

LES BATRACIENS :  
Etat des lieux des méthodes d'échantillonnage &  
Prise en compte dans 10 Cahiers des Charges et  
Clauses Techniques Particulières (CCTP)



## *Sommaire*

<b><i>Remerciements</i></b>	<b><i>2</i></b>
<b><i>Résumé</i></b>	<b><i>3</i></b>
<b><i>Summary</i></b>	<b><i>3</i></b>
<b><i>Liste des figures et tableaux</i></b>	<b><i>4</i></b>
<b><i>Introduction</i></b>	<b><i>5</i></b>
 <b><i>I. Etat des lieux des méthodes d'échantillonnage des batraciens</i></b>	 <b><i>6</i></b>
<b><i>I.1. Techniques de marquage des amphibiens</i></b>	<b><i>6</i></b>
<b><i>I.2. Les méthodes d'échantillonnage</i></b>	<b><i>7</i></b>
1. Inventaire complet des espèces (NORMAN J. SCOTT, Jr )	8
2. Surveillance – Comptage à vue (MARTHA L., CRUMP & NORMAN J. SCOTT Jr)	9
3. Transect avec repérage audio. (BARBARA L. ZIMMERMAN)	11
4. Méthode d'échantillonnage par quadrats. (ROBERT G. ; JAEGER ET ROBERT F. INGER)	13
5. Echantillonnage le long d'un transect. (ROBERT G. JAEGER)	14
6. Echantillonnage par patch (spot) (ROBERT G. JAEGER)	15
7. Echantillonnage à l'aide de barrière-pièges plane (PAUL STEPHEN CORN.)	16
8. Relevés sur site de reproduction (NORMAN J. SCOTT, Jr. et BRUCE D. WOODWARD)	18
9. Barrière-piège autour d'un site de reproduction (C. KENNETH DODD, Jr, et DAVID E. SCOTT)	20
10. Echantillonnage quantitatif des larves d'amphibiens (H. BRADLEY SHAFFER, ROSS A. ALFORD, BRUCE D. WOODWARD, STEPHEN J. RICHARDS, RONALD G. ALTIG ET CLAUDE GASCON)	21
<b><i>I.3. Estimation de la taille d'une population</i></b>	<b><i>22</i></b>
 <b><i>II. Prise en compte des populations de batraciens dans 10 Cahiers des Charges et Clauses Techniques Particulières (CCTP)</i></b>	 <b><i>28</i></b>
<b><i>II.1. Détails sur les prospections de batraciens et de leurs habitats : Suivi des annexes fluviales restaurées sur la Loire et la Vienne.</i></b>	<b><i>28</i></b>
<b><i>II.2. Investissement important sur les espèces animales d'intérêt patrimonial (espèce référencée dans l'Annexe II de la Directive Habitat) : Etude de la déviation de Mignaloux Beauvoir RN 147-APSI.</i></b>	<b><i>29</i></b>
<b><i>II.3. Travail réalisé sur le milieu naturel, les espèces rares et protégées. Pas de spécification sur les batraciens : Etude préalable à la restauration des cours d'eau du bassin de la Bonnee.</i></b>	<b><i>30</i></b>
 <b><i>III. Evaluation du coût d'un inventaire batrachologique :</i></b>	 <b><i>32</i></b>
<b><i>Discussion - Conclusion</i></b>	<b><i>34</i></b>
<b><i>Bibliographie</i></b>	<b><i>36</i></b>
<b><i>Liste des Annexes</i></b>	<b><i>37</i></b>

## Remerciements

Je tiens à remercier les personnes et organismes qui m'ont aidés tout au long de mon projet individuel :

THEMA Environnement pour m'avoir autorisé à consulter leurs Cahiers des Charges et Clauses Techniques Particulières (CCTP). Je remercie d'autant plus Paul CASSAGNES pour m'avoir prêté son ouvrage sur les méthodes d'inventaire de l'herpétofaune.

M. BERTON J.P., Université François Rabelais - Tours, pour m'avoir orienté lors de la réalisation de ce projet individuel quand j'étais soumis à un manque de données bibliographiques évidents.

M. JOLY P., Université Claude Bernard – Lyon 1, pour m'avoir consacré du temps lors de nos quelques entretiens téléphoniques ainsi que pour l'envoi d'un rapport de stage en lien avec mon sujet.

Mme LANGARD, Université de Tours, service du Prêt Entre Bibliothèque (PEB), pour la documentation qu'elle m'a fait parvenir du Muséum National d'Histoire Naturelle.

M. NEVEU (INRA Lyon)

## Résumé

Ce projet individuel rassemble de façon relativement exhaustive les méthodes d'échantillonnage des populations de batraciens. L'étude des amphibiens est approchée sous trois angles qui sont les techniques de marquage des amphibiens, les techniques d'échantillonnage (10) et l'analyse de deux méthodes qui permettent d'estimer la taille d'une population de batraciens. A chaque fois que les données bibliographiques l'ont permis, il a été mis en avant, pour chaque méthode d'échantillonnage, les organismes et habitats ciblés, la méthode et ses limites ainsi que le traitement des données.

Il est également question de l'intérêt porté aux batraciens dans l'analyse de 10 Cahiers des Charges et Clauses Techniques Particulières (CCTP). Ce travail consiste à hiérarchiser de façon arbitraire les CCTP en fonction de leur précision envers l'analyse des batraciens et/ou du milieu aquatique récepteur.

Un paragraphe décrit de façon sommaire les facteurs qui rentrent en compte dans l'estimation du coût d'un inventaire batrachologique.

**Mots clés :** batraciens, inventaire batrachologique, biosurveillance (biomonitoring), méthodes d'échantillonnage, Cahiers des Charges et Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.), coût

## Summary

This individual project gathers main methods of inventory and biomonitoring amphibians. It describes 10 standard techniques that can be used for inventory and monitoring project. The description of each technique begins with a brief review purpose, followed by a discussion of the specific amphibians and habitats.

In a second part, it talks about how amphibians are looked at in French statutory texts.

A third paragraph explains how to estimate an amphibian inventory.

**Key words:** Batrachians, inventory, monitoring, prospecting, inventory cost

## Liste des figures, tableaux et photographie

### *Liste des figures*

- Figure 1** : Tracés possibles pour une surveillance visuelle (HEYER, 1994)\_\_\_\_\_p.10  
**Figure 2** : Dispositions possibles des barrières droites imperméables (HEYER, 1994) p.17  
**Figure 3** : Construction et disposition des pièges à batraciens\_\_\_\_\_p.17  
**Figure 4** : Exemple de disposition d'une barrière piège doublé de pièges autour d'un site de reproduction (HEYER, 1994)\_\_\_\_\_p.19

### *Liste des tableaux*

- Tableau 1** : Techniques de marquage : Type de marque, particularité, type d'étude\_\_\_\_\_p.7  
**Tableau 2** : Relations « Techniques d'échantillonnage » et le type d'information apportée, le temps, le nombre de personne et le prix à envisager\_\_\_\_\_p.8  
**Tableau 3** : Distance d'écoute des batraciens (données fournies par CARRIERE M. et THIRION J.M) (CASSAGNES P., Méthodes d'inventaire de l'herpétofaune : Application aux études environnementales en milieux humides)\_\_\_\_\_p.12

## Introduction

Les pressions anthropiques actuelles (développement des zones urbaines, réduction des espaces naturels et mutations de l'agriculture) entraînent une réduction notable des populations animales et végétales. La fragmentation intensive des habitats terrestres (développement du péri-urbain, grands axes routiers, extension des grandes cultures) menace les zones refuges et les migrations de ces organismes vers leurs sites de reproduction, indispensable à leur survie.

De plus en plus d'espèces d'amphibiens sont classées comme vulnérables et menacées. Elles font toutes l'objet d'une protection nationale et certaines espèces font l'objet de protection au niveau Européen (si espèce référencée dans l'Annexe II et IV de la Directive Habitat 92/43/CEE) et internationale (Annexe II et III de la convention de Berne).

Ce rapport se veut être, dans la première partie, un état des lieux des méthodes d'échantillonnages des populations de batraciens afin de réaliser des inventaire batrachologique ou de la biosurveillance (ou biomonitoring).

Dans un second chapitre, il sera question de la prise en compte des populations de batraciens dans les Cahiers des Charges des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.) régissant des études réglementaires telles que les études d'impacts sur l'environnement.

L'évaluation du coût d'un inventaire batrachologique sera abordée dans un troisième chapitre.

Les références bibliographiques faisant références à ce sujet sont relativement faibles et hétérogènes. La plupart des méthodes citées sont issues de livres de références tels que « Measuring and Monitoring Biological Diversity, standard Methods for Amphibians » de HEYER et al. (1994) ainsi que de la consultation d'ouvrages techniques se référents à l'étude des batraciens.

## I. Etat des lieux des méthodes d'échantillonnage des batraciens

La biodiversité des amphibiens peut être approchée selon 2 possibilités :

Questions relatives à l'habitat, l'aire géographique, les sites de reproduction, etc.

Questions relatives à l'espèce et à l'association d'espèces.

Dans le premier cas, l'objectif est de réaliser un inventaire des espèces évoluant dans cet habitat ou ce site.

Dans le second, le but est de déterminer la distribution géographique ou la distribution écologique (notions d'habitats et de microhabitats) d'une espèce ou d'une association, à un site et de voir les changements dans la population au cours du temps ; on parle alors de biosurveillance (terme anglais = monitoring)

Un inventaire batrachologique consiste à réaliser un examen détaillé de la population de batraciens dans le site d'étude. Il permettra de proposer une liste exhaustive des espèces de batraciens.

La biosurveillance (ou biomonitoring), est l'utilisation d'un organisme à un niveau d'organisation écologique afin de prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution.

Les amphibiens ont des cycles biologiques et des modes de vies qui peuvent différer d'un groupe ou d'une espèce à l'autre. L'optimum d'observation des amphibiens est présenté dans un tableau en annexe. Cf Annexe I : Optimum d'observation des amphibiens (d'après BAUMGART G)

### I.1. Techniques de marquage des amphibiens

Le suivi des amphibiens s'opère depuis de nombreuses années. Les techniques de marquage des amphibiens dépendent de la taille et de la démographie des organismes ciblés. Les marques peuvent être permanentes, temporaires, spécifique à une date ou à un individu, etc.

En fonction du type de marque utilisée et du mode d'échantillonnage, il est possible de réaliser un traitement statistique des données. Pour l'utilisation des traitements statistiques, il est nécessaire de marquer les animaux en spécifiant la date de capture.

Il existe de nombreuses méthodes de marquages selon les organismes ciblés, les informations voulues et le type d'étude.

Un descriptif des techniques de marquage et les références bibliographiques de ces méthodes sont consultables sur des ouvrages tels que :

« Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard methods for Amphibians », Heyer et al. 1994,

« Méthodes d'inventaire de l'Herpétofaune: Application aux études environnementales en milieux humides », CASSAGNES P.,» - Rapport de MST IMACOF 1999-2000, p 17-21.

Type de marque	Particularité	Type d'étude
<b>Permanente</b>	/	population-long terme
<b>Temporaire</b>	/	comportement-démographie
<b>Spécifique à une date</b>	marquage identique de tous les animaux pour un échantillonnage	taille de la population
<b>Spécifique à un individu</b>	marquage différents de chaque individus	taille de la population +taux de croissance+ utilisation de l'espace

Tableau 1 : Techniques de marquage : Type de marque, particularité, type d'étude

Les méthodes de marquages les plus usitées sont :

Reconnaissance des patrons de coloration (bandes, taches en nombres et à localisation variable)

Ablation de doigts

Marquage avec des bagues (Dely, 1954 ; Nace et Manders, 1982 ; Martin et al.,1989)

Tatouage (injection intradermique et tatoueur électrique)

Transpondeurs passifs

Marquage coloré

## I.2. Les méthodes d'échantillonnage

Le mode d'échantillonnage est soumis à de nombreuses variables telles que :

La question posée,

La nature des organismes ou des habitats étudiés,

Les moyens financiers pour mener le projet.



Il existe de nombreuses méthodes d'échantillonnage. Cependant, chaque technique apporte un lot d'informations et de réponses différentes. Le tableau ci-dessous montre les divers facteurs (type d'informations apportées, le temps et le nombre de personnes nécessaire ainsi que le prix) qui peuvent inciter l'opérateur à privilégier un mode d'échantillonnage.

<b>Technique d'échantillonnage</b>	<b>Type d'information apportée</b>	<b>temps nécessaire</b>	<b>nombre de personne nécessaire</b>	<b>prix</b>
Inventaire complet des espèces	richesse spécifique	élevé	faible	faible
Comptage visuel	abondance relative	faible	faible	faible
Ecoute le long d'un transect	abondance relative	moyen	moyen	faible
Echantillonnage par quadrat	densité	élevé	faible	moyen
Echantillonnage par transect	densité	élevé	faible	moyen
Echantillonnage par patch	densité	élevé	faible	moyen
Barrière droite imperméable + pièges	abondance relative	élevé	élevé	élevé
Surveillance des sites de reproduction	abondance relative	moyen	faible	moyen
Barrière imperméable + pièges autour d'un site de reproduction	abondance relative	élevé	élevé	élevé
Echantillonnage quantitatif des larves d'amphibiens	densité et abondance relative	moyen	moyen	moyen

Tableau 2 : Relations « Techniques d'échantillonnage » et le type d'information apportée, le temps, le nombre de personne et le prix à envisager (HEYER et al., 1994)

Le développement des techniques d'échantillonnage (10) qui suit est réalisé de telle sorte que l'on puisse mettre en avant :

- Les organismes et habitats ciblés,
- La méthode,
- Le traitement des données,
- Les limites des méthodes.

#### 1. Inventaire complet des espèces (NORMAN J. SCOTT, Jr )

Cet échantillonnage consiste à collecter des amphibiens dans tous les microhabitats aussi bien de jour comme de nuit.

Cette méthode peut être utilisée pour comparer les richesses spécifiques entre chaque site ou pour détecter des changements dans la composition faunistique sur un même site si l'inventaire est réalisé sur plusieurs années.

*Organismes ciblés ou habitats :*

Toutes espèces et tous microhabitats.

*Discussion :*

Pour réaliser des comparaisons entre site, il est nécessaire d'avoir de nombreux relevés et ce, sur une période relativement longue. Ces précautions sont à prendre si nous voulons, par exemple, prendre en compte les variations climatiques et les effets de marnage éventuels.

Il est noté que les résultats des échantillonnages réalisés sur un temps limite (court) sont dépendants du collecteur, des conditions climatiques, de l'effort d'échantillonnage sur chaque microhabitat, de la biologie de l'espèce, etc.

La mise en place de ces inventaires peut être réalisé par de nombreuses personnes. Lors de ces échantillonnages, une personne peut se voir confier la description du milieu et veiller à ce que l'échantillonnage se déroule correctement.

## 2. Surveillance – Comptage à vue (MARTHA L., CRUMP & NORMAN J. SCOTT Jr)

Ce mode d'échantillonnage peut être utilisé pour un inventaire et pour de la biosurveillance. Cette méthode est applicable, le long d'un transect sur une rivière en un point donné, autour d'une mare, etc.

Cette technique permet de :

- Déterminer la richesse spécifique d'une aire géographique,
- Faire une liste faunistique,
- Estimer l'abondance relative d'une espèce au sein d'une association d'espèces.

Remarque : Cette méthode n'est pas appropriée pour déterminer une densité de population parce que tous les individus ne sont pas visibles durant l'échantillonnage.

Cependant, si ce comptage à vue est doublé à une étude de type Marquage-ReCapture (M-RC), (Cf. § 1.3.1. Marquage-Recapture (M-Rc)), la densité peut être estimée (Donnelly, 1989). Les urodèles sont le plus visibles de nuit à l'aide d'une lampe puissante (Frazer 1978, Griffiths 1984)

### *Organismes ciblés, habitats :*

Cette méthode a été beaucoup utilisée pour évaluer rapidement la biodiversité de grandes zones forestière, particulièrement dans des sites homogènes ou la visibilité est bonne.

Ce mode d'échantillonnage est adapté pour surveiller les espèces rares ou ne supportant pas le piégeage. Cependant, les résultats n'ont jamais été testés rigoureusement et la validité des résultats n'est pas connue. (HEYER et al., 1994)

### *Limites de la méthode :*

Tous les microhabitats au sein d'un même milieu ne peuvent être échantillonnés avec le même succès. L'abondance relative des espèces ne peut-être comparée que pour les mêmes types d'habitats.

Il est possible d'utiliser 3 modes d'échantillonnages pour la mise en place de cette méthode :

- Marche aléatoire :

Ce mode est adapté à la prospection de grandes zones, on essaie de réaliser des distances d'~50 mètres dans une direction déterminée. Les amphibiens observés jusqu'à 1 mètre de chaque côté du sentier sont comptabilisés.

Remarque : Le temps pour parcourir une zone délimitée doit être rapporté sur la fiche de terrain de façon à noter l'effort de prospection (effort d'échantillonnage)

- Méthode des quadrats :

La taille des quadrats varie en fonction de la densité d'amphibiens. Le quadrat est systématiquement échantillonné en marchant parallèlement au limite du quadrat ou en zigzag entre les piquets (Hairston 1980a,b ; Aichinger 1987 ; Donnelly 1989 ; Nishikawa 1989).

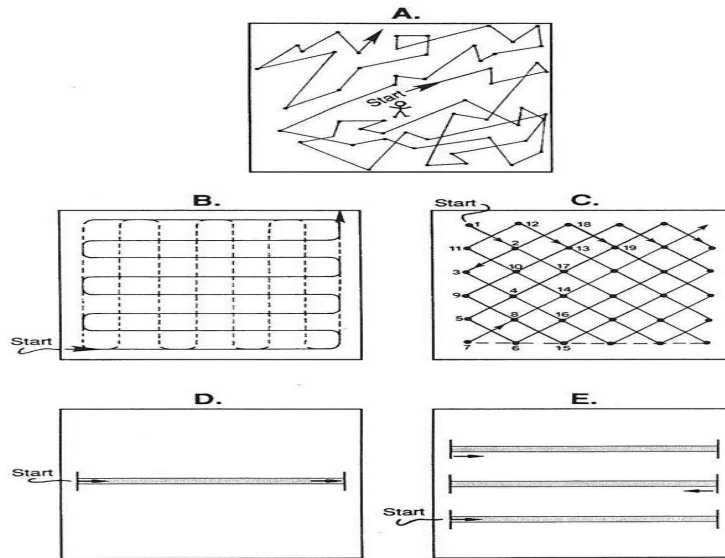


Figure 1 : Tracés possibles pour une surveillance visuelle (HEYER, 1994)

- Méthode des transects :

Ce mode permet d'échantillonner au travers de microhabitats connus pour être différents de ceux du reste de la parcelle étudiée. Dans le plus simple des cas, un transect d'une longueur prédéfinie est mis en place et parcourue. (Jaeger 1978 ; Pough et al. 1987 ; Crump et Pounds 1998)

*Personnel et matériel :*

Le nombre de personne varie en fonction de la complexité de l'habitat, de la taille du site et du niveau de précision de l'échantillonnage.

Remarque : Bury et Raphael (1983) ont comparé les techniques d'échantillonnages et ont recommandé que cette détection visuelle soit combinée à la mise en place de barrières imperméables+pièges (seaux) (Cf. § 7 Echantillonnage à l'aide de barrière pièges plane) pour avoir un meilleur échantillonnage.

### 3. Transect avec repérage audio. (BARBARA L. ZIMMERMAN)

Cette méthode se base sur le chant des mâles chanteurs pendant la période de reproduction.

Les chants permettent d'estimer ou de déterminer :

- L'abondance relative des mâles chanteurs,
- L'abondance relative des mâles adultes,
- La composition en espèces,

Les sites de reproductions ou l'utilisation des microhabitats,  
La phénologie<sup>1</sup> de la reproduction des espèces.

*Organismes ciblés et habitats :*

Mise en évidence des mâles chanteurs ou des associations de mâles chanteurs.

Le mode d'échantillonnage permet de :

Faire un inventaire de la composition en espèces,  
Réaliser une première approximation de l'abondance relative des anoures reproducteurs,  
Déterminer les sites de reproductions,  
Cartographier la distribution des espèces d'anoures au travers d'une grande aire géographique (quelques hectares jusqu'à une centaine d'hectares).

	Distance d'écoute	Espèces
<b>chant faible</b>	0 - 10 m	<i>Rana temporaria</i>
		<i>Rana dalmatina</i>
		<i>Bufo bufo</i>
<b>chant de portée moyenne</b>	10 - 100 m	<i>Pelodytes punctatus</i>
		<i>Alytes obstetricans</i>
		<i>Bombina variegata</i>
		<i>Bufo viridis</i>
		<i>Pelobates</i>
<b>chant fort</b>	> 100 m	<i>Rana sp.</i>
		<i>Hyla meridionalis</i>
		<i>Hyla arborea</i>

Tableau 3 : Distance d'écoute des batraciens (données fournies par CARRIERE M. et THIRION J.M) (CASSAGNES P., Méthodes d'inventaire de l'herpétofaune : Application aux études environnementales en milieux humides), 53p.

*Limites :*

Ce mode d'échantillonnage est le plus approprié pour les milieux tropicaux composés de grandes forêts à plusieurs strates (forte densité) et est le moins approprié pour les habitats linéaires tel que les rivières ou les franges littorales.

Cependant, cette méthode est usitée dans la zone tempérée pour faire un inventaire des espèces et cartographier la distribution de sites de reproduction.

Le nombre de mâles chanteurs ne peut être estimé si la population est trop importante ou trop dense. Selon les espèces d'anoures, les mâles ne chantent pas (Fellers, 1979).

<sup>1</sup> Phénologie : Influence des climats sur les phénomènes périodiques de la vie animale et végétale

Les anoures ayant une période de reproduction de type « explosive » sont facilement audibles sur une période très courte, de ce fait il est probable que l'échantillonnage soit inégal. La taille réelle de la population d'anoures ne peut être estimée parce que tous les individus ne sont pas détectables et qu'il n'est pas sûr qu'à chaque mâle chanteur correspond un mâle différent.

La distance de la transmission du son et, de ce fait, la distance de détection varie en fonction de la végétation (Marten et Marker 1977 ; Marten et al. 1977). La distance de détection doit être estimée pour chaque habitat.

#### *Personnel et matériel :*

1 seule personne peut suffire. Un enregistreur émetteur de bonne qualité peut être utilisé pour faire de la repasse (émet le chant préenregistré d'un mâle chanteur pour faire chanter les mâles reproducteurs présents sur le site) et enregistrer les chants difficiles à déterminer.

#### 4. Méthode d'échantillonnage par quadrats. (ROBERT G. ; JAEGER ET ROBERT F. INGER)

Cette méthode revient à étaler une série de petits carrés (quadrats) placés au hasard, ou non, dans des habitats. Cette technique permet de déterminer :

- Les espèces présentes dans un habitat,
- Leur abondance relative,
- Leur densité.

Dans le cadre d'un échantillonnage sur une mare, on partitionne la mare en quadrats. Les quadrats sont échantillonnés au hasard à l'épuisette à maille fine (exemple : filet troubleau à maille de 500 microns) pour ne pas blesser les larves ou les têtards.

Cette méthode peut être utilisée pour réaliser un inventaire ou pour faire du monitoring.

#### *Organismes ciblés et habitats :*

Cette méthode est applicable pour échantillonner la faune des sols de forêts et les amphibiens de bords de cours d'eau. Elle est particulièrement adaptée pour travailler sur des habitats hétérogènes contenant plusieurs espèces appartenant à des microhabitats différents. Les résultats peuvent être traités par des analyses statistiques si il est réalisé un minimum de 25 à 30 quadrats.

Remarque : Données à noter lors de l'échantillonnage :

Localisation du quadrat,

Date, heure et conditions climatiques durant l'échantillonnage,

Température et humidité relative

Type de végétation dans le quadrat

Couverture par la canopée (en pourcentage de l'aire située juste au dessus du quadrat)

Couverture par le feuillage (en pourcentage du quadrat recouvert par les feuilles et épaisseur de feuilles)

Couverture par la strate herbacée, par les cailloux, blocs, etc.

#### *Interprétation – Analyse des données :*

Pour la comparaison du nombre d'espèces et l'abondance relative seul le nombre d'individus de chaque espèce et dans chaque quadrat a besoin d'être noté. La richesse spécifique peut être obtenue à partir d'un contrôle du nombre d'espèces trouvé dans l'aire d'étude.

La méthode des quadrats permet d'estimer la taille d'une population par des outils statistiques tels que la méthode de Krebs (1989).

#### 5. Echantillonnage le long d'un transect. (ROBERT G. JAEGER)

Les amphibiens se répartissent selon des gradients environnementaux et plus particulièrement par rapport à l'humidité du milieu.

Cette méthode est très utilisée pour la détermination des changements intra et interspécifiques le long d'un transect qui relate des conditions environnementales différentes.

Cette technique d'échantillonnage permet, si les transects sont placés aléatoirement, de définir :

La richesse spécifique,

L'abondance relative,

La densité en fonction des habitats rencontrés.

La configuration des transects dépend de la problématique :

Si il est demandé de mettre en évidence un gradient entre la rivière et une lisière de forêt, les transects sont placés parallèlement au gradient de la rivière jusqu'à la lisière de la forêt. (Exemple : comparer des microhabitats le long d'un gradient homogène)

Si il est demandé de mettre en évidence des différences d'habitats le long d'un gradient, les transects sont placés perpendiculairement au gradient. (Exemple : comparer les différence entre habitats)

#### *Interprétation – Analyse des données :*

Vu le placement aléatoire des transects et parce qu'un transect correspond à un échantillonnage, un traitement statistique des données est possible pour autant que le nombre de transect soit suffisant. Les traitements statistiques peuvent être utilisées aussi bien pour voir les changements dans une aire géographique au travers du temps que pour évaluer les différences de faune entre deux sites à un temps donné.

Seber (1973), Brumham et Anderson (1976) ont mis au point des méthodes pour estimer une densité selon certaines conditions d'échantillonnage sur les transects.

#### 6. Echantillonnage par patch (spot) (ROBERT G. JAEGER)

La densité d'amphibiens varie selon l'habitat. Les fortes densités d'amphibiens sont souvent associées à des microhabitats spécifiques tels que les souches, les troncs d'arbres morts, etc.

Ce mode d'échantillonnage peut être utilisé pour évaluer :

- La richesse spécifique,
- L'abondance relative,
- La densité.

Il est possible de réaliser un traitement statistique des données dans certaines conditions :

- Les spots doivent être échantillonnés aléatoirement,
- Chaque spot constitue un échantillon indépendant,
- Le nombre d'échantillons doit être grand.

Le résultat de ce traitement statistique peut être utilisé pour de la biosurveillance (cas d'un changement observé dans une aire donnée au travers du temps) ou pour un inventaire (observation des différences entre aires d'intérêts à un temps donné) du peuplement sur site.

#### *Organismes ciblés et habitats :*

Cette méthode d'échantillonnage peut être appliquée à tous les organismes qui sont connus ou suspectés d'évoluer dans des microhabitats (patch ou spot).



Dans cette méthode, seuls les amphibiens qui évoluent dans le patch sont pris en compte.

Les patches peuvent être assimilés à des quadrats donc le traitement statistique applicable aux quadrats est utilisable ici. Heyer et Berven (1973) ont décrit une méthode d'échantillonnage sur les troncs d'arbres pouvant servir d'abris aux amphibiens et reptiles.

#### *Interprétation – Analyse des données :*

Si une taille ou type de patch est échantillonné dans un seul endroit ciblé, les résultats sont utilisables dans un but descriptif uniquement. Cette technique est particulièrement adaptée pour inventorier ou faire du monitoring des espèces inféodées à des habitats particuliers.

### 7. Echantillonnage à l'aide de barrière-pièges plane (PAUL STEPHEN CORN.)

La base de cette méthode est de capturer et prendre les informations nécessaires (taille, poids, sexe, etc..) des individus piégés d'un côté et de les relâcher de l'autre côté de la barrière-piège. Les dimensions de la barrière sont à adapter à la taille du site étudiée.

La barrière-piège se constitue de grillage fin (maille de 1 mm) ou de toile de jute ou encore de film plastifié. Ces barrières ont une longueur relativement courte (5 à 15 m). Des « pièges trappes » (pots ou seaux) sont enterrés de chaque côté et le long de cette barrière.

La clôture doit avoir une hauteur minimale de 50 cm, être légèrement enterrée (~10 cm) dans le sol avec une série de piquets pour la soutenir. La barrière doit être placée au dessus de la limite des plus hautes eaux.

Les seaux peuvent être percés d'un trou dans le fond afin d'en évacuer l'eau. Ce trou peut également sauver les mammifères de la noyade. D'autres petits trous peuvent être fait à 4-5 cm du fond du seau pour une action drainante. Il est recommandé d'enlever la végétation sur un diamètre d'~30cm le long de la barrière pour éviter aux animaux de la franchir.

Suite aux études liées au management des vertébrés terrestres de Szaro et al. (1988), il a été démontré que 9 études sur 17 utilisent cette technique pour échantillonner les amphibiens.

#### *Organismes ciblés et habitats :*

Ce système de barrière-piège imperméable permet de capturer certaines espèces plus facilement que d'autres (Karns 1986 ; Cornand Bury 1989 ; Dodd 1991b).

Ce système est adapté à beaucoup d'amphibiens, la seule contrainte est de savoir la période de reproduction exacte des espèces à reproduction de type « explosive ».

Si les animaux sont relâchés des pièges, ils doivent être marqués pour qu'ils ne soient pas re-capturés et ainsi perturber le calcul de l'abondance relative. Si les animaux ne sont pas relâchés, il est nécessaire d'en évaluer les conséquences pour les échantillonnages ultérieures, particulièrement si le site doit être échantillonné régulièrement. L'impact de la non restitution des amphibiens à leur milieu originel est faible mais peut déséquilibrer la population (Corn et Bury 1991).

#### *Personnel et matériel :*

Il faut 4 à 6 personnes pour installer 4 à 6 barrières par jour, ainsi que quelques personnes pour vérifier les pièges tous les matins quand l'échantillonnage est lancé. Une personne peut vérifier un site comprenant ~30 pièges en une heure.

L'installation d'un système barrière-piège demande un travail important, du personnel et des moyens financiers relativement importants. Il existe plusieurs disposition des barrières pièges. Dans la plupart des études, 3 ou 4 barrières pièges sont utilisées.

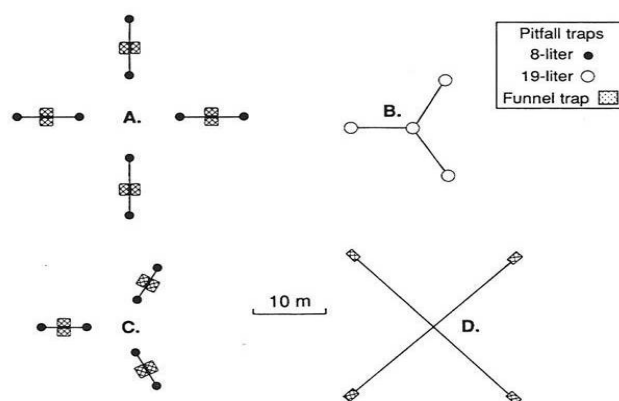


Figure 2 : Dispositions possibles des barrières droites imperméables (HEYER, 1994)

Plusieurs auteurs (Campbell et Christman 1982a ; Beauregard et Leclair 1988) ont mis en place un système de piège en forme d'entonnoir empêchant la remontée des amphibiens (urodèles en particulier) dans les sites où le sol est saturé d'eau.

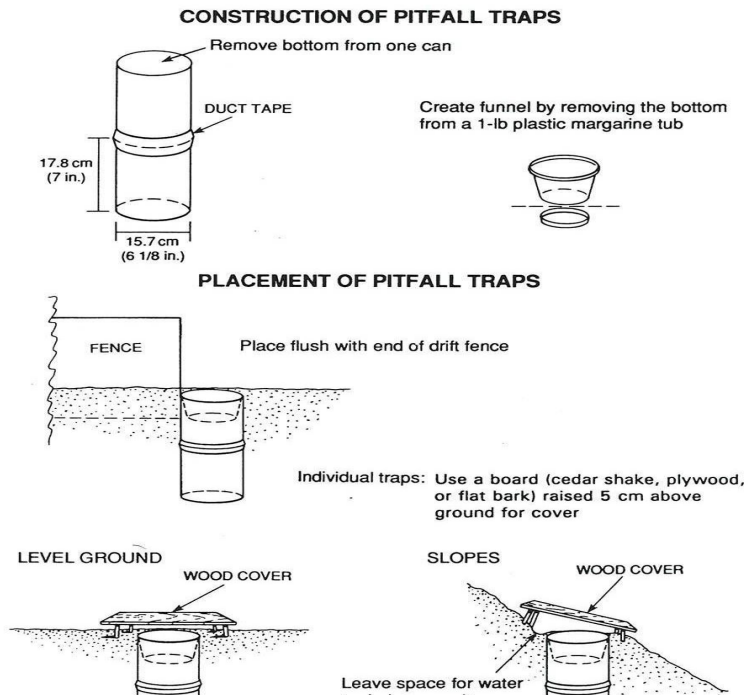


Figure 3 : Construction et disposition des pièges à batraciens

#### *Interprétation – Analyse des données :*

Cette technique permet de réaliser des inventaires et du monitoring. Elle est appropriée pour déterminer la richesse spécifique d'un site et la présence d'espèces rares. Elle rapporte également des données sur l'abondance relative et l'utilisation de l'habitats par l(es) espèce(s) étudiée(s).

L'abondance relative peut être comparée entre type d'habitat en analysant la variance (Corn et Bury, 1991) mais le traitement statistique demande beaucoup de vigueur dans la sélection des sites d'études et le placement des barrières pièges.

La densité de population peut être estimée en cumulant ce mode d'échantillonnage avec une technique de marquage-recapture.

#### 8. Relevés sur site de reproduction (NORMAN J. SCOTT, Jr. et BRUCE D. WOODWARD)

L'échantillonnage sur les sites de reproduction est efficace. Généralement, les adultes sont comptés le long de transects par les méthodes visuelles et/ou auditives.

Les données recueillies renseignent sur la richesse spécifique et l'abondance des adultes reproducteurs.

Il est également possible de comparer les sites pour :

Identifier les zones les plus intéressantes pour le développement ou la préservation des espèces,

Déterminer la présence de prédateurs, etc.

Etudier les effets des pluies acides ou des pollutions,

Plusieurs techniques peuvent être mises en place sur ces sites pour :

Observer les changements dans des populations,

Détecter des changements dans les associations d'espèces selon le temps,

Mettre en évidence des détails sur l'autécologie des espèces.

#### *Organismes ciblés et habitats :*

La biosurveillance des adultes sur un site de reproduction est plus aisée quand la phase de reproduction est peu étalée et est définie dans une période précise. La plupart des amphibiens se reproduisent pendant quelques semaines au printemps jusqu'au début de l'été. Les densités de larves d'amphibiens peuvent varier de façon importante en peu de temps. C'est pour cela que la densité de larve n'est pas un bon indicateur de la taille de la population adulte.

La plupart des individus des espèces qui ont une longue période de reproduction ne restent qu'une partie de la saison de reproduction dans le site de reproduction (Fellers, 1979 ; Woodward, 1982 ; Godwin et Roble, 1983 ; Ryan, 1985)

#### *Personnel et matériel :*

Le nombre de personne dépend de l'intensité de la surveillance voulue, de la taille et du nombre de sites à échantillonner. Une personne peut surveiller un petit nombre de site si la seule information à recueillir est la présence ou l'absence de mâles chanteurs. De façon générale, 2 personnes ou plus sont nécessaires.

#### *Interprétation – Analyse des données :*

Pour la mise en place d'une telle méthode, en plus des données de base (date, ensoleillement, température, heure,...) à recueillir, des informations supplémentaires telles que la surface en eau (m<sup>2</sup>), la température de l'eau en profondeur, la présence ou absence de site d'intérêts particuliers (arbres, taillis, héliophytes), doivent être notées. La surveillance des sites de ponte peut être utilisée pour estimer la taille de la population et un sex-ratio.

## 9. Barrière-piège imperméable autour d'un site de reproduction (C. KENNETH DODD, Jr, et DAVID E. SCOTT)

Cette méthode est utilisée pour échantillonner les espèces qui migrent jusqu'à leur site de reproduction aquatique. La base de la méthode est décrite au § 7 – « Echantillonnage à l'aide de barrière-pièges plane. »

Ce mode d'échantillonnage est le plus employé pour l'étude des populations sur le long termes. Il peut également être utilisé pour réaliser des inventaires d'espèces dont la période de reproduction est bien définie (Cortwright et Nelson 1990 ; Scott, 1990)

Cette méthode est efficace mais reste très onéreuse, demande beaucoup de temps et de personnel.

Il existe différentes méthodes pour placer les barrières pièges.

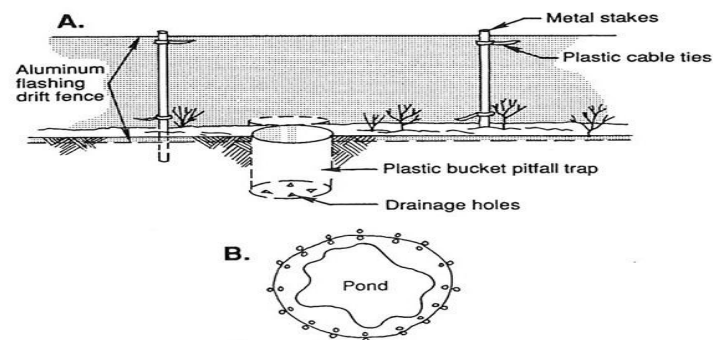


Figure 4 : Exemple de disposition d'une barrière piège doublé de pièges autour d'un site de reproduction (HEYER, 1994)

Les variables doivent être définies précisément pour réaliser un bon échantillonnage.

Exemple de variable pouvant être prises en compte :

- Nombre de pièges,

- Méthode de capture (à la main, pièges),

- Etat de la capture (première fois, recapture

- Caractéristiques de l'individu (taille, poids, sexe, etc.)

- Organismes ciblés et habitats :

Ce mode d'échantillonnage est particulièrement bien adapté aux petites mares permanentes ou temporaires. Des sites plus importants peuvent être échantillonnés avec cette méthode mais cela demande un coût en matériel et un temps de travail nettement plus important.

Un des problèmes majeurs de cette technique réside dans le fait que tous les amphibiens ne sont pas capturés (Grill 1985, 1987 ; Dodd 1991b). Les familles les plus faciles à échantillonner sont celles qui sont limitées par leur capacités à escalader, sauter ou nager (Salamandre et anoures tel que les Bufonidés). Les familles dont les individus peuvent grimper et sauter (la plupart des ranidés) passent plus facilement au travers des pièges.

Pour la mise en place de cette technique d'échantillonnage, il faut être sûr de l'attrait du milieu aquatique pour les amphibiens. Pour la plupart, la reproduction puis la métamorphose constitue des motivations assez importantes. Le taux de non capture, alors qu'il y a passage, peut varier dans l'espace et dans le temps selon les stades de développement des individus.

#### *Interprétation – Analyse des données :*

Exemples d'études ayant utilisé ce mode d'échantillonnage :

Structure de l'assemblage des espèces (Cortwright et Nelson, 1990)

Dynamique et taille d'une population (Gill 1978 a, b, 1985 Semlitsch 1983, Dodd et Charest 1988).

Etude sur le passage des individus sans être pris dans les pièges (Gill 1985, Dodd 1991 b)

10. Echantillonnage quantitatif des larves d'amphibiens (H.BRADLEY SHAFFER, ROSS A. ALFORD, BRUCE D.WOODWARD, STEPHEN J. RICHARDS, RONALD G. ALTIG ET CLAUDE GASCON)

Il existe plusieurs méthodes pour capturer, compter et identifier les larves d'amphibiens. Ces méthodes peuvent être listées comme ci-dessous :

Pêche à la seine,

Pêche au filet,

Piégeage,

Echantillonnage par quadrats fermés

Ces techniques sont rapides à mettre en place, relativement approfondies et permettent de réaliser un échantillonnage qualitatif et quantitatif avec un minimum de personnes, de matériel et de temps. Ce type d'échantillonnage est généralement peu destructeur du milieu et peut être mis en pratique pour échantillonner des espèces rares ou menacées.

Les deux objectifs principaux de ces techniques sont d'évaluer la richesse spécifique des larves dans une quantité d'eau relativement faible et de déterminer la taille de la population des larves.

Ces techniques ne sont pas recommandées pour l'estimation de la taille et la densité de la population d'adultes aquatiques.

#### *Organismes ciblés et habitats :*

Chaque technique est efficace dans un type d'habitat particulier :

Le seine : mare peu profonde et lac avec peu de végétation

Le filet : technique la plus simple pour échantillonner les lames d'eau contenant une végétation dense, les habitats des rivières ayant un accès limités.

Quadrat (boîte fermée de volume connu) : zone d'eau peu profonde avec un substrat uniforme.

Piégeage : habitats en eau profonde ou habitats à fond en pierres, débris de bois ou rochers

Pour les rivières de largeurs importantes, incluant des habitats tels que des zones humides et les lacs peu profonds, l'échantillonnage à la seine serait la seule voie pour obtenir un nombre suffisant de données pour estimer la richesse spécifique et l'abondance des larves d'amphibiens.

Le filet est la technique la plus utilisée pour estimer les abondances dans les sites avec peu d'eau et les rivières peu profondes (profondeur < 1m). Son efficacité augmente quand la taille de la zone échantillonnée diminue. Dans les très petites zones d'étude, cette technique permet de compter tous les individus présents.

L'échantillonnage par quadrat, boîte fermée de volume connue, est le plus fréquemment utilisé afin d'estimer la taille d'une population. De nombreux milieux peuvent être échantillonnés.

Les pièges sont efficaces dans tous les types d'habitats exceptés dans les rivières rapides et peu profondes.

### **I.3. Estimation de la taille d'une population**

Les programmes de monitoring sont réalisés dans le but de percevoir des changements dans une population. De tels changements peuvent être révélés par deux techniques en particulier :

Méthode d'échantillonnage par Marquage-Recapture (M-Rc),  
Echantillonnage par déplacement des individus.

### I.3.1. Marquage-Recapture (M-Rc) (MAUREEN A. DONNELLY et GRAIG GUYER)

Les méthodes de M-Rc sont utilisables dans les études de biosurveillance (biomonitoring) du fait de l'intégration des paramètres démographiques (naissance, mort, émigration, immigration, taux de survie) et du taux de croissance des individus.

Le principe consiste à capturer et marquer les animaux, à les relâcher dans leur milieu puis de les capturer à nouveau. La technique utilisée doit être adaptée à la taille de l'individu, à son milieu et aux moyens techniques et financiers à disposition.

Une des méthodes les plus appliquée est la méthode de Petersen (1986).  
Pour l'utilisation de ce type de modèle de M-Rc, il est nécessaire de prendre en compte plusieurs hypothèses :

- L'échantillon initial prélevé doit être représentatif de la population entière,
- Tous les individus échantillonnés lors de cet état initial doivent être marqués,
- Les animaux marqués sont libérés et distribués aléatoirement dans la population,
- Le marquage ne doit pas affecter la probabilité de recapture des individus.

La méthode de Petersen est utilisable pour estimer la taille d'une population si, en plus des hypothèses citées ci-dessus, la population est fermée (aucune immigration, aucune émigration et aucune naissance ou mort)

Remarque : Certaines méthodes de marquage peuvent être néfastes au taux de survie, au taux de croissance et au comportement de l'animal. Clarke (1972) a démontré que la découpe d'un doigt de pied peut affecter les jeunes crapauds, et Travis (1981) a montré que teindre les têtards avec du rouge neutre réduisait leur taux de croissance.

Les marques renseignent sur plusieurs caractéristiques telles que le lieu de capture, la date, le nombre de fois où l'animal a été capturé, etc. Cependant, pour un traitement statistique des données, les individus piégés doivent renseigner sur leur date de capture.

Il existe de nombreux modèles mathématiques basés sur la méthode de M-Rc (Caughley 1977 ; Southwood 1978 ; Begon 1979 ; Schemintz 1980). Le traitement mathématique des données a été étudié par de nombreux auteurs. La bibliographie technique est consultable dans des ouvrages de références tel que « *Measuring and monitoring biological diversity, standard Methods for Amphibians* » de Heyer et al. (1994).



Les modèles de traitement statistique les plus usités sont :

#### Lincoln-Index (ou modèle de Petersen (1986) corrigé)

Cette méthode est la plus répandue pour l'estimation de l'effectif d'une population. Elle est basée sur une première série de capture où tous les animaux sont marqués puis relâchés. Une seconde série de capture est effectuée où on opère un décompte du nombre d'animaux recapturés et déjà marqués.

Les conditions d'application du Lincoln-Index et de ses dérivées sont :

- L'effectif de la population peut augmenter ou diminuer entre deux séries de capture, mais ces variations d'effectif doivent affecter les individus marqués et les individus non marqués dans les mêmes proportions.
- Le marquage ne doit, par conséquent, pas augmenter le risque de prédation, les marques effectuées ne doivent ni s'effacer, ni être perdues entre deux échantillonnages.
- La probabilité de capture doit être la même pour tous les animaux, qu'ils soient marqués ou non.

#### Méthode de Schnabel (1938)

La méthode de Schnabel étend le Lincoln index à plus de deux séries de capture. A chaque série, les individus sont capturés, marqués s'ils ne le sont pas encore, puis relâchés (Krebs, 1989).

- Les conditions d'application de cette méthode sont les mêmes que celles du Lincoln-index.

#### Méthode de Schumacher et Eschmeyer (1943)

Cette méthode est proche de celle de Schnabel. Le raisonnement se base sur le même principe que le Lincoln-index, avec plusieurs séries de capture.

- Les conditions d'application de la méthode sont les mêmes que celles du Lincoln-index mais une restriction supplémentaire est à noter : Il ne faut pas qu'il y ait de mortalité pendant toute la période de capture (Krebs, 1989).

#### Méthode de Jolly-Seber

La méthode se base sur la dernière capture de l'individu. D'après Leslie (1952), cette capture semble plus informative que de savoir quand l'animal a été capturé la première fois. Donc, cette méthode tient compte des modifications constantes de la taille de la population dues aux naissances, des individus morts, ainsi qu'aux mouvements d'immigration et d'émigration.

De part cette méthode :

- La contrainte d'une population close des estimateurs précédents n'existe plus,
- La capturabilité entre les animaux marqués et non marqués doit être égale à chaque séance de capture,
- Tous les animaux marqués doivent avoir la même probabilité de survie entre les séances de capture,
- A chaque capture doit correspondre une marque spécifique,

Ce mode d'échantillonnage permet également de considérer des intervalles de temps variables entre chaque séance, ainsi qu'une extension sur plusieurs années de l'expérience. Un autre avantage réside dans le fait qu'elle permet d'estimer la population à chaque échantillonnage.

#### Estimateur de Fischer-Ford

Cette méthode est issue de la méthode de Peterson (1986). Elle assume un pourcentage d'animaux marqués à une séance de capture identique au pourcentage d'animaux déjà marqués et relâchés. Pour réaliser cette méthode, les animaux doivent être suivis durant plusieurs séances de capture et doivent avoir un taux de survie constant. Cette méthode permet d'estimer la population à chaque échantillonnage.

Cette méthode permet également, par extension, d'estimer le taux de survie des animaux.

#### Programme CAPTURE (Otis et al. ,1978)

Pour éviter une des principales contrainte de la méthode de Fischer-Ford, Otis et al. (1978) ont proposé une technique d'estimation permettant d'avoir les taux de capturabilité variables entre les animaux et entre les séances. Cette méthode se fonde sur l'hypothèse que la capturabilité des animaux suit une courbe gaussienne.

Les modèles de Marquage-recapture pour l'estimation des populations peuvent être groupés selon le nombre d'échantillons utilisés. De telle sorte qu'il peut être utilisé :

2 échantillons (Petersen 1986 ; modification de l'estimation de Petersen par Bailey, modification de l'estimation de Petersen par Chapman), ce modèle ne permet pas d'estimer les gains et les pertes au sein de la population.

3 (ou >3) échantillons, le modèle permet d'estimer : la taille de la population, les gains (immigration, naissance) et le taux de survie.

Il est noté que les modèles de Fisher-Ford, Jolly's, et Manly-Parr renseignent sur la démographie de la population.

### I.3.2. Echantillonnage avec déplacement (LEE-ANN C. HAYEK)

Cette méthode permet d'estimer la taille d'une population dans une aire donnée. Cette technique peut également apporter des informations sur la population entière. Les animaux sont déplacés physiquement d'un endroit choisi (localité, point précis, quadrat) pour un temps relativement court.

L'échantillonnage par déplacement des individus demande à ce que les individus soient capturés à la main, au filet ou aux pièges (seaux). Les animaux sont placés dans des sacs en plastique, ils sont ensuite amenés immédiatement au laboratoire et stockés dans des boîtes appropriées jusqu'à la fin de l'étude. A la fin de l'étude, tous les animaux sont restitués à leur milieu originel.

Cette méthode d'échantillonnage est adaptée à l'étude de la stabilité d'une population sur le long terme. Elle permet d'obtenir l'âge, la taille, les conditions de reproduction et le sexe des animaux maintenus en captivité.

#### *Organismes ciblés et habitats :*

Cette technique est utilisée surtout pour échantillonner les animaux à mobilité réduite ou ayant un habitat restreint ainsi que les larves aquatiques. Ceci est dû au fait qu'une grande proportion de la population est capturable en un temps voulu. Cette technique n'est pas appropriée à l'échantillonnage des espèces qui vivent cachées et aux espèces très mobiles telles que les salamandres ou les grenouilles qui peuvent se disperser de leur site de reproduction.

Le modèle d'échantillonnage par déplacement se base sur plusieurs hypothèses :

La population cible doit être fermée ou en état stationnaire pendant la période d'échantillonnage.

La période entre deux campagnes est courte. Il doit être possible, au moins en théorie, de déplacer tous les animaux de la zone d'étude (White et al. 1982)

L'efficacité d'échantillonnage de l'investigateur doit rester constante

L'intensité de l'effort et le temps dépensé pour la collecte doit être constante sur toute la durée de l'échantillonnage

### **Commentaire sur la méthode d'échantillonnage par Marquage Recapture (M-Rc) et par déplacements:**

Quand la population cible correspond à des individus facilement observables, une méthode de comptage tel que l'échantillonnage par quadrat ou par transect est préférable à des méthodes d'échantillonnage tel que la technique du marquage-recapture (M-Rc) ou l'échantillonnage avec déplacement d'individus

L'échantillonnage avec déplacements est moins onéreux aussi bien en terme de financement qu'en temps et en personnel que la méthode de M-Rc. La méthode de M-Rc permet d'obtenir une estimation plus précise par rapport à l'effort investi dans l'échantillonnage. Cependant, la méthode avec déplacements des animaux est plus avantageuse car elle élimine les variations dans les probabilités de capture après la première capture et elle réduit le temps passé sur le terrain à la recherche d'individus parce que le nombre d'individus décline rapidement après le premier passage.

Remarque : L'échantillonnage par déplacement des individus n'est pas approprié à l'étude des espèces en danger, rares ou à mobilité importante.

## **II. Prise en compte des populations de batraciens dans 10 Cahiers des Charges et Clauses Techniques Particulières (CCTP)**

Ce paragraphe est issu de l'analyse de 10 C.C.T.P. axés sur le milieu naturel. L'analyse des CCTP a été réalisée en vue de mettre en exergue la prise en compte des batraciens dans les études s'échelonnant entre l'analyse détaillée du milieu aquatique jusqu'à l'étude générale du milieu naturel. Une hiérarchisation arbitraire a été réalisée en fonction de l'intérêt porté par le C.C.T.P. à la prospection des populations de batraciens. Un tableau comparatif des C.C.T.P. est présenté dans l'Annexe II : Tableau Classement des CCTP.

### **II.1. Détails sur les prospections de batraciens et de leurs habitats : Suivi des annexes fluviales restaurées sur la Loire et la Vienne.**

Maître d'ouvrage : Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature

Ce type de CCTP est propre aux milieux aquatiques ainsi qu'à la faune et la flore qui leur sont inféodés. Le biotope est étudié à travers la qualité des eaux et l'évaluation de la granulométrie des sols (ou sédiments). L'étude de la biocénose est répartie selon les compartiments biologiques tels que la végétation, les macroinvertébrés benthiques, le zooplancton et les amphibiens.

Les méthodes d'inventaires des communautés et des populations d'amphibiens sont issues des publications de JOLY et DEHEUVELS de 1997.

Le principe, le but d'échantillonnage ainsi que la méthode d'étude des amphibiens sont détaillés dans ce type de CCTP. En résumé, l'étude des batraciens s'articule comme ceci :

- Réalisation d'un inventaire par analyse des peuplements. L'étude est répartie sur la saison biologique (février jusqu'à juin selon la période de reproduction).
- Détails des techniques d'échantillonnage à utiliser : Détection visuelle, auditive et pêche.
- Détails de la méthodologie à appliquer : « Tous les sites potentiels de reproduction de chaque annexe fluviale (Habitat) devront être préalablement recensés, cartographiés et décrits (substrat, végétation, superficie, profondeur, etc.)

Mise en place d'un calendrier et des modalités d'intervention : mentionne les périodes de prospections, les espèces susceptibles d'être échantillonnées et les techniques d'échantillonnage à privilégier. Il est également mentionné la fréquence des interventions sur le terrain (une fois par grande phase de reproduction).

Les techniques d'échantillonnage à utiliser sont décrites en détails. Ces dernières doivent être standardisées en vue d'un traitement statistique des données recueillies.

La saisie et l'analyse des données sont également détaillées. L'analyse consiste à traiter les résultats de façon semi-quantitative. Estimation des effectifs en 4 classes d'abondance (0 : espèce absente jusqu'à 3 : espèce abondante).

**II.2. Investissement important sur les espèces animales d'intérêt patrimonial (espèce référencée dans l'Annexe II de la Directive Habitat) : *Etude de la déviation de Mignaloux Beauvoir RN 147-APSI.***

Maître d'ouvrage : Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer

Dans cette étude sur une déviation de route nationale. Il est demandé de réaliser un inventaire faunistique et floristique sur un cycle biologique (11 mois).

Les objectifs sont de :

- Connaître, décrire et différencier les écosystèmes de la zone d'étude,
- Mettre en évidence leur valeur biologique,
- Définir leur degré de sensibilité et identifier la valeur patrimoniale des sites, en décrivant la spécificité des unités biologiques, les facteurs d'évolution.

Ce CCTP spécifie les organismes à consulter pour la réalisation de cet inventaire (DIREN, Conservatoire d'espaces naturels, etc.). La méthodologie est détaillée en plusieurs étapes reprenant les données à collecter ainsi que les cartes minutes à fournir. Le schéma de l'étude s'articule comme suit :

- Demande d'un recueil, traitement et analyse des données existantes (travail bibliographique). Mise en place de 3 cartes minutes sur fond IGN au 1/25000<sup>ème</sup>.

Cartographie des habitats naturels et stations botaniques d'intérêt patrimonial. Il peut être ajouter le réseau hydrographique, le zonage des inventaires, des sites de protections réglementaires et le niveau d'intérêts des habitats représentés.

Cartographie des espèces animales d'intérêt patrimoniale. Carte des espèces dont la présence est attestée ou potentielle. Cette carte doit être accompagnée d'une fiche descriptive des espèces faunistiques patrimoniales (Nom, niveau d'intérêt, statut de protection et de rareté) et doit caractériser les populations animales (abondance, habitat, zone de repos, de nourrissage, de reproduction, d'hivernage et les axes de déplacements saisonniers ou journaliers)

Cartographie de hiérarchisation des enjeux patrimoniaux globaux et des sensibilités au projet global des habitats.

- Recueil, traitement et analyse des données des campagnes de terrain.

Ce travail consiste à réaliser un inventaire. Les paramètres à noter sont :

Identification et localisation des espèces (densité des peuplements), la précision de leur niveau de rareté et de vulnérabilité et le statut de protection.

Localisation et caractérisation des secteurs préférentiels de passages.

**II.3. Travail réalisé sur le milieu naturel, les espèces rares et protégées. Pas de spécification sur les batraciens : Etude préalable à la restauration des cours d'eau du bassin de la Bonnee.**

Maître d'ouvrage : Syndicat intercommunal du bassin de la Bonnee

Ce CCTP ne spécifie pas le travail à réaliser sur les batraciens mais vise à faire une analyse détaillée de l'état initial du site. Le contenu et le déroulement de l'étude sont précisés. Dans ce type de CCTP, les grands axes de travail sont souvent identiques et hiérarchisés comme suit :

Etat des lieux et diagnostic :

Bilan des actions déjà entreprises sur le territoire d'étude ;

Recueil des données

Reconnaissance de terrain

Définition des objectifs d'interventions,

Description des aménagements projetés et des techniques à mettre en œuvre,

Hiérarchisation chiffrée des travaux,

Réalisation d'un dossier destinée à la Déclaration d'Intérêt Général.

Sur le thème « milieu naturel », il est demandé de réaliser un inventaire de la faune et de la flore, d'analyser les risques de destruction des milieux abritants des espèces animales rares ou protégées, les risques d'atteinte à l'intégrité des territoires des espèces animales et de coupures de cheminements et la destruction des sites de reproduction.

Il est spécifié que les recherches doivent prendre en compte les annexes hydrauliques, les mares et les fossés entretenus par le syndicat.

Il est intéressant de noter que la plupart des CCTP non spécifiques à l'analyse du milieu aquatique mentionnent ces critères dans l'analyse de l'état initial du site.

C'est au maître d'œuvre (souvent les bureau d'études) de faire une analyse rapide du site et de prévenir le maître d'ouvrage si il y a lieu de développer une analyse plus fine du milieu aquatique (présence d'espèces mentionnées dans l'Annexe II de la Directive Habitat par exemple).

### **Commentaire sur l'analyse des Cahiers des Charges et Clauses Techniques Particulières**

Les Cahiers des Clauses Techniques Particulières (CCTP) reflètent, dans cette étude, l'importance portée à l'analyse de peuplements de batraciens et, de façon plus globale, à la prospection du milieu aquatique et particulièrement. On note que la précision de l'étude est fonction des objectifs visés par le commanditaire, le maître d'ouvrage.

L'analyse de 12 CCTP accès sur le milieu naturel a permis de les hiérarchiser en fonction de l'intérêt porté sur l'inventaire des milieux aquatiques et plus précisément des populations de batraciens. Il est évident que ce classement est arbitraire et ne met en aucun cas le doute sur la qualité du CCTP en général.

Les variations observées entre les différents CCTP sont essentiellement dues à l'apport financier des maîtres d'ouvrages pour l'analyse des batraciens. De ce fait, il est logique que le CCTP sur le suivi des annexes fluviales restaurées sur la Loire et la Vienne soit plus complet, en terme d'analyse des peuplements de batraciens, que le CCTP relatant une étude écologique en phase travaux d'une déviation.

Pour les études non spécifiques au milieu aquatique et aux batraciens, les CCTP précisent le type d'analyse qui doit être fait sur le milieu naturel de façon globale. Dans ce profil de CCTP, les buts de l'échantillonnage, la méthodologie et les techniques à développer ne sont pas précisées. C'est au maître d'oeuvre de détailler comment il opérera sur le terrain, avec quel matériel, quelles techniques d'échantillonnage, le temps imparti à l'étude et la qualification du personnel à disposition pour l'étude.

Tout inventaire batrachologique demande un investissement aussi bien en temps, qu'en matériel et en personnes. Il est logique que cet inventaire ne soit pas préconisé pour chaque intervention sur le milieu aquatique mais seulement dans les situations où l'enjeu est important. Cependant, une bonne étude du milieu récepteur et des habitats potentiels permet d'ores et déjà de définir les potentialités du milieu à accueillir un peuplement de batraciens. Il serait intéressant de développer cette idée de prospection des milieux à fortes potentialités d'accueil en vue d'optimiser les prospections des peuplements de batraciens.



### III. Evaluation du coût d'un inventaire batrachologique :

Le coût d'un inventaire batrachologique est fonction du protocole mis en place et de la finesse de l'étude. Le Cahiers des Charges et Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.) définit si il y a lieu de faire un inventaire batrachologique ou un état des lieux du milieu naturel. Dans les deux cas de figure, la précision de l'étude est définie dans le C.C.T.P. L'estimation du coût d'un inventaire batrachologique est régie par plusieurs variables :

#### 1. Le milieu :

Plusieurs facteurs rentrent dans l'étude du milieu naturel. La localisation géographique, la topographie, la surface du site, etc.

Plus la surface à prospectée sera importante, plus le personnel y passera de temps. Le coût est fonction du temps passé sur le site d'étude. Le temps passé sur le site est également fonction de la précision voulue de l'inventaire.

Si le site d'étude est éloigné des bureaux, le déplacement d'un spécialiste jusqu'au site (coût du déplacement et coût du spécialiste à la journée (~200 euros/jour de terrain) sera à prendre en compte.

#### 2. Matériel

L'inventaire batrachologique nécessite un minimum de matériel pour un résultat satisfaisant :

Equipement vestimentaire de l'opérateur : cuissardes ou waders.

Equipement technique : matériel de prise de notes, documents pour la détermination des amphibiens non connus, filet troubleau, appareil photo pour déterminer les espèces qui n'ont pu l'être pendant la phase terrain.

Il se peut que l'étude nécessite la location d'une voiture ou d'un bateau

#### 3. Frais propre à la phase de terrain :

Le coût occasionné par les prospections de terrain est fonction du protocole mis en place :

La prospection de nuit avec écoute (implique une nuitée sur le terrain) sera logiquement facturée plus qu'une simple écoute de jour.

L'achat ou la fabrication de système de piégeage fait également varier le coût.

Contraintes réglementaires imposées (sécurité...)

#### 4. Frais généraux

Les frais généraux sont fonctions de l'organisme qui réalise l'inventaire. On note des variations de prix entre un organisme privé ou public.

Les frais généraux sont les coûts de fonctionnement de la société mandaté (coût de fonctionnement de l'entreprise : salaire des employés, charge patronale, bénéfices...)

## 5. L'échantillonnage

Les techniques d'échantillonnages sont fonctions :

Du temps à disposition pour la réalisation de l'étude

Du milieu (rivières, annexes hydrauliques, grandes zones en eau, mares, fossés...)

De(s) espèce(s) recherchées (période de reproduction spécifique, activité diurne, nocturne, chant, facilité d'observation, etc.)

Du stade biologique de l'espèce recherchée (larves, têtards ou adultes,

Du matériel utilisé (troubleau, filet surber, seaux, lampe frontale, lampe halogène pour observation directe, piégeage).

## Discussion - Conclusion

La base de tout travail sur l'échantillonnage des batraciens est fonction de la question posée. Il est nécessaire de savoir si l'étude va porter sur l'habitat, l'aire géographique, le site de reproduction, etc. ou sur l'espèce en elle-même ou encore sur une association d'espèces. Un travail bibliographique et méthodologique est nécessaire pour mettre en place un protocole d'échantillonnage.

Les facteurs à mettre en premier plan sont les organismes et habitats ciblés, les moyens financiers et matériels à disposition, le traitement des données et les limites de la méthode. Selon les objectifs de l'étude, nous pouvons être amené à réaliser un inventaire ou un travail de biosurveillance (monitoring).

La mise en place de la méthode d'échantillonnage passe par le mode de prélèvement des batraciens et les techniques de marquage. A l'heure actuelle, le retour d'expérience semble suffisant pour opter pour une technique de marquage non destructive de la population et qui permette de réaliser un traitement statistique des données recueillies lors de l'échantillonnage.

L'analyse de 10 Cahiers des Charges et Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.) a permis de noter des variations importantes dans la prise en compte des batraciens. Le degré de précision de la méthodologie à appliquer ainsi que l'effort de prospection sur les batraciens ou sur le milieu naturel récepteur est fonction de la demande du maître d'ouvrage. Les investigations sur les batraciens sont soumises à de nombreux facteurs tels que les moyens financiers à disposition, les informations à recueillir, la précision de l'étude, etc.

A la vue des moyens à mettre en œuvre pour réaliser un état des lieux des populations de batraciens, une optimisation des recherches sur le milieu naturel (habitats, corridors biologiques) permettrait d'éviter la mise en place de techniques d'échantillonnage lourdes en temps, en personnel et en matériel. Ce type de recherche serait à développer pour rendre plus acceptable la réalisation d'inventaire batrachologique qui constitue un élément essentiel à la mise en valeur et la sauvegarde des batraciens dans les études réglementaires du type « étude d'impact » et dossier de loi sur l'eau.

Dans un but d'évaluation du milieu récepteur, une typologie pourrait être mise en place en prenant en compte des variables telles que :

La localisation géographique (climat, géologie, topographie, etc.)

Le milieu (qualité physique du milieu récepteur ; qualité physico-chimique de l'eau, etc.)

L'habitat (potentialité d'accueil, taille, etc.)  
 Le temps disponible pour réaliser l'étude,  
 Les moyens financiers à disposition

Un tableau à plusieurs entrées avec un système de classes d'aptitude (0 : nul ; 1 : probable ; 2 : certain) pourrait être mis en place. Si, au contraire, un facteur est discriminant, une note négative pourrait lui être attribuée.

Un traitement statistique, sur un nombre élevé d'échantillon, permettrait de donner des probabilités de « besoin ou non » de réaliser un inventaire batrachologique. L'utilisation de ce genre de tableau devrait être réalisée par des professionnels ou des stagiaires formés sur les batraciens.

Exemple de tableau possible pour confronter les facteurs qui peuvent justifier la mise en place d'un inventaire batrachologique

<b>Variables</b>		<b>Valeur de la variable (0;1;2) (0;-1;-2)</b>
<b>Localisation géographique</b>	Climat	
	Géologie	
	Topographie	
	Pédologie	
<b>Milieu physique</b>	qlité habitat	
<b>Milieu "physico-chimique"</b>	qlité habitat	
<b>Milieu biologique</b>	qlité habitat	
<b>Facteur "temps à disposition"</b>	durée de l'étude	
<b>Moyens financiers</b>		
<b>Somme</b>		

Ce projet individuel sur les méthodes d'échantillonnage des batraciens m'a permis de réaliser un travail bibliographique important et de me rendre compte de la difficulté de croiser des données. La littérature française est relativement pauvre sur ce vaste sujet, ce travail s'est essentiellement basé sur la consultation de sites d'ouvrages en anglais emprunté dans des bibliothèques universitaires ou au Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) ainsi qu'à des sites Internet spécialisés sur l'étude des amphibiens et reptiles.

## Bibliographie

### Littérature :

CASSAGNES Paul, « Méthodes d'inventaire de l'Herpétofaune: Application aux études environnementales en milieux humides », - Rapport de MST IMACOF 1999-2000, p 17-21.

CARRIERE M. et DUFRENE E., 1999 – Enquête sur les critères d'identification des grenouilles brunes (*Rana dalmatina* et *Rana temporaria*), <http://perso.wanadoo.fr/a.i.r.e./...>

HEYER, W.R, DONNELLY, M.A, McDIARMID, R.W., HAYEK, L.A. & FOSTER, M.S. (1994). Measuring and monitoring Biological Diversity, standard methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, London.

Estelle Burlotte. Maître de stage : Daniel SIRUGUE. Inventaire de 3 espèces de tritons et de leur biotope sur le secteur de l'Auxois-Bourgogne -56 p. Rapport de stage de Diplôme Universitaire Unité d'Expérience Professionnelle. Janvier à Juin 2004. Université Claude Bernard Lyon 1

### Sites Internet :

Society for the study of amphibians and reptiles. <http://www.ukans.edu/~ssar/SSAR.html>

Surveillance et conservation des amphibiens. North American Amphibian Program. <http://www.mp1-pwrc.usgs.gov/amphibs.html>

Réseau canadien de conservation des amphibiens et des reptiles. <http://www.eqb-dqe.cciw.ca/herptox>

[http://www.nhbs.com/xbscripts/..](http://www.nhbs.com/xbscripts/)

<b>Liste des Annexes</b>
--------------------------

**Annexe I :** Optimum d'observation des amphibiens (d'après BAUMGART G)

**Annexe II :** Tableau Classement des CCTP

**Annexe III :** Séquence de décision pour une méthode d'estimation de l'abondance (modifié par (CAUGHLEY, 1997)

## Annexe I :

### Optimum d'observation des amphibiens (d'après BAUMGART G)

<i>Urodèles</i>		Activités journalières	Optimum d'observation								
<b>Salamandridés</b>			Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct
Euproctus asper											
Salamandra salamandra		N									
Triturus alpestris											
Triturus cristatus		D (A), N (T)									
Triturus helveticus											
Triturus marmoratus		N									
Triturus vulgaris											
<b>Anoures</b>											
<b>Discoglossidés</b>											
Alytes obstetricans		N (crépusculaire)									
Bombina variegata		D (crépusculaire)									
<b>Pelobatidés</b>											
Pelobates cultripes		N									
Pelobates fuscus		N									
Pelodytes punctatus		N									
<b>Bufonidés</b>											
Bufo bufo		N (crépusculaire)									
Bufo calamita		N									
Bufo viridis		N									
<b>Hylidés</b>											
Hyla arborea		N (crépusculaire)									
Hyla meridionalis		N (crépusculaire)									
<b>Ranidés</b>											
Rana arvalis		N (crépusculaire)									
Rana dalmatina		N									
Rana temporaria		N									
Rana esculenta		D et N									
Rana lessonae		D et N									
Rana perezi											
Rana ribunda		D et N									

## Annexe II :

Tableau Classement des CCTP

Intitulé du C.C.T.P.	Maître d'ouvrage	Investissement dans inventaire batrachologique ou associé
Suivi des annexes fluviales restaurées sur la Loire et la Vienne	Equipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature	Détails du <b>principe et but de l'échantillonnage</b> (Détection visuelle, auditive, pêche) + Détails de la <b>méthodologie</b> (Calendrier et modalités d'intervention; Données à recueillir; Saisie et analyse des données)
Etude de la déviation de Mignaloux Beauvoir RN147-APSI	Etat - Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer	<b>Inventaire faunistique</b> sur un cycle biologique - Détails de la <b>méthodologie</b> (Recueil, Traitement et analyse des données existantes et des données de terrain)
TGV Atlantique - Etude du MNHN Paris (1985)	Muséum National d'Histoire Naturelle	Etude portée sur les sites de reproduction et les corridors biologiques des amphibiens (Pêche et relevés diurnes complétés par des observations et des points d'écoute)
Etude d'incidence du doublement du pont du Cadre Noir sur le site Natura 2000	Etat - Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer	Réalisation d'un état initial des espèces et habitats recensés au titre de Natura 2000 - Mise en place d'un phasage
Plan de gestion du site du Louroux	Conseil Général Indre et Loire	Inventaire écologique par observation directe (non identification des pontes et/ou larves et non reconnaissance des chants)
Marché d'étude Natura 2000	Marché public de service	Réalisation d'un inventaire sommaire des habitats remarquables et des batraciens (Sauf si soumis à Natura 2000) - Aucune précision ni sur la méthode, ni sur le phasage des opérations
Réalisation de documents d'objectifs	Marché public de service	Caractérisation et cartographie des habitats d'espèces appartenant à l'annexe II de la Directive Habitat - Cartographie des individus constatés, des indices de présence, des lieux de repos ou d'hibernation, etc.
Etude préalable à la restauration des cours du bassin de la Bonnee	Département du Loiret	Le travail sur les batraciens n'est pas spécifié mais il y a obligation de prendre en compte les annexes hydrauliques, les zones humides, les mares, les fossés, etc..
RN 20 Réaménagement de carrefours	Etat - Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer	Pas de prospections spécifique aux batraciens Travail sur le risque de destruction de milieux abritant des espèces rares ou menacées, des sites de reproduction et des corridors biologiques



<b>Intitulé du C.C.T.P.</b>	<b>Maître d'ouvrage</b>	<b>Investissement dans inventaire batrachologique ou associé</b>
Etude d'incidence - Loire à vélo	Communauté d'agglomération - Angers Loire Métropole	Analyse de l'état initial - Rien sur les batraciens
Programme 2005 de caractérisation et de suivi des masses d'eau de plan	Agence de l'eau Loire Bretagne	Suivi de la qualité écologique des masses d'eau - Inventaire batrachologique non spécifié
Etude écologique en phase travaux d'une déviation	Ministère de l'équipement, du transport et du logement	Analyse et recensement des espèces protégées dans le secteur - Aucune précision sur la faune aquatique

## Annexe III :

### Séquence de décisions pour choisir une méthode d'estimation de l'abondance (modifié par CAUGHLEY, 1977)

