantillons, à inventorier les différentes *espèces* qui se reproduisent dans chaque site accessible et à suivre l'*évolution* dans le temps de l'utilisation de ces sites par les espèces. Il permettra de déterminer des *tendances* dans la dynamique des espèces : stabilité, régression, extension.

Cette approche, de type extensif, est complétée par celle, plus intensive, du programme **STAC**. Moins sensible que ce dernier, le programme MARE est plus robuste et plus facile à mettre en œuvre puisqu'il repose sur la présence ou l'absence des espèces. Il ne nécessite pas de dénombrer des *individus* au sein de populations mais simplement de localiser et comptabiliser les *colonies reproductrices* sur une surface définie.

Les espèces rares ou localisées, naturellement peu représentées dans le programme MARE, sont suivies par le programme **STAR** qui leur est dédié.

3. Protocole de recueil des données

3.1. Les équipes d'observateurs

Il est conseillé aux observateurs de se regrouper par équipes de *deux* pour des raisons d'efficacité et de sécurité (prospections de nuit), bien que le recueil des données sur le terrain puisse être effectué par une personne seule. Il est aussi possible de fonctionner avec des équipes de trois observateurs, mais, au-delà, il est préférable de faire deux équipes de deux, qui pourront avoir un meilleur rendement en prospectant simultanément deux parcelles, plutôt qu'une équipe de quatre observateurs.

3.2. Parcelles échantillons

L'unité de *surface* à prospecter, ou *parcelle échantillon*, est le 1/16^e de la carte IGN au 1/50 000^e, soit 0,05 x 0,1 *grades* (environ 5 km en latitude x 6,5 km en longitude). Des mailles de 0,1 x 0,1 *grade* (1/8^e de la carte au 1/50 000) sont

délimitées sur les cartes au 1/25 000^e par un fin trait noir. On peut les subdiviser en deux demi-maillages, nord et sud, correspondant à la taille des parcelles échantillons (fig. 1).

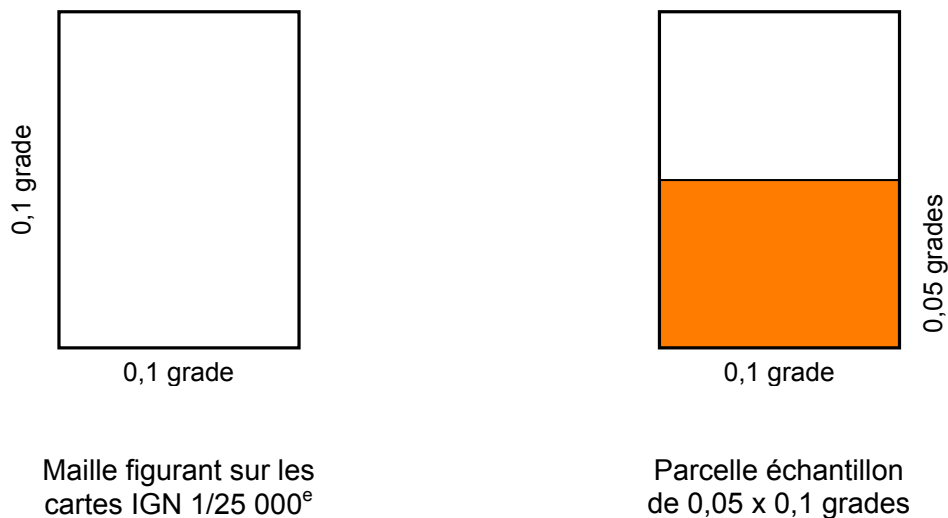


Fig. 1 — Délimitation des parcelles échantillons.

Cependant des ajustements sont possibles. Le but étant de suivre en moyenne *une 10^e de sites* de reproduction d'Amphibiens par équipe et par an, les observateurs peuvent le cas échéant agrandir ou diminuer la surface prospectée en réduisant la taille de la parcelle (demi ou quart) ou en augmentant le nombre de parcelles prises en charge (2, 3...), selon la densité des sites dans leur secteur et selon leur disponibilité. Étant donné que l'on rapporte le nombre de sites à une surface donnée, la taille de parcelle peut être modifiée pour autant que l'on définisse bien ses limites et que l'on prospecte *tous* les sites de reproduction d'Amphibiens inclus dans celle-ci.

Le *choix des parcelles* est fait par les observateurs en concertation avec les coordinateurs régional et national.

3.3. Parcours de prospection

3.3.1. Repérages des sites

Après un examen attentif de la carte IGN au 1/25 000^e (et éventuellement de photographies aériennes, lorsqu'on peut en disposer) pour localiser la plupart des stations potentielles, un premier *repérage de jour* permettra de reconnaître les meilleures *voies d'accès* aux sites, d'enregistrer leurs *coordonnées* (GPS recommandé) et d'éliminer ceux qui sont *inaccessibles*.

Il est conseillé aux observateurs d'établir un *parcours de prospection* qui minimise les temps de déplacements entre chaque site.

Une *photo panoramique* de chaque site, à la mi-saison, permettra de le caractériser dans son environnement. Elle servira ultérieurement à suivre son évolution.

3.3.2. Durée des parcours

Le temps passé à inspecter chaque site est naturellement variable. Il dépend notamment de la taille du plan d'eau, de la visibilité et de l'accessibilité des berges. À titre indicatif, une fourchette de 20 mn à 1 h nous paraît raisonnable. Ainsi il devrait être possible de faire jusqu'à cinq sites par journée ou nuit de prospection.

3.4. Date et périodicité des prospections sur le terrain

3.4.1. Nombre de visites par an

Chaque parcelle sera visitée *3 fois au cours de l'année*, une première fois en début, une deuxième fois en milieu et une troisième fois en fin de saison de reproduction, de manière à couvrir toutes les espèces, précoces ou tardives, et à pouvoir conforter les indices de reproduction. Par exemple : chants, parades nuptiales ou pontes lors de la première visite, puis larves ou têtards lors de la deuxième visite, puis enfin imagos lors de la dernière visite.

3.4.2. Dates des visites

Les dates de visites ne sont pas identiques sur l'ensemble du territoire national. Elles sont *fixées par les correspondants régionaux en concertation avec les observateurs*, en tenant compte des particularités climatiques locales et de l'écologie des espèces présentes. À titre indicatif, la date de la **première visite** sera calée sur la période de reproduction de *Rana temporaria*, *R. dalmatina*, *Bufo bufo*. Celle de la **deuxième visite**, sur la reproduction de *Bufo calamita*, *Hyla arborea*, *H. meridionalis*. Celle de la **troisième visite**, sur la reproduction des Grenouilles vertes et l'émergence des premiers imagos. Il est important d'utiliser les *mêmes critères*, d'une année sur l'autre, pour fixer les dates des visites dans une région donnée et sur une parcelle déterminée.

Dans la plupart des cas, il ne sera pas possible de visiter tous les sites d'une même parcelle en un seul passage (journée ou nuit). On choisira la taille de la parcelle de manière à pouvoir la prospecter en deux passages. Les observateurs et les correspondants régionaux veilleront à ce que ces deux passages ne soient pas espacés de plus de 15 jours pour des raisons d'homogénéité des résultats.

3.4.3. Horaires des visites

Certaines espèces sont plus facilement détectées de nuit, d'autres de jour, selon leur rythme d'activité, la saison et selon que l'on cherche à repérer des chants, des pontes, des larves ou des adultes. Il serait souhaitable de standardiser la méthode, mais une certaine souplesse est laissée aux observateurs, en fonction des espèces concernées et de l'époque des visites. Par contre, dans une région donnée et surtout pour une parcelle déterminée, les mêmes méthodes doivent être utilisées d'une année à l'autre.

D'une manière générale, il faut inclure systématiquement un passage en début de nuit pour au moins l'une des deux premières visites et un passage diurne pour la troisième visite. Cela est plus favorable pour l'écoute des chants et l'observation d'espèces souvent moins facilement détectables de jour en début et en mi-saison de reproduction. À l'inverse, en fin de saison de reproduction, la troisième visite sert plus à détecter les larves âgées de Tritons, les têtards, les imagos, ainsi que les Grenouilles « vertes ».

3.4.4. Fréquence des prospections

Au début, lorsqu'une parcelle nouvelle est recensée, elle est prospectée *les deux premières années*. *Ensuite*, les prospections se font *tous les deux ans*. Cela permet aux équipes d'observateurs de suivre en alternance plusieurs parcelles.

3.5. Les indices de reproduction

Par *reproduction*, nous entendons qu'une espèce d'Amphibien s'accouple et pond, indépendamment du succès de celle-ci, donc du fait que les œufs éclosent et que les larves arrivent au terme de leur métamorphose.

3.5.1. Nature des indices

Tous les indices de reproduction suivants peuvent être utilisés et, encore mieux, cumulés :

- **Chants (= cris d'appel sexuel)**, pour les espèces d'Anoures qui s'y prêtent. Le chant d'un mâle isolé peut être noté, mais il devra être confirmé par un autre indice. Bien que les chants ne soient pas une preuve infaillible de succès reproductif, un concert soutenu est un indice fort ;
- **Adultes en livrée de reproduction (= robe nuptiale)**, pour les Tritons. Là aussi il s'agit d'un indice fort à noter mais à confirmer si possible par d'autres indices ;
- **Pariades nuptiales ou amplexus** ;
- **Pontes** ;
- **Larves ou têtards** ;
- **Imagos (= individus nouvellement métamorphosés)**.

L'*absence de reproduction*, pour une espèce donnée, a un intérêt aussi fort que le constat de son succès. Une attention particulière est donc demandée aux observateurs lorsqu'ils ne trouvent pas d'indice pour une espèce présente dans les *autres sites* de la *même* parcelle.

3.5.2. Méthodes de recueil des indices

Tous les moyens peuvent être utilisés pour recueillir ces indices : audition ou enregistrement des chants, observations de jour ou de nuit à la lampe torche, pêche à l'épuisette. Il est fortement recommandé toutefois de perturber le moins possible les milieux. De longues pêches au troubleau sont donc à proscrire.

En cas de doute sur une détermination, un enregistrement du chant, ou la photographie d'une ponte ou de l'animal, sera conservé.

3.6. Nature et évolution des sites dans le temps

3.6.1. Nature des sites

Tous les milieux utilisés par les Amphibiens pour y déposer leurs œufs ou leurs larves sont considérés comme *sites de reproduction* : mare, fossé, étang, lac, source, ruisseau, torrent, citerne, abreuvoir, lavogne, panne, etc. (voir liste plus complète sur la fiche d'observations).

Cas particuliers : les espèces *vivipares* (Salamandre noire, Salamandre de Lanza, Spéléomante), qui ne déposent ni œufs ni larves dans l'eau, ne sont pas prises en compte dans ce programme et feront l'objet d'un traitement particulier.

3.6.2. Sites inaccessibles

Les sites inaccessibles aux observateurs (propriété privée, accès dangereux, etc.) sont consignés en tant que tels et exclus des parcours de prospection, sauf pour les espèces à chant audible de loin (voir fiche d'observations, feuille 3).

3.6.3. Transformation ou destruction des sites

Lorsqu'un observateur constate, à l'occasion d'une visite ultérieure, qu'un site de reproduction d'Amphibiens est déserté, il devra essayer de déterminer si cet abandon est provisoire ou définitif. Si le site est devenu impropre à la reproduction de façon transitoire, par exemple par assèchement ou pollution, l'observateur consigne l'absence d'espèces reproductrices sur la fiche et les raisons qui lui paraissent les plus probables. Ce site est néanmoins conservé sur la liste des sites à visiter pour les passages ultérieurs. Si la destruction semble définitive, par exemple par comblement, ou qu'une transformation radicale du milieu rende le site inaccessible aux Amphibiens, une dernière visite sera effectuée l'année suivante pour confirmation avant de l'exclure du parcours de prospection.

Une photographie datée du site transformé sera conservée en guise de constat.

3.6.4. Nouveaux sites

La recherche des nouveaux sites, apparus sur une parcelle par création *de novo* ou par réhabilitation d'un ancien site, doit se faire avant chaque nouvelle campagne annuelle. La bonne connaissance du terrain par les observateurs et les informations qu'ils peuvent recueillir sur place facilitent ce travail.

Une photographie du nouveau site sera prise dès son repérage pour conserver une image de son état originel. Sa date d'apparition sera enregistrée en précisant le mois (si possible) et l'année.

Si un site nouveau est découvert en cours de campagne, il doit être immédiatement inclus sur la liste des sites à prospecter, en notant sur la fiche d'observations la date de sa découverte.

4. Fiche

Pour chaque parcelle, une fiche est établie selon le modèle ci-dessous. Elle est remplie par le ou les observateur(s) et est adressée au correspondant régional ou, en l'absence de ce dernier, directement au correspondant national *après chaque visite*, de préférence par courriel sur fichier Excel. En fin de saison, toutes les fiches doivent parvenir au correspondant national au plus tard le 1^{er} novembre pour pouvoir être prises en compte et faire le bilan avant le début de la saison suivante.

Voir les notes portées sur la fiche pour remplir les différentes rubriques.

Cette fiche peut être téléchargée sous forme de fichier [Excel](#) (ou [PDF](#) pour ceux qui ne disposent pas de ce logiciel) en cliquant sur ces noms.

ATTENTION: ce fichier comporte **3** feuilles ! [Fiche provisoire](#). Le contenu et la disposition de cette fiche ne sont donnés qu'à titre indicatif en attendant de connaître le logiciel qui sera utilisé pour le traitement des données

Les feuilles 2 et 3 sont réduites à 75% pour en avoir une vue d'ensemble. Utiliser l'affichage à 100% pour une meilleure lisibilité

OBSERVATEURS	NOM	Prénom	adresse postale	adresse électronique	téléphone (à défaut d'adresse électronique)
1					
2					
3					

PARCELLE	n° carte 1/50 000 ^e	définir l'étendue et la situation de la parcelle en cochant une ou plusieurs cases ci-dessous
		<div style="text-align: center;"> <p>0,1 grade</p> </div>

Si vous ne disposez pas du numéro de la carte IGN au 1/50 000^e utilisez celui de la carte au 1/25 000^e

Les limites des mailles de 0,1 gr x 0,1 gr (en bleu ci-dessus) sont très précisément indiquées sur les cartes IGN 1/25 000^e par de fines lignes noires

OBSERVATEURS :		ANNÉE :	
-----------------------	--	----------------	--

Site n°	Coordonnées géographiques (degrés)		Date	Espèces reproductrices (voir note 1)	Commune (note 2)	Milieu (note 3)	Altitude (note 4)	Dimensions (note 5)	Nature du site (note 6)
	Latitude N	Longitude W/E							
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

NOTES

- 1 Écrire les noms de genres et d'espèces en latin et en entier; utiliser le point-virgule pour les séparations entre espèces
- 2 Ajouter le code postal
- 3 Forêt de feuillus; F. de résineux; F. mixte; F. alluviale; Plantation d'arbres (peupliers, résineux); Verger; Oliveraie; Vignoble; Fourrés; Bocage; Lande; Prairie pâturée; P. de fauche; Pelouse; Champ; friche ou jachère; Dunes côtières; Côte rocheuse; Marais ou prairie humide; Garrigue; Maquis; Zone d'habitations (ville, village, lotissement); autre (préciser)
- 4 Ne préciser l'altitude qu'en région montagneuse
- 5 Diamètre ou longueur x largeur approximatifs de la partie en eau, en mètres
- 6 Utiliser cette colonne pour caractériser le site: fossé; ornière; mare; panne; vasque; étang; lac; tourbière; source; ruisseau; torrent; rivière ou fleuve; bras mort; lagune; zone inondée; lavoir; citerne; abreuvoir; lavogne; carrière, sablière ou gravière (préciser: abandonnée ou en exploitation, nature du substrat); autre (préciser)... et éventuellement indiquer si il y a des poissons. En cas d'assèchement temporaire d'un site constaté lors d'une visite, mentionner "à sec"

Remarque: Il n'est pas nécessaire de remplir les colonnes G à J (notes 3 à 6) à chaque visite, sauf changements notables. Si besoin, ajouter des lignes pour les sites surnuméraires

SITES INACCESSIBLES (*)

OBSERVATEURS :

ANNÉE :

Site n°	Coordonnées géographiques (degrés)		Date	Espèces détectées par le chant (voir note 1)	Commune (note 2)	Milieu (note 3)	Altitude (note 4)	Cause d'inaccessibilité (note 5)	Nature du site (note 6)
	Latitude N	Longitude W/E							
a									
b									
c									
d									
e									
f									
g									
h									
i									
j									

NOTES

- * **Remarque:** Ne remplir cette feuille qu'une fois par campagne, sauf pour les sites où des espèces ont pu être détectées à distance par le chant
- 1 Écrire les noms de genres et d'espèces en latin et en entier; utiliser le point-virgule pour les séparations entre espèces. Si aucune espèce ne peut être détectée à distance, indiquer "aucune"
- 2 Ajouter le code postal
- 3 Forêt de feuillus; F. de résineux; F. mixte; F. alluviale; Plantation d'arbres (peupliers, résineux); Verger; Oliveraie; Vignoble; Fourrés; Bocage; Lande; Prairie pâturée; P. de fauche; Pelouse; Champ; friche ou jachère; Dunes côtières; Côte rocheuse; Marais ou prairie humide; Garrigue; Maquis; Zone d'habitations (ville, village, lotissement); autre (préciser)
- 4 Ne préciser l'altitude qu'en région montagneuse
- 5 Propriété privée; accès dangereux; autre (préciser)
- 6 Utiliser cette colonne pour caractériser le site lorsque c'est possible (voir feuille 2)

5. Petit lexique des termes employés

Note : les termes *en italique* renvoient aux définitions données dans ce lexique. Les mots soulignés marquent l'importance accordée à ceux-ci.

campagne annuelle : Englobe toutes les activités de terrain effectuées au cours d'une année civile pour le recueil des données. Inclut les *repérages* et les *prospections*. Il est prévu 3 *visites* par campagne annuelle. Chaque visite d'une *parcelle échantillon* peut nécessiter 1 à 2 *passages*, selon les cas.

Remarque : dans le midi de la France, il peut y avoir, pour certaines espèces, une *saison de reproduction* hivernale qui débute parfois fin décembre. Par commodité, on inclura ces observations dans la campagne de l'année qui suit. C'est aussi logique d'un point de vue écologique car les éclosions et les métamorphoses auront lieu au cours de l'année suivante. → [retour](#)

colonie reproductrice : ensemble des individus, appartenant à une même espèce, qui se reproduisent dans un site précis. La colonie est définie par rapport au *site*, mais est indépendante de celui-ci. Une colonie peut abandonner un site, de façon provisoire ou définitive, pour aller s'installer dans un autre site, par exemple à la suite d'une pollution ou d'un assèchement. Cela est plus particulièrement vrai pour certaines espèces « vagabondes » qui fréquentent des sites éphémères, comme *Bufo calamita*. C'est pourquoi le programme MARE s'attache à dénombrer les colonies reproductrices plutôt que les sites dans les parcelles échantillon. → [retour](#)

fiche : document papier ou électronique (classeur Excel) qui sert à consigner les observations de terrain. Une fiche comporte trois feuilles. Il y a une fiche par *parcelle* (regroupant donc plusieurs sites) et par *visite*. → [retour](#)

parcelle échantillon : surface prospectée par une équipe où tous les *sites* accessibles sont visités régulièrement. La surface des parcelles est « normalement » le 1/16^e de carte au 1/50 000^e, soit 0,05 gr x 0,1 gr, mais elle peut être adaptée en fonction de la densité des sites (voir le protocole). → [retour](#)

parcours de prospection : circuit établi par les observateurs pour visiter successivement plusieurs *sites* au cours d'un même *passage* (journée ou nuit), de manière à réduire le plus possible les déplacements et à rentabiliser le temps passé sur le terrain. → [retour](#)

passage : *prospection* d'un ou plusieurs *sites* sur une parcelle échantillon, par une équipe d'observateurs, au cours d'une même journée ou d'une même nuit. → [retour](#)

peuplement batrachologique d'un site : ensemble des Amphibiens, appartenant à plusieurs espèces, qui utilisent un site particulier. → [retour](#)

prospection : temps passé sur le terrain pour observer et inventorier les différentes espèces d'Amphibiens. → [retour](#)

repérage : temps passé sur le terrain pour localiser les *sites*, choisir les meilleures voies d'accès (éventuellement définir les sites « inaccessibles ») et établir les *parcours de prospection*. → [retour](#)

saison (ou période) de reproduction : période de l'année où les différentes espèces d'Amphibiens se succèdent sans interruption pour se reproduire. Il peut y avoir plusieurs saisons de reproduction par an, selon les espèces et le climat. Les dates des saisons de reproduction varient d'une région à l'autre et parfois, dans une moindre mesure, d'une année à l'autre : elles dépendent des conditions climatiques et de l'altitude. Elles sont utilisées pour fixer les dates des *visites*. → [retour](#)

site de reproduction : terme général pour désigner tout point d'eau utilisé par les Amphibiens pour se reproduire. La nature des sites est très variable : voir la *fiche* pour une liste des principaux sites. → [retour](#)

visite : prospection de l'ensemble des sites d'une *parcelle*, réalisée lors d'un ou plusieurs *passages successifs rapprochés dans le temps*. Il est prévu 3 visites annuelles par parcelle. Les dates des visites sont déterminées en fonction des *saisons de reproduction* des espèces les plus représentatives de la région. → [retour](#)

Fiches de terrain

Données d'ESPÈCES

Données ENVIRONNEMENTALES

Annexe 3b : Fiche de terrain des données environnementales

mare	Largeur (m)	Longueur (m)	Profondeur (cm)	Temporaire	Fr° par l'Ho	Nature du site	Milieu (h végé, type)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

mare	°des berges	D.mare	D.lisière la + proche	Fish/Ecre	P. vase (cm)	Substrat	%VG émergés	%VG immergés
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

mare	Irrigation	P eau	D à la route	gibier (0/1)	Ombrage %S	débris végé flottant %	panoramik n°
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

schéma de la mare avec végétation 50m et 100m

Site de :

date

Résultats de terrain

Données d'ESPÈCES

Données ENVIRONNEMENTALES

Annexe 4c : Données d'environnement « Sampling-specific covariates »

Mare Visite	1					2					3							
	feau	fair	dureecht	precipit	nuages	lune	feau	fair	dureecht	precipit	nuages	lune	teau	fair	dureecht	precipit	nuages	lune
1	12	11	36	1	1	0.5	15	16	38	0	0	1	18	24	20	0	0	0.5
2	12	11	36	1	1	0.5	15	16	38	0	0	1	18	24	20	0	0	0.5
3	12	11	36	1	1	0.5	15	16	38	0	0	1	18	24	20	0	0	0.5
4	12	11	36	1	1	0.5	15	16	38	0	0	1	18	24	20	0	0	0.5
5	9	5	30	0	0	0.5	15	16	20	1	1	0.5	21	23	30	0	0	0.5
6	9	5	30	0	0	0.5	15	16	165	0	0	0	21	23	30	0	0	0.5
7	9	5	60	0	0	0.5	14	22	20	0	0	0.5	21	23	50	0	0	0.5
8	10	12	25	0	1	0.5	14	22	20	0	0	0.5	20	25	20	0	0	0.5
9	10	12	25	0	1	0.5	14	22	20	0	0	0.5	20	25	20	0	0	0.5
10	10	12	25	0	1	0.5	14	22	20	0	0	0.5	20	25	20	0	0	0.5
11	10	12	25	0	1	0.5	14	22	20	0	0	0.5	20	25	20	0	0	0.5
12	10	12	25	0	1	0.5	14	22	20	0	0	0.5	20	25	20	0	0	0.5
13	10	12	25	0	1	0.5	10	13	40	0	0	0.5	20	25	20	0	0	0.5
14	10	12	38	0	0	0.5	10	13	40	0	0	0.5	20	26	20	0	0	0.5
15	10	12	38	0	0	0.5	10	13	40	0	0	0.5	18	22	30	1	1	0.5
16	10	12	38	0	0	0.5	10	13	40	0	0	0.5	20	26	10	0	0	0.5
17	10	12	38	0	0	0.5	14	15	30	0	0	0	20	26	20	0	0	0.5
18	8	6	30	0	1	0.5	14	15	15	0	1	0	17	16	40	0	1	0.5
19	8	6	30	0	1	0.5	14	15	30	0	0	1	18	22	15	1	1	0.5
20	8	6	30	0	1	0.5	14	15	15	0	0	1	18	22	20	1	1	0.5
21	8	6	30	0	1	0.5	15	17	70	0	1	1	17	16	15	0	1	0.5
22	14	12	45	0	1	0.5	15	17	70	0	1	1	20	25	20	0	0	0.5
23	14	12	45	0	1	0.5	18	21	40	0	1	0.5	20	25	20	0	0	0.5
24	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	20	25	20	0	0	0.5
25	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	18	20	13	1	1	0.5
26	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	18	20	13	1	1	0.5
27	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	18	20	13	1	1	0.5
28	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	18	20	13	1	1	0.5
29	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	18	20	13	1	1	0.5
30	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	18	20	13	1	1	0.5
31	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	18	20	13	1	1	0.5
32	11	14	30	0	0	0.5	13	17	20	0	0	0.5	18	20	13	1	1	0.5
33	10	12	23	1	1	0	15	21	23	0	0	1	18	20	13	1	1	0.5
34	10	12	23	1	1	0	15	21	23	0	0	1	18	20	8	1	1	0.5
35	10	12	23	1	1	0	15	21	23	0	0	1	18	20	8	1	1	0.5
36	10	12	23	1	1	0	15	21	23	0	0	1	18	20	8	1	1	0.5
37	10	12	23	1	1	0	15	21	23	0	0	1	18	20	10	1	1	0.5
38	10	12	23	1	1	0	15	21	23	0	0	1	18	20	20	1	1	0.5
39	10	12	23	1	1	0	15	21	23	0	0	1	18	20	10	1	1	0.5
40	10	12	23	1	1	0	15	21	23	0	0	1	18	20	2	1	1	0.5
41	11	10	26	0	0	0.5	18	20	30	1	1	1	18	20	2	1	1	0.5
42	11	10	26	0	0	0.5	18	20	30	1	1	1	20	25	15	0	0	0.5
43	11	10	26	0	0	0.5	18	20	30	1	1	1	20	25	15	0	0	0.5
44	11	10	26	0	0	0.5	14	19	30	0	0	0.5	20	25	15	0	0	0.5
45	11	10	26	0	1	0.5	14	19	30	0	0	0.5	20	25	15	0	0	0.5
46	11	10	26	0	1	0.5	18	20	20	1	1	1	20	25	15	0	0	0.5
47	11	10	26	0	0	0.5	18	20	20	1	1	1	20	25	15	0	0	0.5
48	10	8	36	0	0	0.5	18	20	40	0	0	0.5	20	25	15	0	0	0.5
49	10	8	36	0	0	0.5	18	20	20	0	0	0.5	18	20	40	1	1	0
50	10	8	36	0	0	0.5	20	22	60	0	0	0.5	18	20	20	0	1	0
51	10	8	36	0	0	0.5	20	22	60	0	0	0.5	20	22	60	0	0	0.5
52	10	8	36	0	0	0.5	18	20	20	0	0	0.5	20	22	60	1	0	0.5

Annexe 4a : Données d'espèces (présence: 1, absence : 0)

Visite		1																																																								
Mare		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53				
<i>B.bufo</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
<i>R.dalmatina</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0		
<i>R.temporaria</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>L.vulgaris</i>		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>H.arborea</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1				
<i>R.kl.escul.</i>		1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>B.varieg.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>B.viridis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>B.calam.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>P.fuscus</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>R.lessonae</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>R.ridib.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>S.salam.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
<i>L.helvet.</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1				
<i>M.alpest.</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1			
<i>T.crista.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Visite		2																																																								
Mare		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53				
<i>B.bufo</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>R.dalmatina</i>		0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
<i>R.temporaria</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		
<i>L.vulgaris</i>		1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
<i>H.arborea</i>		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		
<i>R.kl.escul.</i>		1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
<i>B.varieg.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>B.viridis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>B.calam.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>P.fuscus</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>R.lessonae</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>R.ridib.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>S.salam.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
<i>L.helvet.</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
<i>M.alpest.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
<i>T.crista.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Visite		3																																																								
Mare		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41</																

Annexe 4b : Données d'environnement « Site-specific covariates »

Cne	Lieu-dit	Lat.	Long.	n°mare	Altit.	Surf.	Pvase	Pmax eau	D mare	D lisière	D route	° berges	Ombre	Tempor	FishCray	Fréqqib	Fréqho	Forêt	Prairie	Argile	Graviers	Sable	Pond	Swamp	VGimm	VGémer	Vgflott	Dbri		
67850 Offendorf	Réserve naturelle1	48°43'43»	7°57'18»	1	128	100	10	40	40	2	150	45	20	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	80	30	20	20	
67850 Offendorf	Réserve naturelle2	48°43'37»	7°57'16»	2	128	80	15	50	40	2	150	45	20	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	80	50	30	20	
67850 Offendorf	Réserve naturelle3	48°43'41»	7°57'02»	3	126	20	12	40	20	0	300	60	40	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5	5	0	10	
67850 Offendorf	Réserve naturelle4	48°43'42»	7°56'55»	4	126	20	12	40	20	0	300	60	40	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5	5	0	10	
67660 Koenigsbrück	Sablère mare	48°52'03»	8°00'04»	5	125	90	7	40	90	20	50	30	10	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	90	80	50	50	
67470 Seltz	Woerth	48°52'52»	8°07'04»	6	115	100	6	100	80	20	10	40	40	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	50	40	30	20
67470 Seltz	Rosstey	48°53'04»	8°04'57»	7	115	20000	3	50	500	1	50	10	50	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	100	70	10	60		
67170 Biltwisheim	Kohlacker	48°42'29»	7°40'30»	8	159	60	15	40	1700	30	50	15	10	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	60	40	20	10		
67170 Brumath	Riedweg	48°42'55»	7°42'59»	9	140	120	3	40	200	200	20	5	5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	30	20	5	20	
67170 Brumath	Herrenwald Pcl 7	48°12'10»	7°44'07»	10	139	40	2	30	200	50	20	15	10	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	20	20	5	5	
67170 Brumath	Herrenwald Pcl 8	48°12'11»	7°44'18»	11	139	40	2	30	200	50	30	15	15	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	20	20	5	5	
67720 Hoerd	Hippodrome	48°40'48»	7°47'12»	12	127	665	5	150	800	2	50	10	50	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	40	40	20	30	
67720 Hoerd	Niederried	48°41'46»	7°47'28»	13	129	400	10	80	1000	300	40	5	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	90	70	10	10		
67118 Geispolsheim	Lottel	48°29'30»	7°33'31»	14	150	800	3	50	3200	50	200	10	10	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	90	70	5	15		
67880 Krautergersheim	Hattermatt	48°28'16»	7°34'52»	15	147	200	2	80	200	130	20	30	5	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	100	40	2	2		
67880 Innenheim	Richof grande mare	48°30'06»	7°35'26»	16	147	300	3	40	1250	40	50	10	5	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	30	20	30	20		
67880 Innenheim	Richof petites mares	48°30'06»	7°35'26»	17	147	500	6	30	1250	13	50	15	5	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	90	70	10	20		
67210 Griesheim près Molsheim	Sablère	48°33'13»	007°30'42»	18	172	140	2	30	170	70	40	10	5	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	30	10	5	5		
67120 Dachstein	Lehacker	48°33'01»	007°32'05»	19	161	700	5	90	800	500	130	50	10	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	50	10	10	1		
67210 Bernardswiller	Dorenberg	48°26'45»	007°26'43»	20	238	600	12	70	450	70	70	60	70	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	80	10	30	30		
67210 Obernai	Site CSA	48°27'56»	007°30'53»	21	167	900	4	30	160	220	50	5	100	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	90	90	10	90		
68320 Baltzenheim	Forêt domaniale1	48°05'32»	7°34'16»	22	181	1200	8	40	300	6	50	5	60	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	50	60	10	20		
68320 Baltzenheim	Forêt domaniale2	48°05'27»	7°34'04»	23	181	1200	13	30	300	3	100	10	90	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	80	80	20	10		
67150 Gerstheim	Île de Gerstheim	48°24'10»	7°43'56»	24	148	400	7	95	200	5	70	30	80	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	100	50	30	10		
68320 Holtzwihr	Waldbrand	48°05'60»	7°25'00»	25	180	600	9	60	800	15	10	60	50	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	90	20	60	50		
68280 Andolsheim	Beim Brünnen	48°03'17»	7°26'31»	26	187	1400	3	100	15	150	95	60	20	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	50	30	20	30		
68280 Andolsheim	Koenigsweg	48°03'46»	7°27'20»	27	189	2860	5	50	30	0	15	10	80	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	40	20	20	10		
68600 Wolfgantzen	Truchesshurst	48°03'43»	7°29'04»	28	193	3015	8	200	500	25	60	80	10	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	50	20	10	20		
68600 Wolfgantzen	Kleinfeld	48°01'56»	7°29'38»	29	190	4500	5	250	60	350	20	80	20	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	30	10	10	20		
68600 Hettenschlag	Forêt d'Hettenschlag	48°00'09»	7°27'56»	30	195	1122	12	150	1400	50	250	80	10	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	30	10	20	40		
68280 Andolsheim	résurgence phréatique	48°03'53»	7°27'05»	31	186	80	2	20	13	40	250	10	90	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	100	100	0	70		
68280 Andolsheim	étang Dietrich	48°03'45»	7°27'10»	32	188	2100	6	250	30	2	15	80	20	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	30	20	10	20		
68280 Andolsheim	Ober Kastenwald	48°03'14»	7°27'35»	33	190	850	12	100	900	15	550	20	10	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	40	20	10	10		
68127 Ste Croix en Plaine	champ de tir 1	48°02'10»	7°21'56»	34	195	100	2	100	150	0	20	50	100	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	40	10	15	20	
68127 Ste Croix en Plaine	champ de tir 2	48°02'14»	7°21'47»	35	194	100	4	100	130	0	10	30	90	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	50	30	10	30		
68127 Ste Croix en Plaine	Eichlen 1	48°02'12»	7°21'36»	36	194	80	4	60	300	0	70	15	90	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	30	10	5	30		
68127 Ste Croix en Plaine	Eichlen 2	48°02'26»	7°21'23»	37	187	120	3	60	600	0	60	15	90	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	20	10	80	10		
68000 Colmar	Wolfswinkel 1	48°02'42»	7°21'53»	38	195	500	12	80	50	0	80	45	80	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	80	10	10	60		
68000 Colmar	Wolfswinkel 2	48°02'49»	7°21'59»	39	195	200	10	50	50	0	7	30	100	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	20	0	95	5		
68000 Colmar	bord d'autoroute	48°02'56»	7°22'04»	40	188	50	3	40	350	20	3	20	5	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	80	70	10	5		
68000 Colmar	terrain de quilles	48°02'49»	7°22'18»	41	190	20	2	15	360	0	3	5	50	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	100	90	10	5		
68740 Rustenhart	Hardtenwald	47°56'33»	7°30'54»	42	204	150	0	50	2200	2	100	30	50	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	2	2	0	1		
68740 Namsheim	Zugeneumatt	47°56'37»	7°32'43»	43	198	2000	10	100	700	5	5	3	10	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	70	7	0	2		
68740 Namsheim	Plon Lander	47°55'34»	7°33'54»	44	203	140	4	70	700	3	20	30	5	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	70	50	5		
68600 Geiswasser	Alter Garten	47°58'47»	7°36'30»	45	193	160	3	80	200	1	120	10	60	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	5	50	5	2		
68600 Geiswasser	Le Schelmenrheingrun	47°59'39»	7°35'52»	46	193	70	10	40	350	1	200	70	100	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	90	60		
lledu Rhin	Le Weierkopf SIBA	47°59'21»	7°36'40»	47	194	300	15	70	900	2	40	30	45	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	95	30	20	30		
lledu Rhin	Le Weierkopf Bne 219	47°58'46»	7°36'52»	48	195	250	15	80	350	2	40	30	45	0	0	1	0	1												