

## Etude et propositions de modes de lutte contre le Xénope lisse *Xenopus laevis*



Jean-Marc THIRION<sup>(1)</sup>, Pierre GRILLET<sup>(2)</sup>, Florian DORÉ<sup>(1)</sup>,  
Guillaume Biton<sup>(3)</sup>, Guillaume Koch<sup>(4)</sup> et Nicolas COTREL<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> OBIOS – Objectifs BIOdiversitéS, <sup>(2)</sup> Nature Environnement Conseils, <sup>(3)</sup> Association Détours Dans l'Eau, <sup>(4)</sup> Communauté de Communes de l'Argentonnais, <sup>(5)</sup> Deux-Sèvres Nature Environnement



Avril 2009

## Résumé

Depuis la découverte du Xénope lisse dans les Deux-Sèvres, quelques études ont été menées afin de déterminer l'importance de la colonisation, les impacts sur la batrachofaune locale. Cette présente étude s'inscrit dans la suite afin d'informer et sensibiliser les acteurs de terrain ainsi que de tester des méthodes de lutte contre le Xénope. Elle a permis également de faire un état des lieux de la colonisation de l'espèce, de suivre son impact sur les Amphibiens autochtones mais également de définir la mise en place d'un programme de lutte à grande échelle.

### *Quelques infos sur le Front de colonisation*

L'évolution des densités de Xénopes lisses au cœur de la répartition montre une diminution dans les 12 mares échantillonnées en 2005 et 2009 au cœur de la répartition du Xénope. Suite à une expansion du Xénope au niveau du point d'introduction, nous assistons à une diminution des effectifs au cœur de la répartition contrairement à la situation mise en évidence aux marges où le Xénope continue la colonisation de nouveaux milieux. Cette diminution de Xénopes sur les mares échantillonnées en 2009 est le fait soit d'une évolution des densités au fil du temps (comme ca peut être le cas chez l'Ecrevisse de Louisiane par exemple), soit d'un effet des piégeages réalisés en 2005 durant lesquelles les individus capturés ont été tués.

Les méthodes de lutte mécanique à l'aide de nasses sont relativement efficaces et permettent d'éliminer la quasi-totalité voire l'ensemble des individus présents dans une mare en quelques jours. En revanche l'utilisation d'épuisettes et de sennes ne donne pas de bons résultats. L'utilisation de Roténone permet également d'éliminer les individus mais peut poser des problèmes de réalisation *in situ* du fait de la nécessité de clore les pièces d'eau et de la présence éventuelle d'Amphibiens autochtones dans l'eau toute l'année.

La situation de la batrachofaune locale est très préoccupante au cœur de la répartition du Xénope. Malgré les baisses de densités de Xénopes sur ces secteurs, la richesse spécifique en Amphibiens autochtones diminue. Aux marges de la répartition du Xénope, on retrouve encore la Rainette arboricole, le Pélodyte ponctué, la Grenouille agile, le Triton palmé et le Triton marbré malgré un faible nombre de contacts.

### *Quelques infos sur l'information et la sensibilisation*

Nous préconisons la mise en place d'un programme de lutte à grande échelle. Ce programme repose sur une lutte mécanique à l'aide de nasses sur l'ensemble des points d'eau avec Xénope. Une attention particulière sera apportée aux marges de la répartition afin de freiner la colonisation puis au cœur de la répartition afin d'éliminer totalement les populations de Xénopes. Des pêches à la senne pourront également être réalisées dans les milieux aux configurations favorables où des têtards auront été observés.

# Sommaire

Remerciements .....	3
<b>1. Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Le Xénope lisse <i>Xenopus laevis</i>.....</b>	<b>7</b>
2.1. Identification.....	8
2.2. Ecologie .....	9
2.3. Répartition .....	10
2.4. Historique des introductions dans le monde .....	10
2.5. Historique de l'introduction en France .....	11
2.6. Etudes réalisées en France .....	12
<b>3. Front de colonisation.....</b>	<b>13</b>
3.1. Méthodologie .....	14
3.2. Résultats.....	
3.3. Discussion.....	
<b>4. Evolution des densités de Xénopes.....</b>	
4.1. Méthodologie .....	
4.2. Résultats.....	
<b>5. Tests de méthode de lutte.....</b>	
5.1. Lutte mécanique.....	
5.1.1. Protocole .....	
5.1.2. Résultats.....	
5.1.3. Discussion .....	
5.2. Lutte chimique .....	
5.2.1. Protocole test à la roténone .....	
5.2.2. Protocole test à la chaux .....	
5.2.3. Synthèse .....	
5.2.4. Résultats test à la roténone.....	
5.2.5. Résultats test à la roténone.....	
<b>6. Evolution de la batrachofaune locale .....</b>	
6.1. Méthodologie .....	
6.2. Résultats.....	
6.3. Discussion.....	
<b>7. Information sensibilisation .....</b>	
<b>8. Perspectives.....</b>	
8.1. Suivi du front de colonisation.....	
8.1.1. Objectifs.....	
8.1.2. Protocole .....	
8.2. Programme d'éradication du Xénope .....	
8.2.1. Programme spécifique aux adultes .....	
8.2.2. Programme spécifique aux têtards.....	
<b>9. Conclusion.....</b>	
<b>Bibliographie.....</b>	

## Remerciements

Nous souhaitons remercier le Conseil Général des Deux-Sèvres pour le concours financier de cette étude et tout particulièrement Mr Jean-Paul Baron pour son soutien.

Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont accueillies sur le terrain et nous ont aidé dans la réalisation de cette étude. Nous pensons à Mr le Maire de Genneton ; Mr Thierry Gabard, agent municipal à Genneton ; Mr et Mme Loïc Rochard, exploitants agricole à Genneton.

Nos remerciements vont également aux personnes et organismes présents lors des journées de formation et de sensibilisation :

Un grand merci à toutes les personnes rencontrées sur le terrain pour leur aide et informations transmises : aux agriculteurs qui nous ont permis d'accéder et de mettre des nasses dans leurs mares, aux particuliers pour leur chaleureux accueil lors des campagnes de terrain et notamment Mr Bernard Gaudicheau.

# Introduction



Individu de Xénope lisse remontant à la surface de l'eau (photo : Florian Doré).

## 1. Introduction

L'aire de répartition du Xénope lisse *Xenopus laevis* couvre une grande partie de la moitié sud de l'Afrique, dans des zones de savane comprises entre la République d'Afrique du Sud, (au sud), et le Kenya, l'Ouganda, la République Démocratique du Congo et le Cameroun au nord (Anonyme, 2001). Il y occupe, généralement en densité importante, de nombreux types de pièces d'eau, des mares permanentes aux trous d'eau boueux (Beebee et Griffiths, 2000). Au moins cinq sous-espèces sont actuellement reconnues pour ce taxon (*laevis*, *petersii*, *victorianus*, *bunyoniensis*, *sudanensis*).

Le Xénope du Cap a été utilisé à grande échelle dans les années 50 comme "test de grossesse" et plus récemment comme animal de laboratoire notamment dans la recherche en biologie (Tinsley & Kobel, 1996). Ces utilisations sont probablement à l'origine de son introduction involontaire en Californie (Beebee et Griffiths, 2000), dans l'île de Wight vers 1962 où il n'aurait pas fait souche et au sud du Pays de Galle en 1979 où une population s'est établie (Tinsley & McCoid, 1996). Jusqu'au début des années 90, il existait une population dans une mare du sud-est de Londres qui a certainement disparue depuis, en raison de la prédation exercée par des poissons (Beebee et Griffiths, 2000).

En France, la première mention de l'espèce remonte à la découverte de quelques stations dans le nord des Deux-Sèvres par Bernard Canteau en 1998 (Fouquet, 2001). Un ancien centre d'élevage d'animaux pour le CNRS, situé à Bouillé-Saint-Paul dans l'Argentonnois, est à l'origine de son introduction involontaire courant des années 80. La période d'introduction a été confirmée après une enquête auprès des habitants du secteur et des proches du propriétaire du centre d'élevage.

Depuis la découverte de l'espèce dans le Nord des Deux-Sèvres, nous avons mené ces dernières années une série d'étude avec le soutien du conseil général des Deux-Sèvres et de l'agence de l'eau Loire-Bretagne pour les années 2003, 2004 et 2005. Une étude de la répartition de l'espèce a été conduite avec une pression globale de plus de 1200 nuits-pièges. Elle a permis de rendre compte de l'aire de répartition de cette espèce introduite. Au minimum, le territoire investi couvre une surface de 102 km<sup>2</sup> à 139 km<sup>2</sup>. Elle concerne 26 communes, dont 11 en Maine-et-Loire et 15 en Deux-Sèvres. La vitesse de progression varie de 0,5 à 1 km par an. Les deux facteurs facilitant son déplacement sont la forte densité des mares et les cours d'eau permanents. Ainsi les ruisseaux de l'étang de Juigny, de l'Argenton, du Thouet et du Layon sont autant de couloirs de diffusion. Un témoignage attesterait qu'il ait atteint la Loire. Les densités par mare peuvent dépasser plus de 70 individus sur de petites unités. En prenant en compte le réseau hydrographique, les gradients de densité des mares et étangs et sa vitesse de progression en 20 ans, le Xénope progresse selon un mode exponentiel. De 102 km<sup>2</sup> en 2005, il pourrait dépasser nettement les 250 km<sup>2</sup> en 2010.

Nous avons également démontré que sa progression s'accompagne d'un impact négatif sur les Amphibiens autochtones. Dans l'aire centrale de sa répartition, le nombre d'espèces d'Amphibiens dans les mares habitées par le Xénope est plus faible. Chez les Tritons crêté et marbré le nombre d'oeufs déposés chute dramatiquement dans les mares partagées avec le Xénope. Ainsi, cette espèce introduite occasionne une dépression à la fois qualitative et quantitative des populations d'Amphibiens.

Fort de ces constats, nous avons mis en place avec le soutien du conseil général des Deux-Sèvres un nouveau programme opérationnel de lutte contre le Xénope lisse de 2008 à

2009. Ce programme comprend une phase de préfiguration de la lutte contre le Xénope lisse. Pour cela en début de programme, il a été présenté un bilan des connaissances du Xénope lisse aux personnes ressources et les espèces d'Amphibien autochtone présent dans ce secteur du nord Deux-Sèvres. Dans un second temps, il a été testé dans un milieu confiné ex situ une lutte chimique avec comme objectif l'utilisation de produits peu rémanent dans le milieu naturel.

Dans une autre phase, nous avons testé les moyens de lutte physique comme la pêche à la nasse ou la pêche à la senne.

Nous avons actualisé les données de répartition par rapport au front de colonisation. L'évolution des tailles de population au cœur de sa répartition a fait l'objet d'une évaluation entre les années 2005 et 2009.

L'ensemble de ces nouveaux résultats a été présenté aux personnes ressources afin de réfléchir ensemble à une programmation de la lutte. Cela a abouti à un protocole opérationnel d'intervention qui identifie précisément les zones de capture, les types de piégeage, les fréquences et les coûts.

# **Le Xénope lisse**

## *Xenopus laevis*



Têtard de Xénope lisse caractéristique avec la présence de barbillons (photo : Florian Doré).

## 2. Le Xénope lisse *Xenopus laevis*

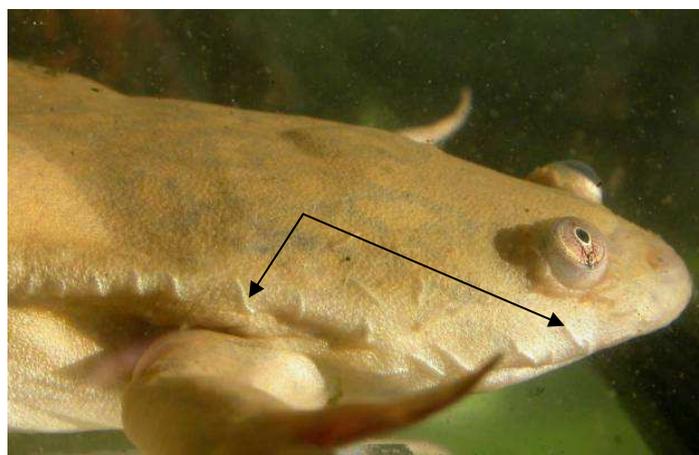
### 2.1. Identification

Le Xénope lisse *Xenopus laevis* (Fig. 1), est un Amphibien qui appartient à la famille exotique des Pipidés : il n'a pas de langue et son mode de vie se rapproche de celui des poissons. En effet, le Xénope demeure presque en permanence sous l'eau. De temps en temps il fait une furtive apparition à la surface pour y prendre de l'air. Son chant est un grésillement discret. De ce fait, il passe inaperçu. Parfois des pêcheurs à la ligne ont la surprise de le sortir de l'eau, accroché à l'hameçon. Le mot *Xenopus* dérive du grec ξένος, étrange et πους, le *pēs* latin, signifiant le pied. En effet, cet amphibien a des pieds étranges : il porte des griffes sur les trois premiers doigts (Fig. 1).



**Fig. 1** : individu de Xénope lisse (photo : Olivier Grosselet) et griffes au niveau des pattes arrières.

Ce caractère est unique du genre. Par ailleurs *laevis* (cf. *lēvis*) souligne qu'il est lisse et glissant. De plus il dispose d'organes sensoriels sur les côtés, les lèvres et à la jointure des membres postérieurs (Fig. 2). Ce sont de petites barres blanches ressemblant à des coutures maladroites.



**Fig. 2** : lignes latérales sur le Xénope (photo : Olivier Grosselet).

Enfin, comme il vit sur le fond, ses yeux sont situés sur le dessus de la tête et non sur le côté. Les têtards (Fig. 3) sont également aisément reconnaissables : ils se déplacent en groupes importants et se reposent en position inclinée, la tête vers le fond.



**Fig. 3** : têtards de Xénope avec barbillons et le plus souvent en « bancs sérés » (photo : Pierre Grillet).

## 2.2. Ecologie

En Afrique, on trouve le genre *Xenopus* dans différentes zones humides comme les rivières, les ruisseaux, les lacs, les barrages, les marais, les carrières, les fossés, les puits et même les bassins d'élevage aquacole (Tinsley et Kobel, 1996). Cette espèce à lare valence écologique a un potentiel reproducteur exceptionnel avec des pontes pouvant atteindre plusieurs centaines d'œufs. Les études les plus poussées ont été réalisées en Californie où McCoid et Fritts ont trouvé que le Xénope lisse atteint sa maturité à six mois après la métamorphose et qu'il est capable de se reproduire durant une large période de l'année (Measey, 1998b). Le déclenchement de la période de ponte est une combinaison de facteurs associant la température de l'eau (approximativement de 20°C) et la pluviométrie (Tinsley et McCoid, 1996). Le succès de la reproduction est du entre autres à la disponibilité en phytoplancton entre les mois d'avril et d'août. Cette espèce passe la majeure partie de son temps dans l'eau. Elle peut néanmoins effectuer des déplacements terrestres de plusieurs centaines de mètres. Ainsi, Measey (1998a) mentionne un individu s'étant déplacé de 200 m en 48h en traversant une rivière, un bois dense, une route et une carrière. Ils ont une capacité surprenante à coloniser de nouvelles mares (Beebee et Griffiths, 2000. D'après Tinsley et McCoid (1996), il existe des mares que l'on pourrait qualifier d'habitat permanent et d'autres d'habitats de reproduction, le déplacement entre ces deux sites étant une migration qui se déroule souvent en milieu terrestre. Lors des périodes sèches, dans son aire d'origine, l'espèce se cantonne à certaines mares et lors des pluies torrentielles, elle émigre vers d'autres zones humides. Ce comportement est un avantage considérable pour la colonisation de nouveaux habitats (Tinsley et Kobel, 1996).

### 2.3. Répartition géographique du Xénope lisse

Originaire d'Afrique (Fig. 4), l'aire de répartition du Xénope lisse s'étend de la zone du Cap aux plateaux du Cameroun et du Nigeria. A l'est, il occupe la Rift Valley et sa limite nord de répartition est au Soudan.

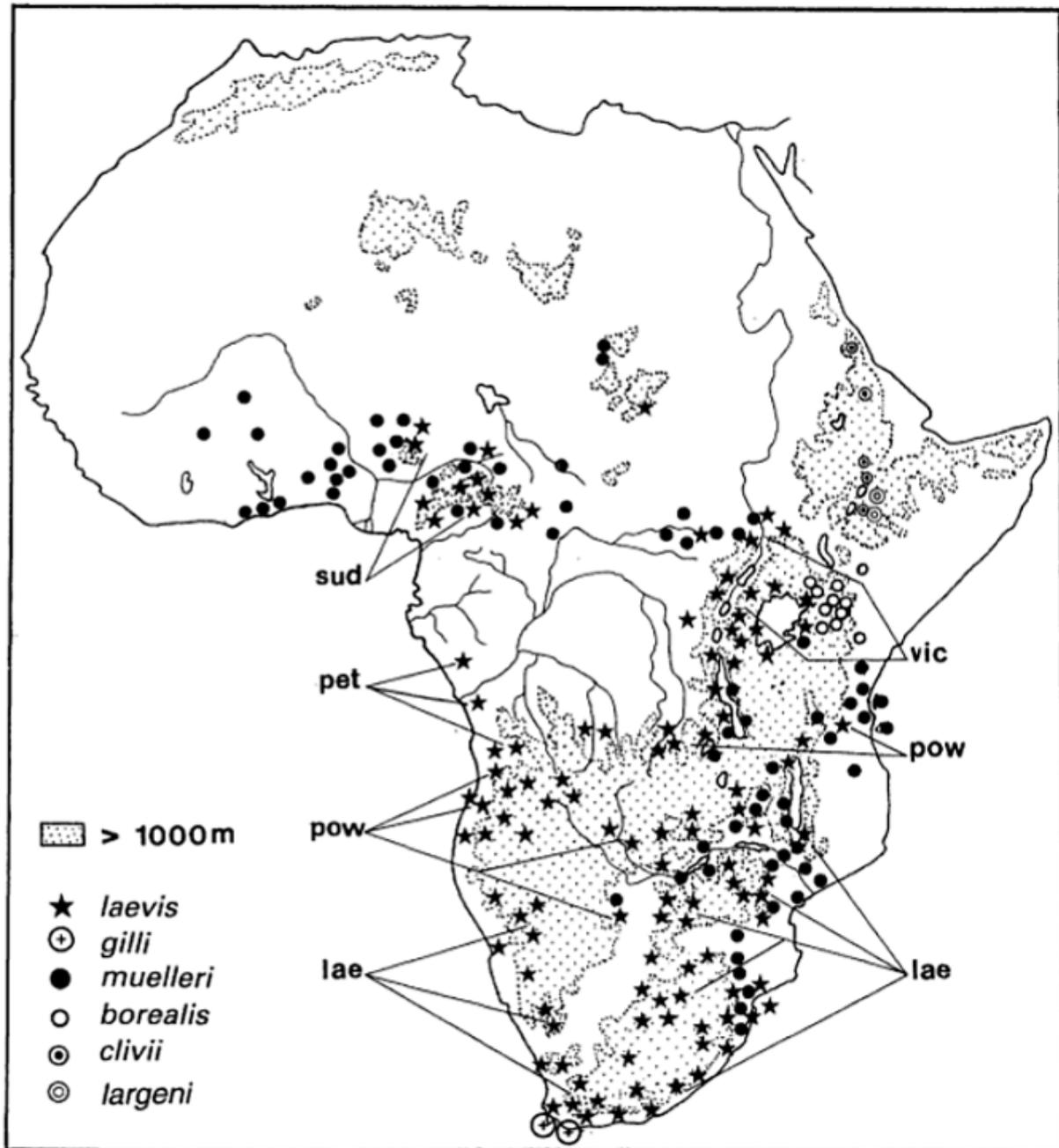


Fig. 4 : aire d'origine des différentes espèces du genre *Xenopus* en Afrique.

### 2.4. Historique des introductions dans le monde

Le Xénope lisse a été utilisé à grande échelle dans les années 1950 pour opérer des tests de grossesse et, plus récemment, comme animal de laboratoire notamment dans la recherche en biologie du développement (Tinsley et Kobel, 1996). Ces utilisations sont

probablement à l'origine de son introduction involontaire en Californie (Beebee et Griffiths, 2000), dans l'île de Wight vers 1962 où il n'aurait pas fait souche et au sud du Pays de Galles en 1979 où une population s'est établie (Tinsley et McCoid, 1996, Measey, 1998b) (Fig. 5). Jusqu'au début des années 1990, il existait une population dans une mare du sud-est de Londres qui a certainement disparu depuis, en raison de la prédation exercée par des poissons (Beebee et Griffiths, 2000). L'espèce a également été introduite à Java.

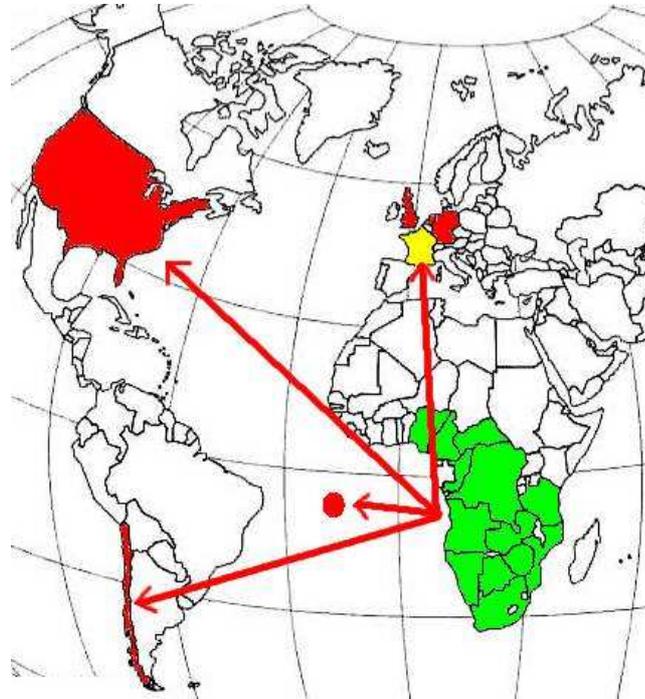


Fig. 5 : Introductions du Xénope lisse dans le monde.

## 2.5. Historique de l'introduction en France

En France (Fig. 6), la première mention de la présence de Xénope remonte à la découverte en 1998 de quelques stations dans le nord des Deux-Sèvres par Bernard Canteau (Fouquet, 2001). Un ancien centre d'élevage d'animaux destinés aux laboratoires, situé à Bouillé-Saint-Paul dans l'Argentonnois, serait à l'origine de leur introduction involontaire (Claude Nottebaert, com. pers., 2001).

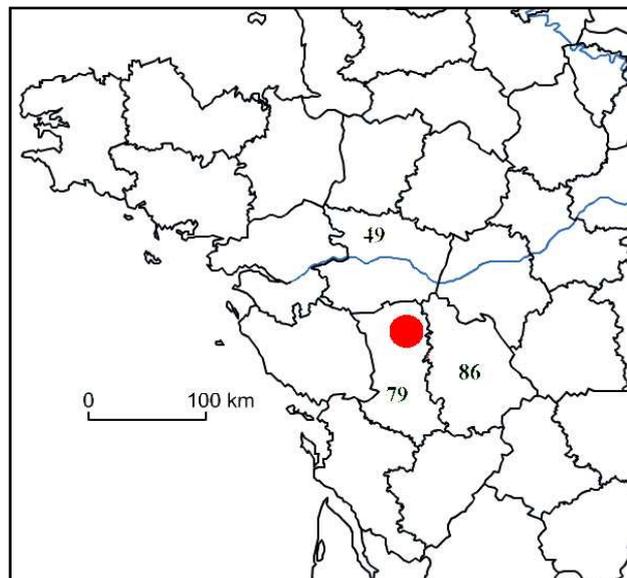


Fig. 6 : secteur d'introduction du Xénope en France (rouge).

## **2.6. Etudes réalisées en France**

L'introduction d'espèces allochtones figure parmi les facteurs importants identifiés comme étant responsables de l'actuelle érosion de la biodiversité, après la destruction et le morcellement des habitats. Face au constat, et grâce au soutien du Conseil Général des Deux-Sèvres et de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, nous avons réalisé un premier travail de 2003 à 2005 afin d'une part, de vérifier la vitesse de progression de cette nouvelle espèce et d'autre part, de vérifier son éventuel impact sur les espèces autochtones.

### **- Principales conclusions des études réalisées de 2003 à 2005**

**Le travail que nous avons mené nous a permis de répondre à deux questions importantes** (Grosselet et al, 2005) :

#### **- Quelle répartition et quelle vitesse de progression ?**

Avant le début de notre étude en 2003, la surface couverte par le xénope était évaluée à environ 60 km<sup>2</sup> pour 81 sites connus et occupés par cette espèce dans le nord des Deux-Sèvres, avec quelques mentions dans le sud du Maine et Loire. Fin 2005, la surface couverte par le Xénope est évaluée à 127 km<sup>2</sup> pour 160 sites occupés et concerne le territoire de 26 communes dont 11 en Maine et Loire et 15 en Deux-Sèvres. Des mentions font également état de la présence de l'espèce sur la Loire au niveau de la confluence avec le Thouet. La vitesse de progression de l'espèce de l'ordre de 0,5 km par an en milieu bocager et 1 km par an dans le réseau hydrographique. En se basant sur cette vitesse de progression probablement sous-estimée, et sur la densité des réseaux hydrographiques, on peut estimer qu'en 2020, la surface couverte par le Xénope sera multipliée par 5 par rapport à celle connue en 2005 !

#### **- Quel est l'impact du Xénope sur les espèces autochtones ?**

Bien que cette espèce ait fait l'objet de nombreuses introductions, son impact sur les autres espèces reste peu connu, à l'exception de la Californie où celui-ci semble bien réel. Il était donc important de vérifier cet aspect, notamment au travers des impacts possibles sur les autres espèces d'Amphibiens. Nous avons choisi un ensemble de mares localisées sur des territoires non encore colonisés par le Xénope, et un ensemble de mares localisé au cœur du foyer d'introduction. Ces mares présentent, a priori, les mêmes conditions d'accueil pour les Amphibiens et plus particulièrement les gros tritons (triton marbré et triton crêté) au regard de leur environnement proche, de la nature de la végétation présente et de leur profondeur et en prenant en compte l'absence ou la présence de poissons. Plusieurs comparaisons ont ainsi été réalisées sur la richesse spécifique, la diversité spécifique, l'analyse biométrique au sein de deux populations de triton crêté et la comparaison du nombre de supports abritant des œufs de gros tritons. Dans tous les cas, nous constatons des différences significatives entre les mares non colonisées et celles abritant depuis plusieurs années des Xénopes : ainsi, le pourcentage de supports abritant des œufs de gros tritons dans les mares sans Xénope est de 56% alors qu'il descend à 9% dans les mares colonisées. La richesse spécifique moyenne passe de 3,2 dans les mares sans Xénope à 1,8 dans les mares occupées, la diversité spécifique passe de 2,2 espèces à 0,7 espèce. Ainsi, il semble bien que la présence du Xénope au moins au niveau des mares les plus anciennement colonisées se traduit par une érosion de la biodiversité et menace particulièrement les Amphibiens autochtones.

# Front de colonisation



La dynamique démographique du Xénope est telle que les prédateurs locaux potentiels comme la Couleuvre vipérine ne peuvent freiner la colonisation (photo : Florian Doré).



# Evolution des densités de Xénopes



Nasses appâtées disposées au fond de l'eau afin de capturer les Xénopes  
(photo : Florian Doré)

## 4. Evolution des densités de Xénopes

### 4.1. Méthodologie

Caractéristique de la population du Xénope lisse

En 2005, nous avons échantillonné 12 mares dans le secteur de Bouillé-Saint-Paul. Pour cela, nous avons placé une nasse par mare. Chaque nasse a été relevée toutes les six heures pendant 42 heures. Ces 12 mares ont été de nouveau échantillonnées en 2009. L'objectif de ce travail est de comparer les densités estimées de Xénopes en 2005 puis en 2009.

#### 4.1.1. Taille des captures par mare

Le nombre total de Xénopes capturés pendant 42 h a été relevé pour chaque mare pour les années 2005 et 2009. La comparaison du nombre total de Xénopes capturés dans chaque mare a été réalisée pour les deux années à l'aide d'un test non paramétrique sur les rangs pour des échantillons appariés, le test de Wilcoxon (W).

Du fait du nombre élevé de mares, nous pouvons transformer W en la statistique de test  $Z_w$  :

$$Z_w = W/\sqrt{[n(n+1)(2n+1)]/6}$$

#### 4.1.2. Densité

Nous avons estimé la taille de la population par diminution des captures en fonction de la pression de piégeage. Pour appliquer cette méthode, nous avons respecté les différentes conditions énoncées par Krebs (1999) :

- La population doit être fermée géographiquement et démographiquement. Beebee (1979) estime correct un intervalle de deux jours, pour négliger les effets de la prédation et de vagabondage.
- Par piège, chaque individu a la même probabilité de capture et ceux tout au long du suivi.
- Pour chaque échantillon, tous les individus de la population doivent avoir la même probabilité de capture.

La diminution des captures en fonction de la pression de piégeage est directement proportionnelle à la population existante. Leslie et Davis (1939) l'ont montré. En effet, la population décline en fonction du temps de capture suivant une régression linéaire, avec :

Axe des x = Capture/heure

Axe des y = Capture cumulée

Le graphe est facile à comprendre parce que la droite de régression coupe l'axe des x ( $y = 0$ ) et donne la taille initiale de la population (N). La pente de la droite est une estimation de la probabilité de capture des individus ou la probabilité qu'un individu donné pourra être

capturé avec une unité de pression de capture. D'une manière plus précise, nous pouvons calculer les paramètres de la manière suivante :

$$\text{Probabilité de capture} = C = \frac{-\sum (Y_i (K_i - K))}{\sum (K_i - K)^2}$$

$$\text{Taille de la population} = N = K + (Y / C)$$

où,  $Y_i$  = Capture par pression de piégeage =  $c_i / f_i$   
 $K$  = valeur moyenne des  $K_i$   
 $s$  = nombre d'échantillon

Avec,

$c_i$  = nombre d'individus capturés et enlevés au moment  $i$   
 $K_i$  = captures cumulées  
 $f_i$  = pression de piégeage consacrée au temps  $i$   
 $F_i$  = pression de piégeage cumulée

La variance de la population est :

$$\text{Variance (N)} = (s_{xy}^2 / C^2) [(1 / s) + ((N - K)^2 / (\sum (K_i - K)^2))]$$

où,  $s_{xy}^2 = \sum [Y_i - C(N - K_i)]^2 / (s - 2)$

L'erreur-standard de  $N = \sqrt{\text{variance de N}}$  et l'intervalle de confiance à 95 % =  $N \pm 1,96$  [S.E.(N)]

Les calculs ont été effectués à l'aide du programme "Programs for Ecological Methodology" (Krebs, 2000) (Fig. X).

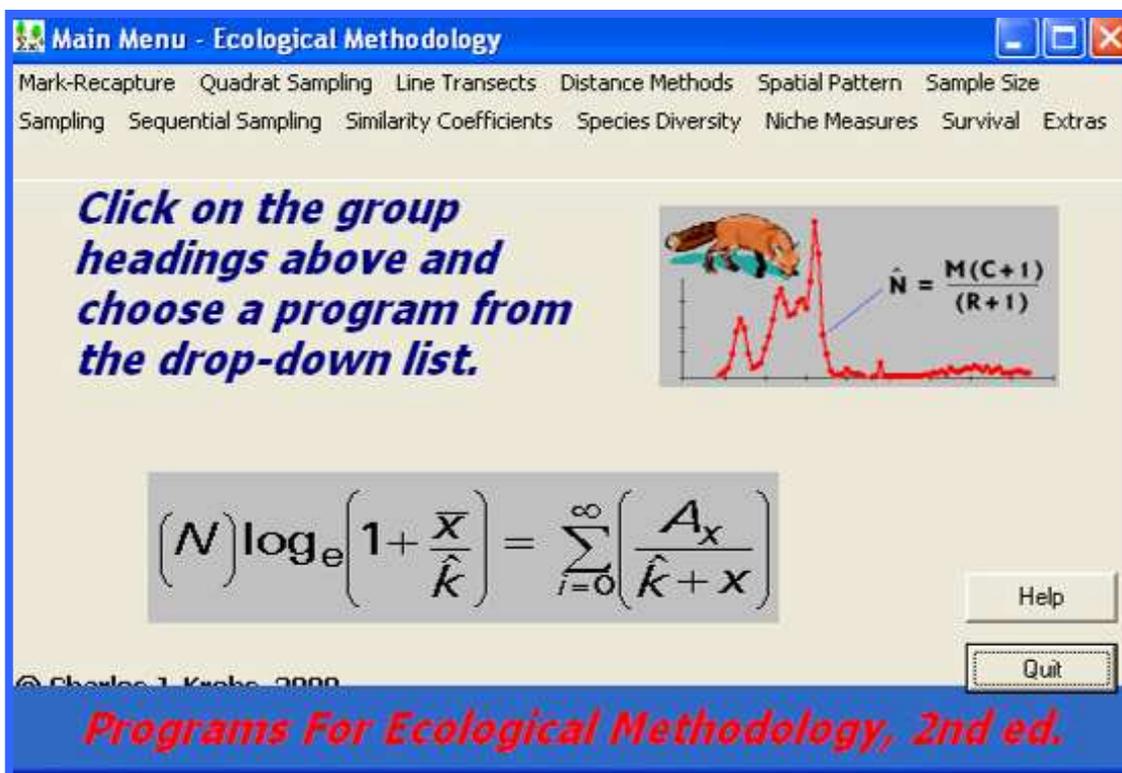
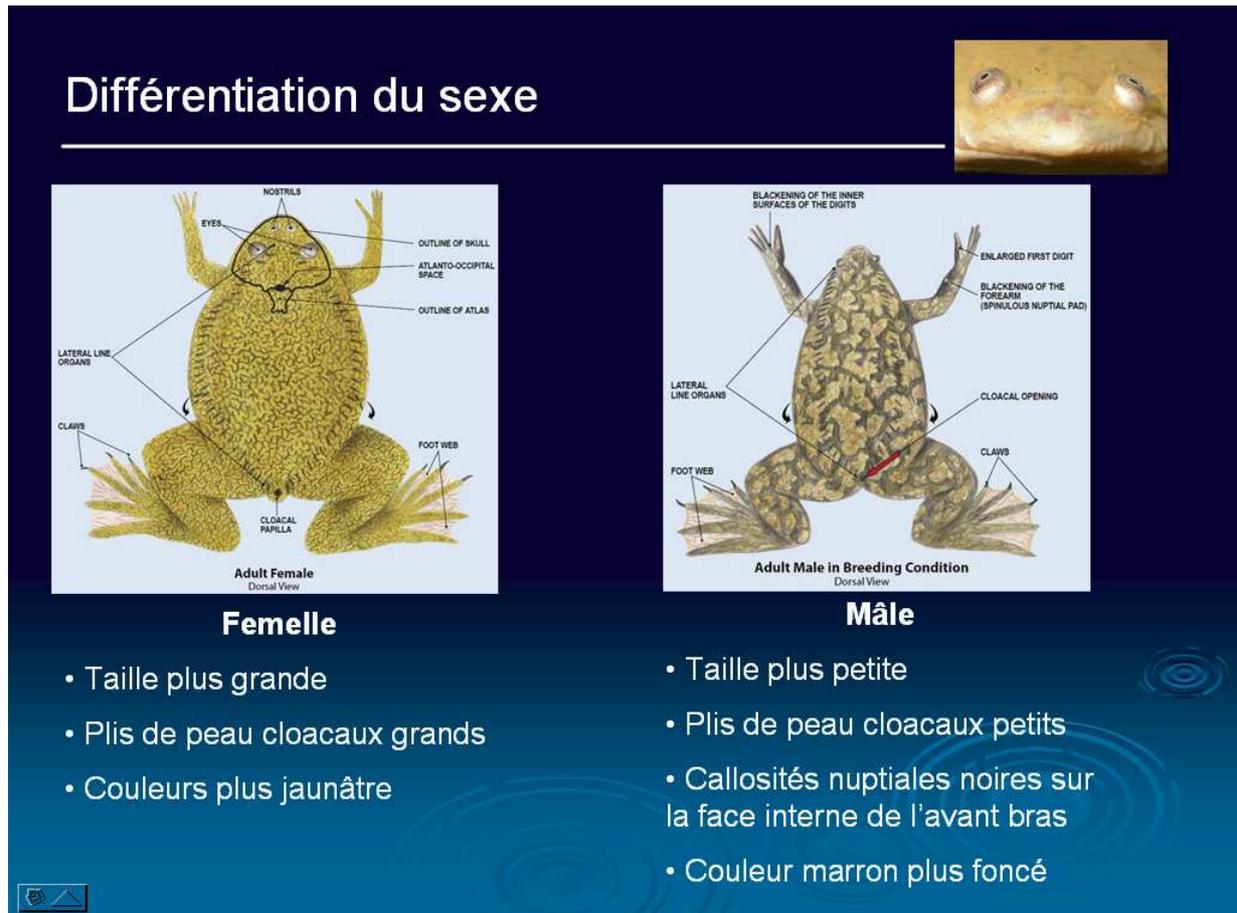


Fig. X : Fenêtre d'accueil du programme Ecological Methodology

### 4.1.3. Sex-ratio

La sex ratio mesurée est celle des adultes, observés durant le programme de capture. Le Xénope lisse est caractérisé par un dimorphisme sexuel (Fig. X). Les femelles sont plus grosses que les mâles et celle-ci ont un cloaque renflé. Le calcul de la sex-ratio est réalisé avec les formules suivantes : pourcentage de femelles = (nombre de femelles / (nombre de mâles + nombre de femelles)) \* 100 et pourcentage de mâles = (nombre de mâles / (nombre de mâles + nombre de femelles)) \* 100.



**Fig. X** : Différentiation du sexe chez le Xénope lisse

Pour éprouver l'indépendance de deux variables à partir d'un tableau de contingence à  $L$  lignes et  $C$  colonnes, un test du Khi-deux a été effectué :

$$\chi^2 = \sum (\text{nombre d'individus observés dans une cellule} - \text{calculés})^2 / \text{nombre d'individus calculés dans cette cellule}$$

pour le nombre de degré de liberté : d.d.l. =  $(L-1)(C-1)$



Le nombre total de Xénopes capturés par mare en 2005 et 2009 est présenté dans le tableau suivant.

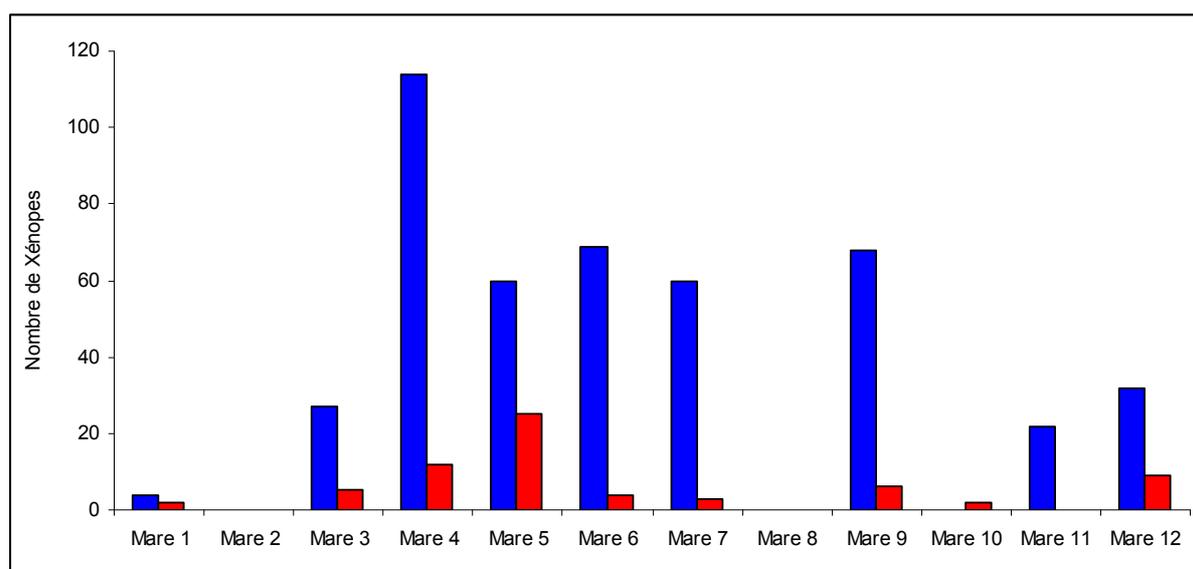
**Tableau X** : Nombre total de Xénopes capturés dans chaque mare pour les années 2005 et 2009 sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul

	2005	2009
<b>Mare 1</b>	4	2
<b>Mare 2</b>	0	0
<b>Mare 3</b>	27	5
<b>Mare 4</b>	114	12
<b>Mare 5</b>	60	25
<b>Mare 6</b>	69	4
<b>Mare 7</b>	60	3
<b>Mare 8</b>	0	0
<b>Mare 9</b>	68	6
<b>Mare 10</b>	0	2
<b>Mare 11</b>	22	0
<b>Mare 12</b>	32	9

La moyenne des captures pour 42 heures est de 38 individus par nasse en 2005 et de 6 individus par nasse en 2009. Après retrait des 3 mares sans Xénope, la moyenne des captures pour 42 heures est de 51 Xénopes par nasse en 2005 et de 8 Xénopes par nasse en 2009.

Pour chaque mare, le nombre total de Xénopes capturés pendant 42 h est plus faible en 2009 qu'en 2005 ( $Z_w = 2,65$  ;  $p < 0,05$ ).

Cette baisse du nombre de Xénopes capturés est très marquée (**Fig. X**).



**Fig. X** : Nombre total de Xénopes lisses capturés par mare pour les années 2005 (en bleu) et 2009 (en rouge) sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul.

#### 4.2.2. Densité

L'estimation de la taille de la population par diminution des captures de Xénopes lisses en fonction de la pression de piégeage est présentée dans les tableaux suivant (Tableau X et X).

**Tableau X** : Estimation de la taille de la population par diminution des captures de Xénopes en fonction de la pression de piégeage sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul en 2005 : x = non estimé

	Probabilité de capture	Taille $N_{t1}$	Erreur standard	Intervalle de confiance inférieure	Intervalle de confiance supérieure
Mare 1	0,0659	3,9	0,8613	2,21	5,59
Mare 2	0	0	0	0	0
Mare 3	0,0978	24,57	1,787	21,07	28,08
Mare 4	0,1302	58,69	0,7292	57,26	60,12
Mare 5	0,127	59,54	0,6727	58,22	60,86
Mare 6	0,1447	69,23	0,2295	68,78	69,68
Mare 7	x	80	x	x	x
Mare 8	0	0	0	0	0
Mare 9	0,1203	64,88	1,1878	62,56	67,21
Mare 10	0	0	0	0	0
Mare 11	0,155	9,56	0,2399	9,09	10,03
Mare 12	x	36	x	x	x

**Tableau X** : Estimation de la taille de la population par diminution des captures de Xénopes en fonction de la pression de piégeage sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul en 2009 : x = non estimé

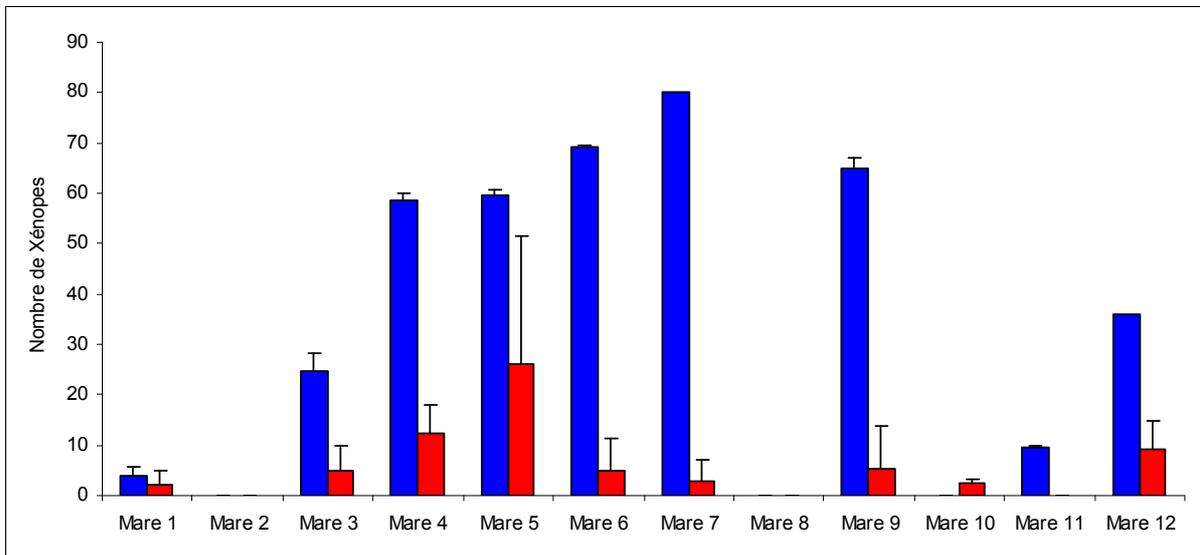
	Probabilité de capture	Taille $N_{t1}$	Erreur standard	Intervalle de confiance inférieure	Intervalle de confiance supérieure
Mare 1	0,24022	2,24	1,4242	0	5,03
Mare 2	x	0	x	x	x
Mare 3	0,30627	4,81	2,59	0	9,88
Mare 4	0,16101	12,35	2,94	6,57	18,13
Mare 5	0,27938	26,11	12,976	0,67	51,54
Mare 6	0,22147	4,78	3,29	0	11,24
Mare 7	0,28032	2,72	2,2899	0	7,21
Mare 8	x	0	x	x	x
Mare 9	0,28716	5,32	4,3867	0	13,91
Mare 10	0,71788	2,48	0,305	1,89	3,08
Mare 11	x	0	x	x	x
Mare 12	0,43429	9,28	2,7535	3,88	14,68

Sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul, la probabilité de capture moyenne des individus est de 0,12 (écart-type = 0,03) en 2005 et de 0,31 (écart-type = 0,16) en 2009.

Pour chaque mare, le nombre total de Xénopes estimé au temps 1 ( $N_{t1}$ ) est significativement plus faible en 2009 qu'en 2005 ( $Z_w = 2,59$  ;  $p < 0,05$ ) (Cf, Fig. x).

Ainsi, le nombre moyen de Xénopes estimé au temps 1 ( $N_{t1}$ ) est de 33,86 en 2005 et seulement de 5,84 en 2009.

Lors de la comparaison des effectifs estimés de chaque mare entre les années 2005 et 2009, les intervalles de confiances ne se chevauchent quasiment pas permettant d'affirmer qu'il y a bien une baisse significative de Xénopes lisses (Fig. X).

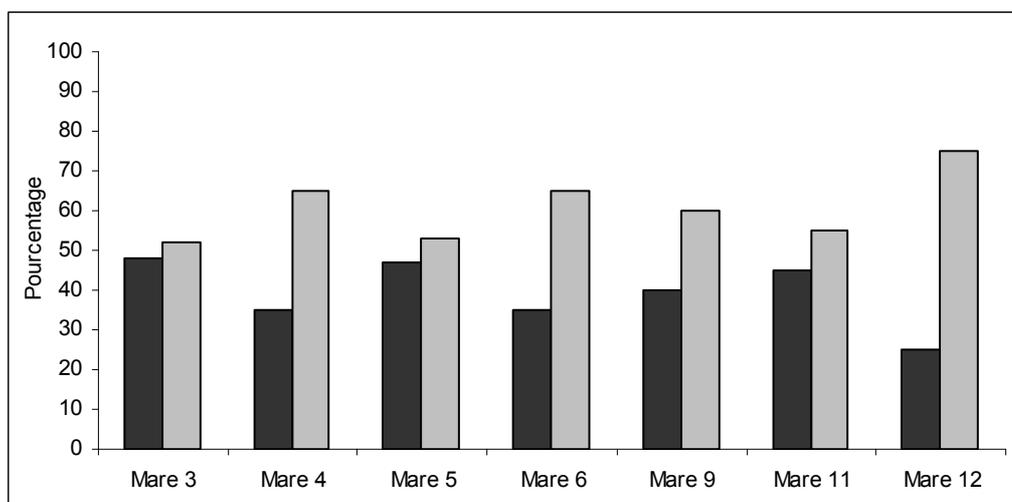


**Fig. X** : Nombre estimé de Xénopes lisses au temps 1 ( $N_{t1}$ ) suite aux captures par nasse dans un réseau de 12 mares suivi-en 2005 (diagramme en bâton bleu) et en 2009 (diagramme en bâton rouge), moustache = intervalle de confiance.

#### 4.2.3. Sex-ratio

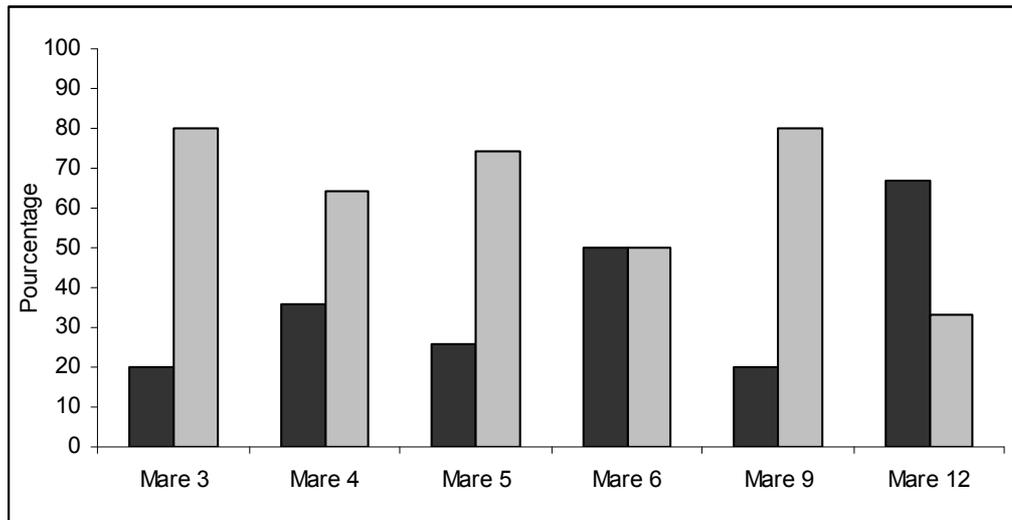
Les populations de Xénopes lisses présentent une sex-ratio significativement différente entre les mares pour l'année 2005 ( $\chi^2 = 15,6$  ; ddl = 5 ;  $p < 0,05$ ) comme pour l'année 2009 ( $\chi^2 = 75,69$  ; ddl = 5 ;  $p < 0,05$ ).

Pour l'ensemble des mares suivies, la sex-ratio en 2005 est en faveur des femelles (Fig. X).



**Fig. X** : Sex-ratio des populations de Xénopes lisses en fonction des mares (Mâle en gris foncé et femelle en gris clair) en 2005.

En 2009, la sex-ratio est également en faveur des femelles sauf pour la mare 12 où elle est inversée. Cette même année, la mare 6 a une sex-ratio équilibrée (Fig. X).



**Fig. X** : Sex-ratio des populations de Xénopes lisses en fonction des mares (Mâle en gris foncé et femelle en gris clair) en 2009.

Le pourcentage de mâles des mares suivies est significativement différent en fonction des années ( $\chi^2 = 45,53$  ; ddl = 5 ;  $p < 0,05$ ).

# Tests de méthode de lutte



Containeurs utilisés pour les tests de méthode de lutte chimique (photo : Florian Doré).

## 5. Tests de méthode de lutte

### 5.1. Lutte mécanique

#### 5.1.1. Protocole

La connaissance sur les efforts de piégeage nécessaires afin d'éliminer une population ou un noyau de population est primordiale afin de définir des programmes luttés à grande échelle. Nous avons testé des piégeages standardisés à l'aide de nasses sur quatre points d'eau, avec présence du Xénope lisse, situés sur les communes de Cersay et du Breuil sous Argenton.

Les piégeages ont eu lieu au niveau de deux grands bassins situés à proximité du karting d'Argenton les Vallées, du bassin incendie situé derrière les gradins du karting ainsi qu'une mare située dans le village de la Guillotière, 2 km à l'ouest du bourg de Cersay (Fig. X). Les surfaces en eau sont respectivement de 150 m<sup>2</sup> pour la mare de la Guillotière, de 1000 m<sup>2</sup> pour chacun des deux grands bassins et 100 m<sup>2</sup> pour le bassin incendie.

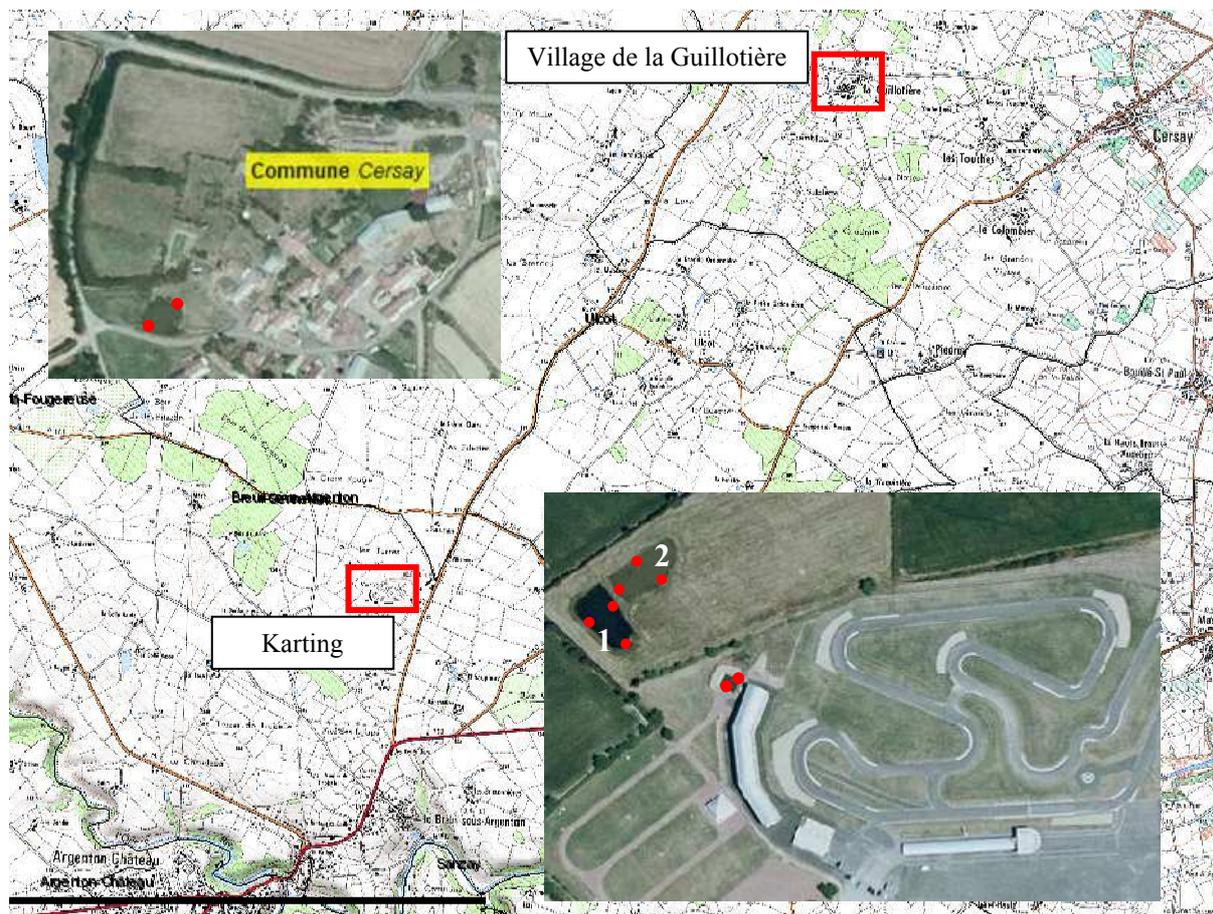


Fig. X : Localisation des lieux de piégeages et des nasses (points rouge).

Les bassins situés près du karting ont été équipés de 3 nasses chacun contre 2 pour la mare de la Guillotière et 2 également pour le bassin incendie. Chaque nasse a été relevée une fois tous les matins du lundi 23 mars au vendredi 3 avril, soit entre 7 et 12 piégeages par unité. Le nombre d'individus de Xénope ont été comptabilisé pour chacun des sites suivis. Le principe repose sur la déplétion. C'est-à-dire que les individus capturés ne sont pas relâchés

mais tués sur place. Après chaque piégeage, les nasses sont remises à l'eau vide. Les estimations d'individus par points d'eau ont été calculées à l'aide d'un modèle d'effort de capture par déplétion à l'aide du programme "Programs for Ecological Methodology" (Krebs, 2000) (Fig. X). Des tests de piégeages avec une senne et époussette ont également été réalisés.

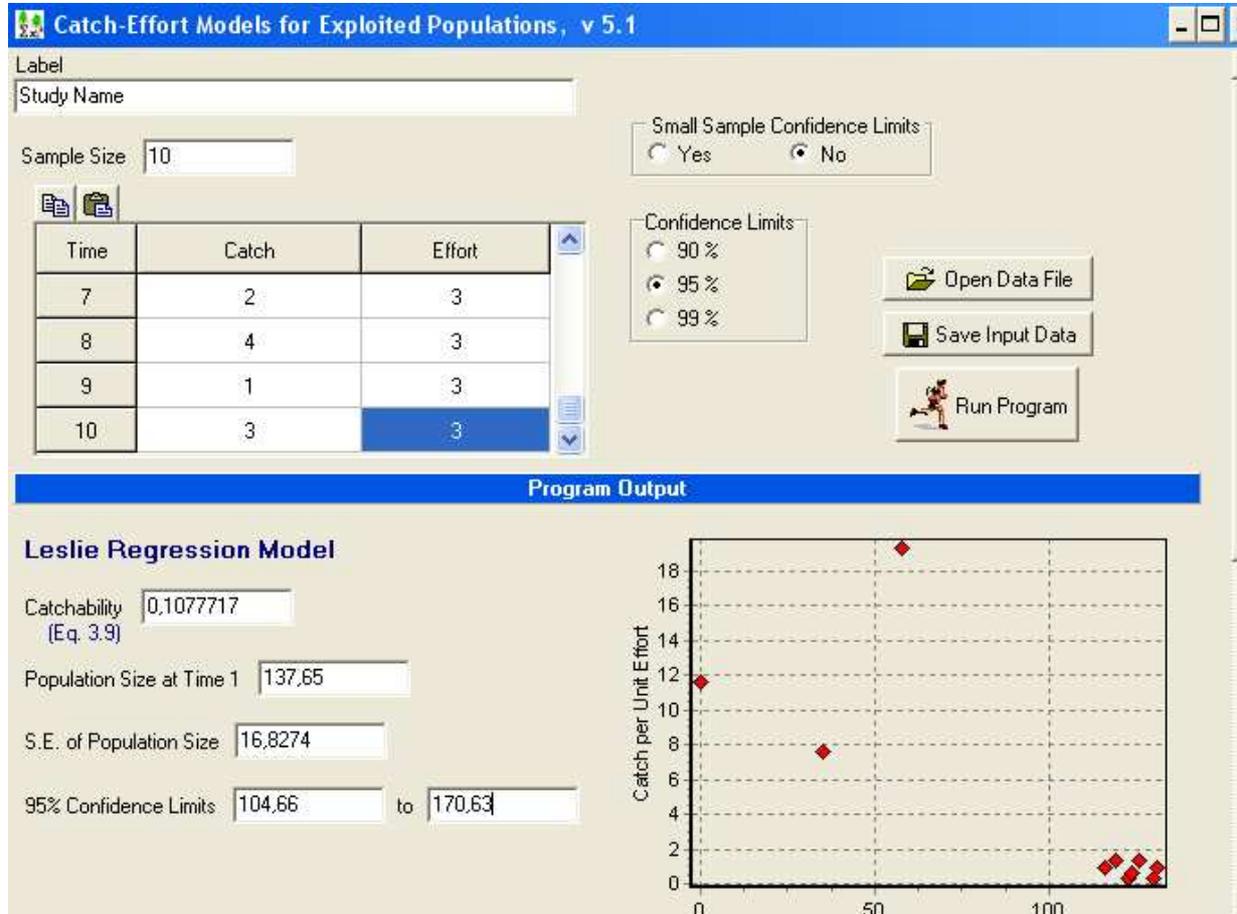
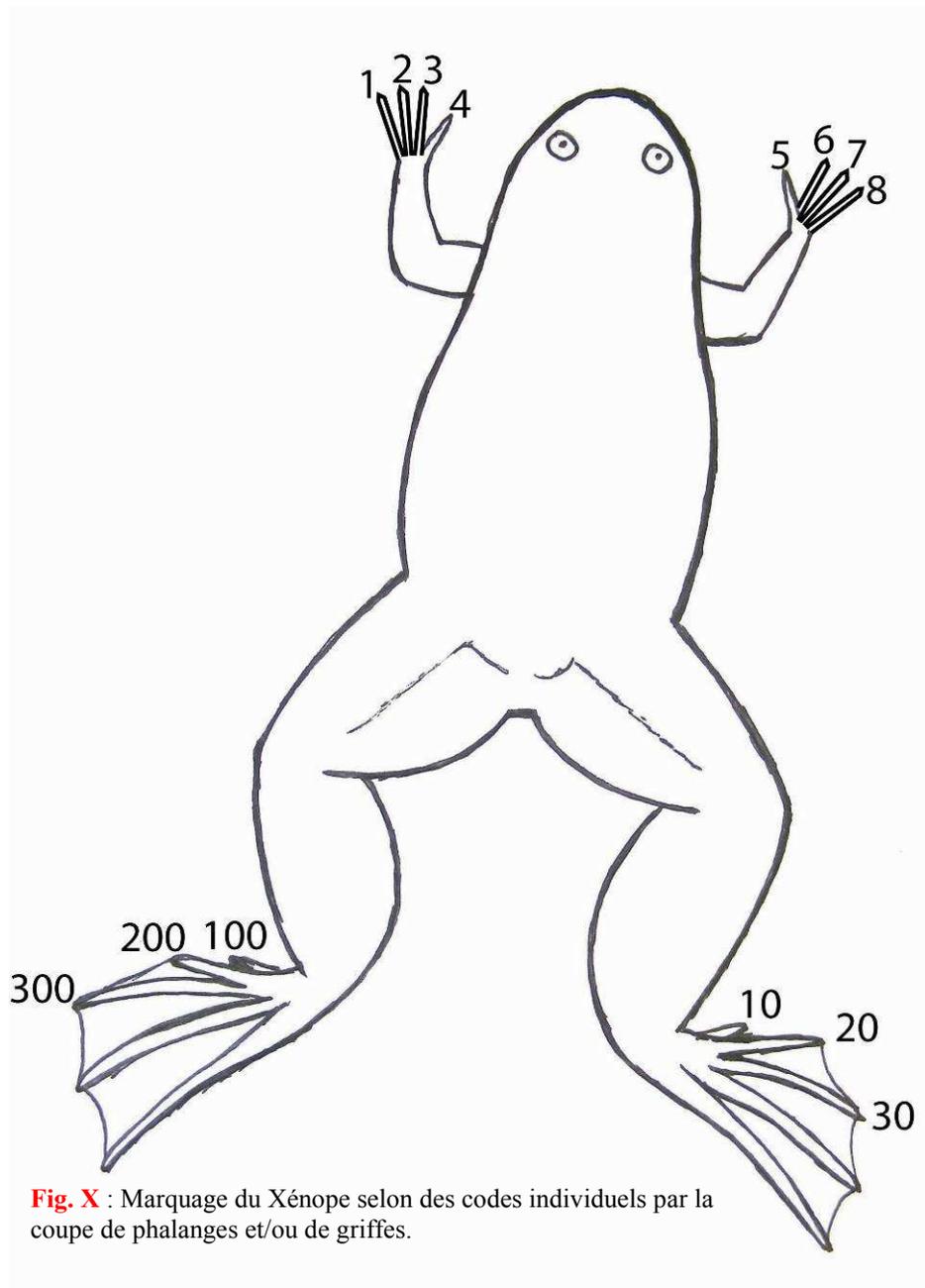


Fig. X : Fenêtre d'accueil sous Ecological Methodology.

Nous avons dans un premier temps souhaité réaliser une étude par Capture Marquage Recapture (CMR) dans le bassin incendie. 80 individus ont été marqués individuellement (Fig. X et X) puis relâchés dans ce bassin afin d'estimer les efforts nécessaires pour recapturer l'ensemble des individus. Le marquage repose sur la coupe de phalanges et/ou de griffes selon un code qui permet, lors des recaptures, de noter chaque individu marqué recapturé. Le protocole nécessitait un relevé des deux nasses du karting toutes les 5 heures pendant 40 heures. Nous n'avons pas pu poursuivre la manipulation du fait d'un problème de capturabilité. C'est pourquoi nous avons effectué le suivi du bassin incendie par déplétion selon le même protocole que les deux grands bassins du karting et de la mare de la Guillotière.



**Fig. X** : Marquage du Xénope selon des codes individuels par la coupe de phalanges et/ou de griffes.



**Fig. X** : Marquage de Xénope à l'aide d'un ciseau à dissection (gauche) ; pêche à la senne dans le bassin incendie (photo : Pierre Grillet).

## 5.1.2. Résultats

### Bassin incendie

Nous allons dans un premier temps dresser les résultats du bassin incendie biaisés par le marquage des individus. 80 individus ont été marqués puis relâchés dans ce bassin avant l'étude. Seuls 38 ont été capturés par déplétion (Fig. X). L'estimation des effectifs au jour du premier relevé est 37 individus et la capturabilité est de 0,49.

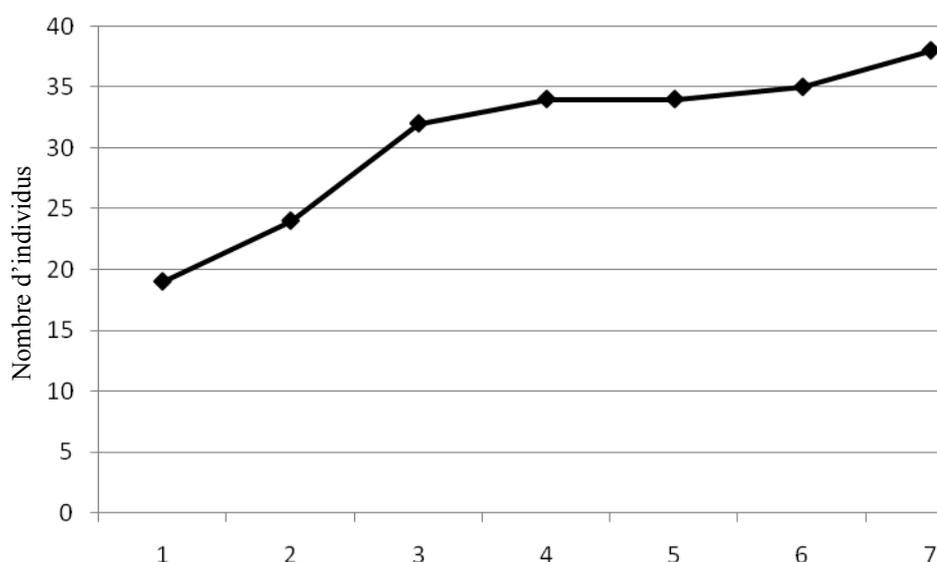


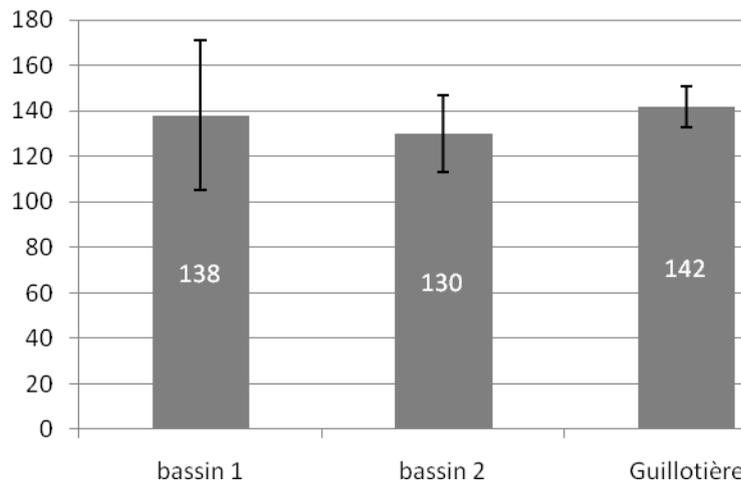
Fig. X : Courbe cumulée du nombre d'individus capturés dans le bassin incendie.

### Mare de la Guillotière et grands bassins du karting

La probabilité de capture individuelle par jour-piège est respectivement de 0.11, 0.12 et 0.21 pour le bassin1, le bassin 2 et la mare de la Guillotière.

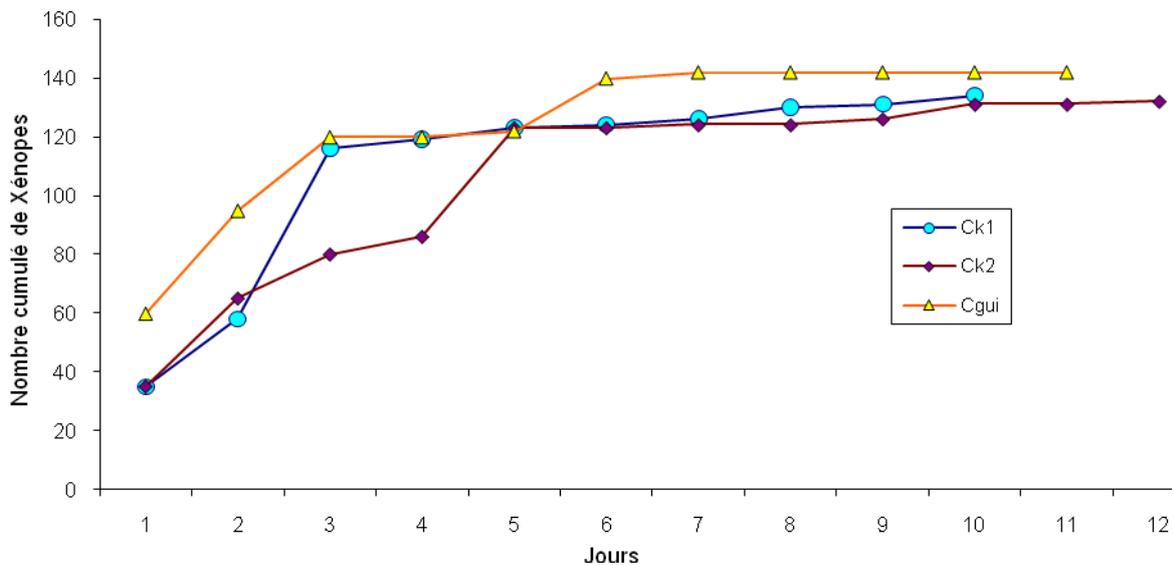
3 nasses étaient présentes dans chacun des grands bassins, soit 3 nasses pour 1000 m<sup>2</sup>. En ce qui concerne la mare de la Guillotière, 2 nasses étaient disposées pour une surface de 150 m<sup>2</sup>. Les différences de pressions de piégeages peuvent expliquer les différences de probabilités de capture individuelle.

Les 12 jours de piégeages ont permis de capturer respectivement 134, 132 et 142 individus dans les grands bassins et la mare de la Guillotière. Les estimations au premier jour de piégeage sont proches du nombre d'individus capturés soit  $138 \pm 33$  pour le bassin 1,  $130 \pm 17$  pour le bassin 2 et  $142 \pm 9$  pour la mare de la Guillotière (Fig. X). Etant donné le nombre de captures, nous pouvons estimer les effectifs selon les intervalles suivants [134;171], [132;147] et [142;151] respectivement pour les grands bassins et la mare de la Guillotière.



**Fig. X :** Nombre d'individus estimés au premier jour de piégeage pour chaque site. Barre d'erreur : min. max.

Les courbes montrant les captures cumulées mettent en avant une inflexion au bout de 5-6 jours de piégeages (Fig. X). L'inflexion est marquée dès le 3<sup>ème</sup> jour pour le bassin 1 du karting. Pour ce dernier 87% des individus ont été capturés dans les trois premiers jours de piégeage. Il a fallu 5 jours pour capturer 93% des individus pour le 2<sup>ème</sup> bassin et 6 jours pour 99% des individus de la mare de la Guillotière.



**Fig. X :** Nombre cumulé d'individus capturés sur les 3 points d'eau. Ck1 : bassin 1 du karting ; Ck2 : bassin 2 du karting ; Cgui : mare de la Guillotière.

La pêche à l'épuisette ne permet pas de pêcher dans des profondeurs d'eau importantes où le piégeur ne peut accéder. Ceci ne permet pas d'envisager d'éliminer la totalité des individus de Xénopes dans une mare où un étang. L'utilisation d'une senne pose également des problèmes pour le piégeage des individus adulte. Des pêches à la senne ont été réalisées dans les deux grands bassins du karting. Une surface de 500 m<sup>2</sup> sur les 1000 m<sup>2</sup> au total a pu être pêchée pour le premier bassin et 200 m<sup>2</sup> sur les 1000 m<sup>2</sup> pour le second bassin. Un individu a pu être capturé dans chaque bassin seulement alors que 134 et 132 individus ont respectivement été capturés dans les bassins 1 et 2 à l'aide de nasses.

### 5.1.3. Discussion

Le protocole par Capture Marquage Recapture n'a pas pu être réalisé comme il était prévu du fait de contraintes liées à la biologie du Xénope. L'estimation d'effectifs de 37 individus dans le bassin incendie avec une capturabilité de 0,49 n'est pas révélateur de la réalité du fait que 80 individus ont été marqués et relâchés dans le bassin. Il est fort probable que le problème soit lié à un stress occasionné par le marquage et à une configuration particulière du bassin (eau clair, absence de substrat ...).

Toutefois, les résultats mis en avant nous permettent d'orienter les stratégies à suivre dans le cas de la mise en place d'un programme de lutte à grande échelle du Xénope. Nous préconisons la mise en place d'une nasse pour 100 m<sup>2</sup> de surface en eau. Cette estimation résulte d'un compromis entre les moyens nécessaires et potentiellement disponible pour les piégeages. Les nasses doivent être disposées une semaine complète dans les points d'eau piégés et relevées tous les matins. Lorsque le point d'inflexion n'est pas atteint au bout d'une semaine, il sera préférable de poursuivre les piégeages afin de rendre efficace la lutte.

## 5.2. Lutte chimique

Les tests de lutte chimique ont été réalisés sur les terrains de la station de lagunage de la commune de Genneton.

### 5.2.1. Test à la Roténone

Différentes doses sont testées afin de déterminer les concentrations nécessaires à la lutte contre le Xénope lisse. Les tests sont portés sur les adultes et les larves.

#### Protocole 1

Ce premier protocole a pour objectif de tester la résistance des Xénope adultes avec une dose de 300 ppm de Roténone (Fig. X).

5 tankers remplis de 100 L d'eau possèdent chacun 10 individus adulte de Xénope. Pour toutes les expériences l'eau utilisée est prélevée en sortie du dernier bassin de lagunage de la station de Genneton. 3 tankers sont dosés à 300 ppm, soit 1,5 mL de Roténone pour 100 L d'eau. 2 tankers sont utilisés comme témoin.

Les individus et les doses sont placés dans les tankers remplis d'eau au temps T0. Des relevés sont effectués toutes les 5 minutes afin de contrôler l'état de chaque individu (mort / vivant) pour chaque tanker. La durée de l'expérience est de 2 heures

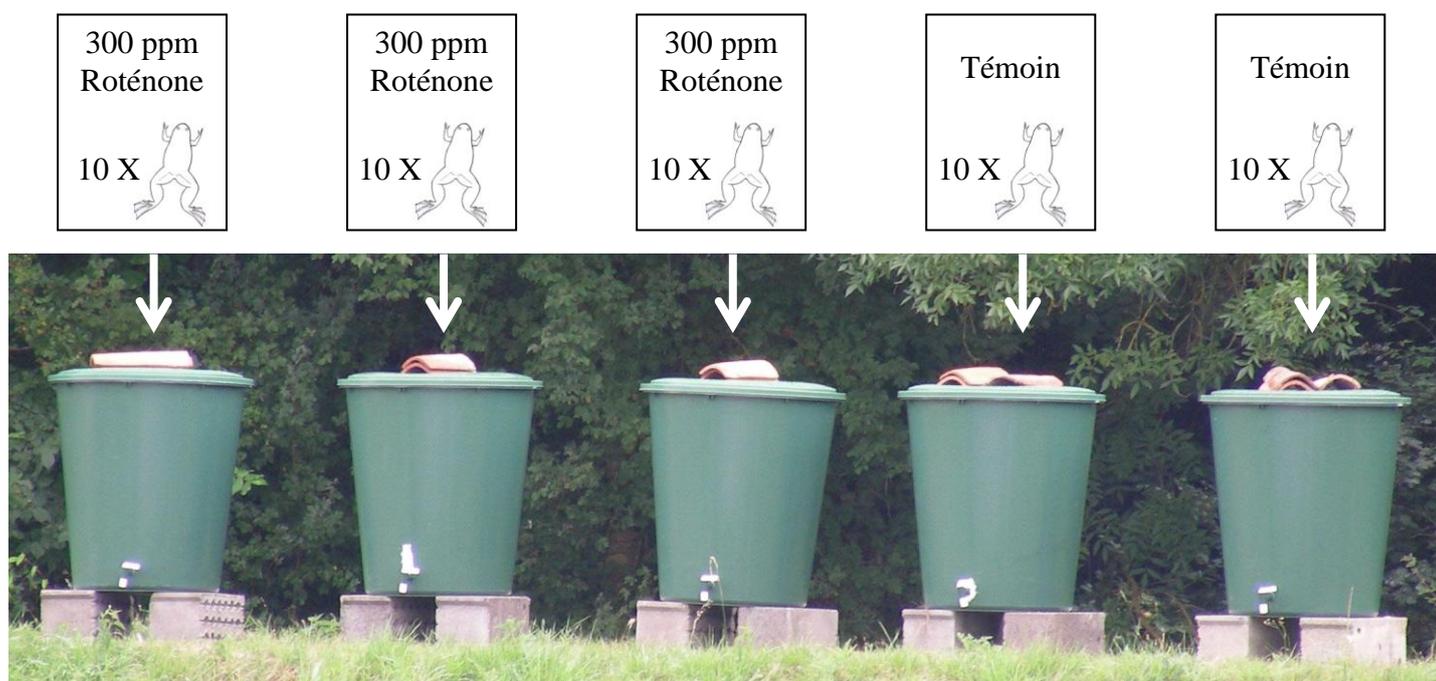
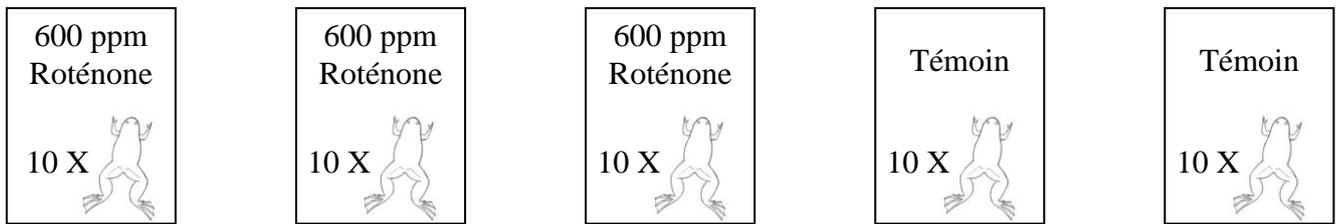


Fig. X : Protocole 1.

#### Protocole 2

Ce protocole a pour objectif de tester la résistance des Xénope adultes avec une dose de 600 ppm de Roténone (Fig. X). 5 tankers remplis de 100 L d'eau possèdent chacun 10 individus adulte de Xénope. 3 tankers sont dosés à 600 ppm, soit 3 mL de Roténone pour 100 L d'eau. 2 tankers sont utilisés comme témoin.

Les individus et les doses sont placés dans les tankers remplis d'eau au temps T0. Les relevés sont effectués toutes les 5 minutes afin de contrôler l'état de chaque individu (mort / vivant) pour chaque tanker. La durée de l'expérience est de 2 heures

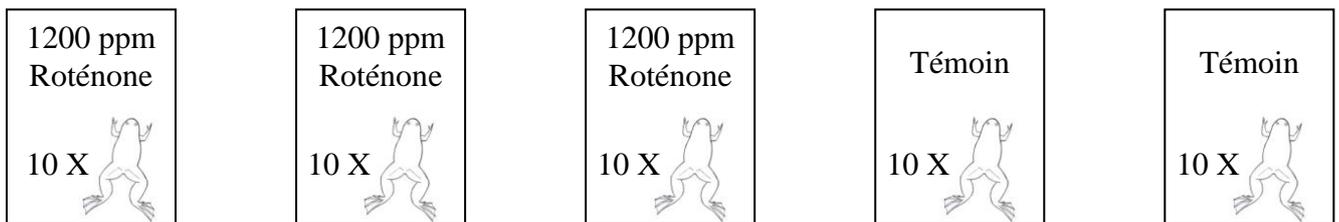


**Fig. X** : Protocole 2.

### Protocole 3

Ce protocole a pour objectif de tester la résistance des Xénopes adultes avec une dose de 1200 ppm de Roténone (**Fig. X**). 5 tankers remplis de 100 L d'eau possèdent chacun 10 individus adulte de Xénope. 3 tankers sont dosés à 1200 ppm, soit 3 mL de Roténone pour 100 L d'eau. 2 tankers sont utilisés comme témoin.

Les individus et les doses sont placés dans les tankers remplis d'eau au temps T0. Les relevés sont effectués toutes les 5 minutes afin de contrôler l'état de chaque individu (mort / vivant) pour chaque tanker. La durée de l'expérience est de 2 heures



**Fig. X** : Protocole 3.

#### Protocole 4

Ce protocole a pour objectif de tester la résistance des larves de Xénope avec une dose de 300 ppm de Roténone (Fig. X). 5 tankers remplis de 100 L d'eau possèdent chacun 10 individus au stade larvaire. 3 tankers sont dosés à 300 ppm, soit 1,5 mL de Roténone pour 100 L d'eau. 2 tankers sont utilisés comme témoin.

Les individus et les doses sont placés dans les tankers remplis d'eau au temps T0. Les relevés sont effectués toutes les 5 minutes afin de contrôler l'état de chaque individu (mort / vivant) pour chaque tanker. La durée de l'expérience est de 2 heures

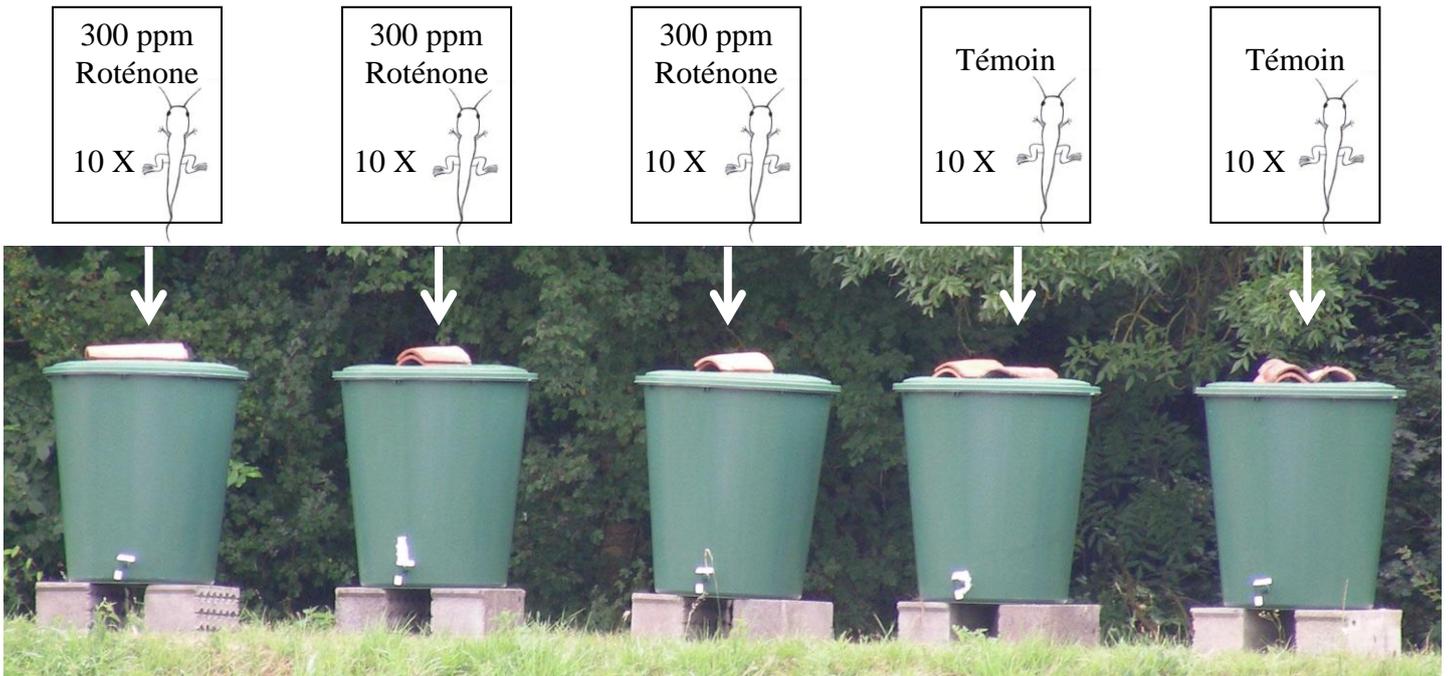
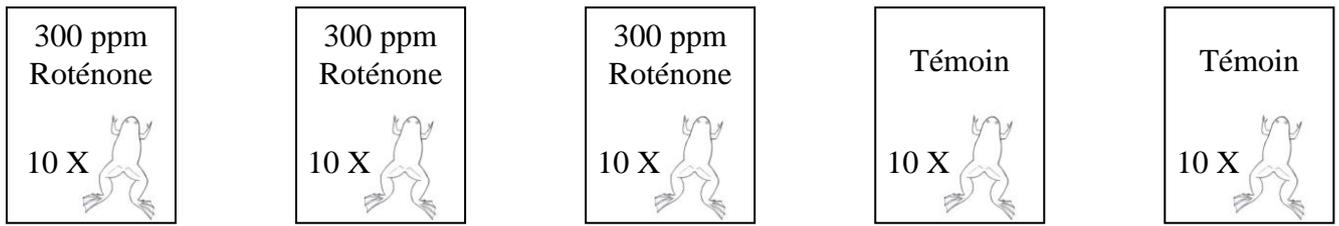


Fig. X : Protocole 4.

#### Protocole 5

Ce protocole a pour objectif de tester la résistance des Xénopes adultes avec une dose de 300 ppm de Roténone (Fig. X). Contrairement au protocole 1, l'expérience s'arrête lorsque tous les individus présents dans les tankers possédant de la Roténone sont morts. 5 tankers remplis de 50 L d'eau possèdent chacun 10 individus adulte de Xénope. 3 tankers sont dosés à 300 ppm, soit 0,75 mL de Roténone pour 50 L d'eau. 2 tankers sont utilisés comme témoin.

Les individus et les doses sont placés dans les tankers remplis d'eau au temps T0. Les relevés sont effectués tous les 30 minutes afin de contrôler l'état de chaque individu (mort / vivant) pour chaque tanker. Dès le constat de la première mort d'un individu, les relevés sont effectués toutes les 5 minutes.

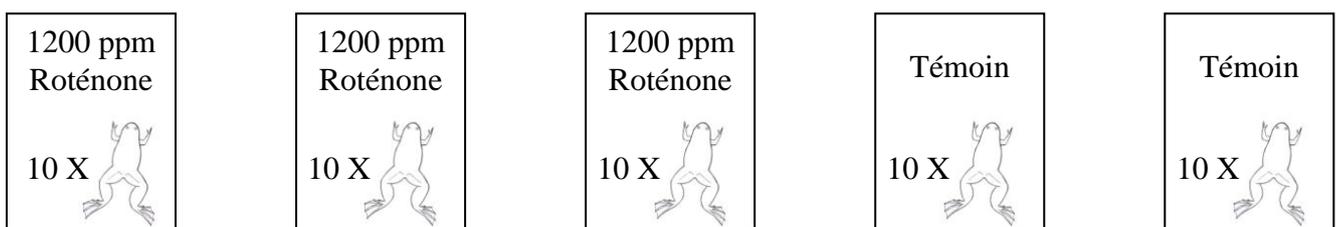


**Fig. X** : Protocole 5.

### 5.2.2. Test à la Chaux

Ce protocole a pour objectif de tester la résistance de Xénope adulte en présence de la chaux. 5 tankers remplis de 50 L d'eau possèdent chacun 5 individus adulte de Xénope. 3 tankers sont dosés à 20 g de chaux, soit 0,4 g/L. 2 tankers sont utilisés comme témoin.

Les individus et les doses sont placés dans les tankers remplis d'eau au temps T0. Les relevés sont effectués toutes les 5 minutes afin de contrôler l'état de chaque individu (mort / vivant) pour chaque tanker. La durée de l'expérience est de 5h15.



**Fig. X** : Test à la chaux.

### 5.2.3. Synthèse

Le tableau suivant résume et synthétise les différents protocoles mis en place dans le cadre d'une lutte chimique (**Tableau X**).

**Tableau X** : Résumé des protocoles testés pour la lutte chimique.

		Tanker 1	Tanker 2	Tanker 3	Tanker 4	Tanker 5
Protocole 1	Produit	<b>Roténone</b>				
	Dose	300 ppm	300 ppm	300 ppm	Témoin	Témoin
	Nb ind.	10 adultes	10 adultes	10 adultes	10 adultes	10 adultes
Protocole 2	Produit	<b>Roténone</b>				
	Dose	600 ppm	600 ppm	600 ppm	Témoin	Témoin
	Nb ind.	10 adultes	10 adultes	10 adultes	10 adultes	10 adultes
Protocole 3	Produit	<b>Roténone</b>				
	Dose	1200 ppm	1200 ppm	1200 ppm	Témoin	Témoin
	Nb ind.	10 adultes	10 adultes	10 adultes	10 adultes	10 adultes
Protocole 4	Produit	<b>Roténone</b>				
	Dose	300 ppm	300 ppm	300 ppm	Témoin	Témoin
	Nb ind.	10 larves	10 larves	10 larves	10 larves	10 larves
Protocole 5	Produit	<b>Roténone</b>				
	Dose	300 ppm	300 ppm	300 ppm	Témoin	Témoin
	Nb ind.	10 adultes	10 adultes	10 adultes	10 adultes	10 adultes
Protocole 6	Produit	<b>Chaux</b>				
	Dose	0,4 g/L	0,4 g/L	0,4 g/L	Témoin	Témoin
	Nb ind.	5 adultes	5 adultes	5 adultes	5 adultes	5 adultes



Les données de chaque protocole ont été analysées sous STATISTICA 6.0 ©. Des analyses de survie avec comparaison de plusieurs échantillons permettent d'élaborer les courbes de survie des individus soumis aux différents dosages.

## 5.2.4. Résultats test à la roténone

### Protocole 1 et 2

Au bout des 2 heures d'expérience avec les dosages à 300 et 600 ppm de Roténone, tous les individus étaient vivants. Aucune mortalité n'a été constatée que ce soit dans les bacs avec Roténone ou témoins.

### Protocole 3

Les individus des bacs témoins du protocole testant le dosage à 1200 ppm de Roténone n'ont pas connus de mortalité. Tous les individus des 3 autres bacs ont succombés à la dose au bout de 1h45 (Fig. X). Le premier individu n'ayant pas résisté au produit est mort au bout de 1h05. A partir de ce moment les individus succombent progressivement en l'espace de 40 minutes. Nous pouvons remarquer un décalage des mortalités pour le groupe 1 (tanker 1). Or les mortalités des deux autres groupes interviennent presque simultanément. Ceci peut être dû à une légère différence de dosage (légèrement plus faible) pour le groupe 1, entraînant un léger retard dans les mortalités.

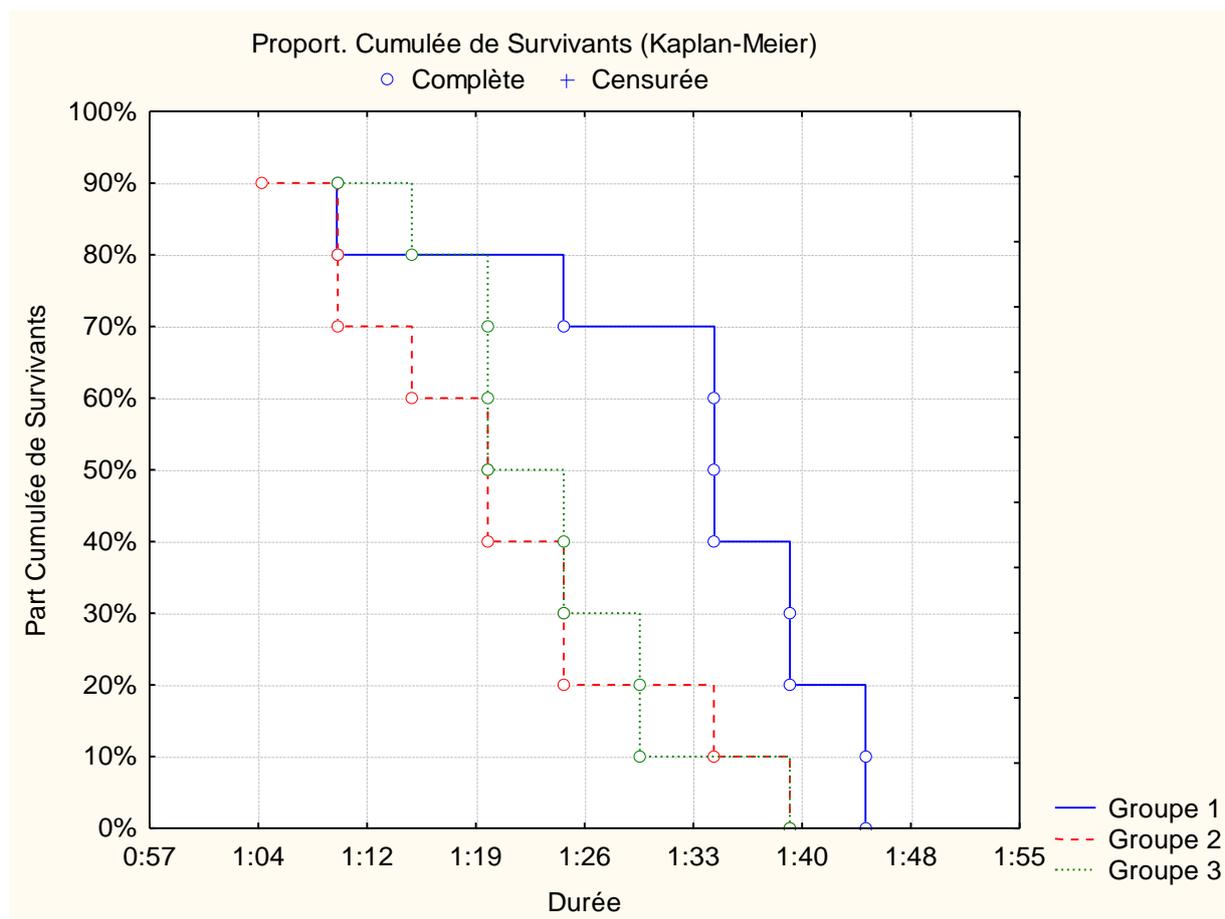
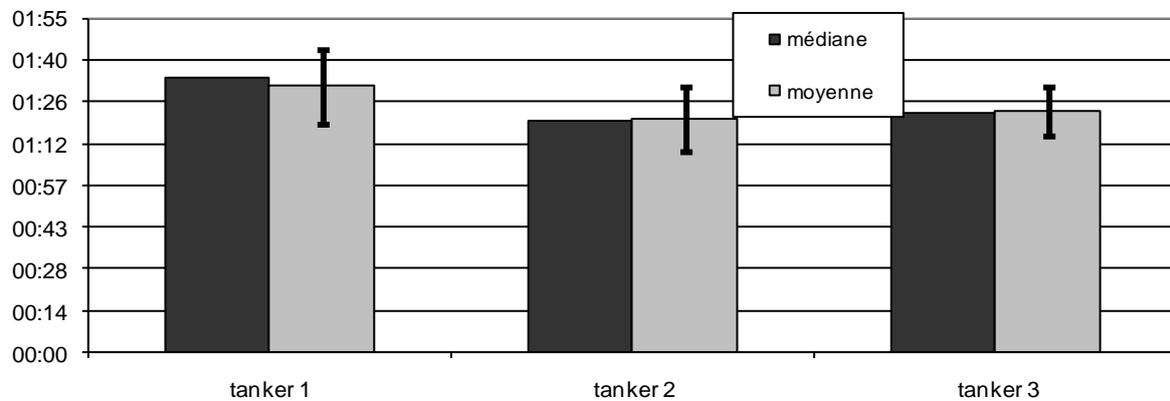


Fig. X : Courbe de survie des individus du protocole 3.

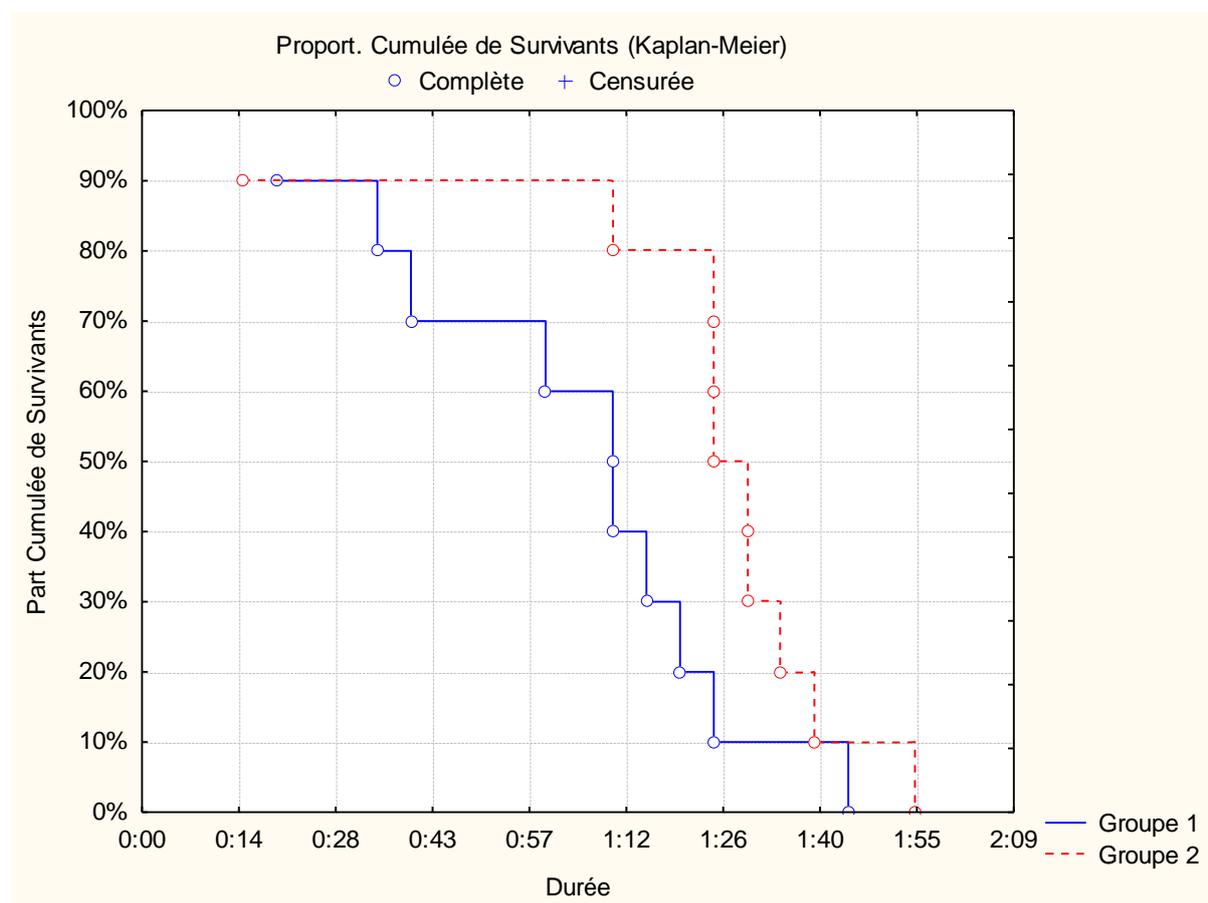
50 % des individus ont succombé au bout de 1h35, 1h20 et 1h22 respectivement pour les tankers 1, 2 et 3. Le temps moyen pour qu'un individu succombe est de 1h32 pour le tanker 1, 1h20 pour le second et 1h23 pour le dernier tanker (Fig. X).



**Fig. X** : Médiane et moyenne des survies des individus du protocole 3. Barre : écart-type.

### Protocole 4

Les individus des bacs témoins du protocole testant le dosage à 300 ppm de Roténone sur les larves n'ont pas connus de mortalité (Fig. X). Les individus d'un des tankers ne sont pas pris en compte dans la courbe de survie suivante. Pour ce tanker, un retard des mortalités a été constaté dû à un dosage légèrement plus faible comparé aux deux autres tankers. Ainsi sur les 10 individus présents dans le tanker, 7 étaient encore vivantes à la fin de l'expérience. La première larve a succombé au dosage au bout de 15 minutes. La dernière des 20 larves prises en compte dans le graphique suivant est morte au bout de 1h55.



**Fig. X** : Courbe de survie des individus du protocole 4.

50 % des individus ont succombé au bout de 1h10 et 1h27 respectivement pour les tankers 1 et 2. Le temps moyen pour qu'un individu succombe est de 1h04 pour le tanker 1 et 1h23 pour le tanker 2 (Fig. X).

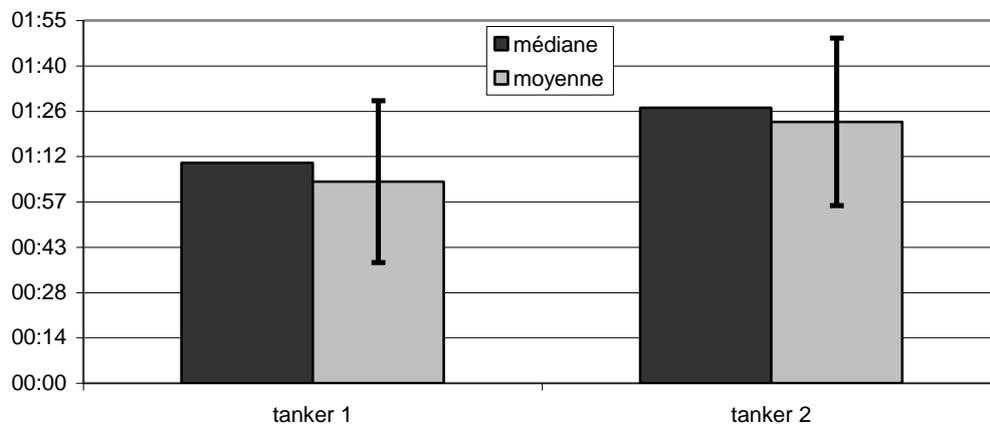


Fig. X : Médiane et moyenne des survies des individus du protocole 4. Barre : écart-type.

### Protocole 5

Les individus des bacs témoins du protocole testant le dosage à 300 ppm de Roténone n'ont pas connus de mortalité (Fig. X). Tous les individus des 3 autres bacs ont succombés à la dose au bout de 10h20. Le premier individu n'ayant pas résisté à la Roténone est mort au bout de 7h20. A partir de ce moment les individus succombent progressivement en l'espace de 3 heures. Notons qu'entre 7h20 et 8h50, soit 1h30, c'est 25 individus (sur les 30 situés dans les tankers possédant de la Roténone) qui succombent au produit. C'est donc 83 % des individus soumis à la Roténone qui meurent dans cet intervalle.

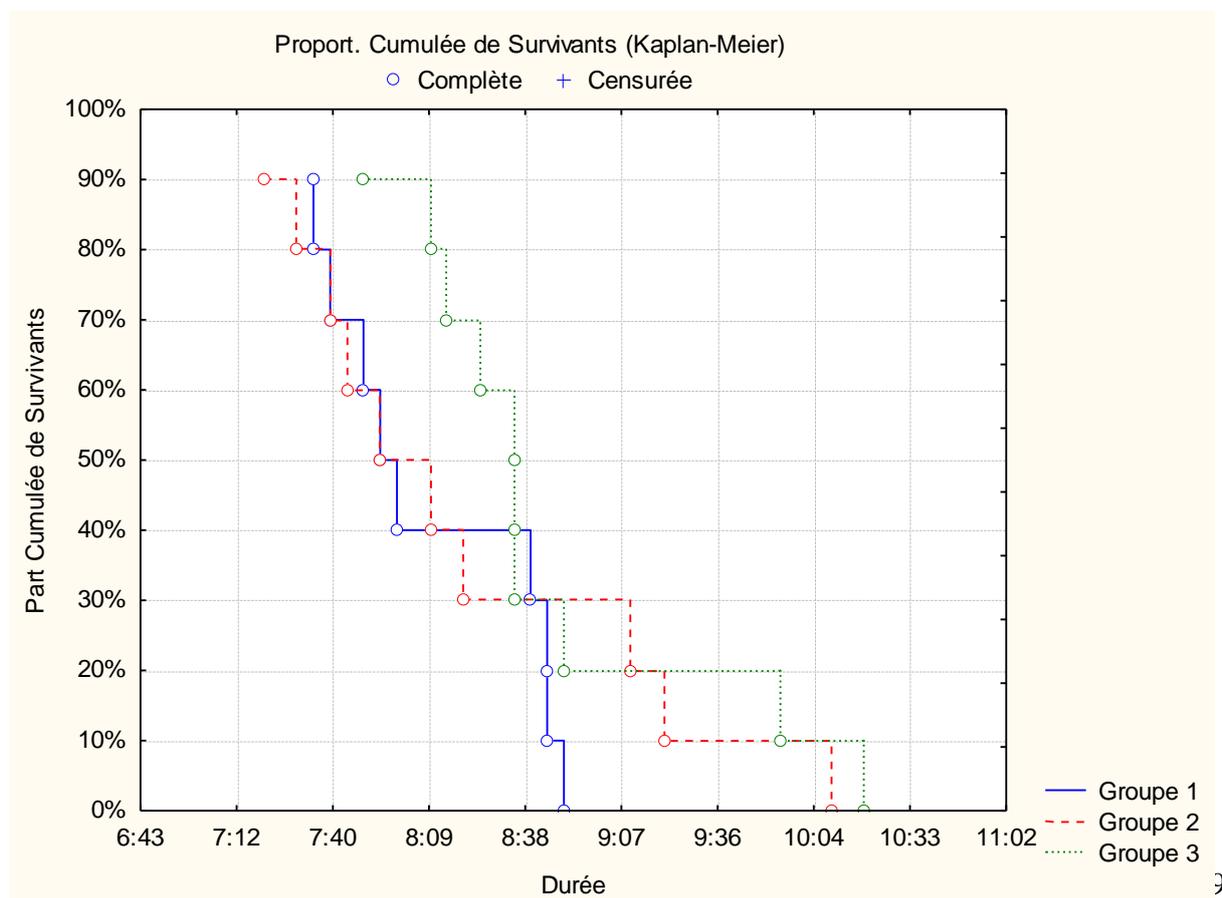
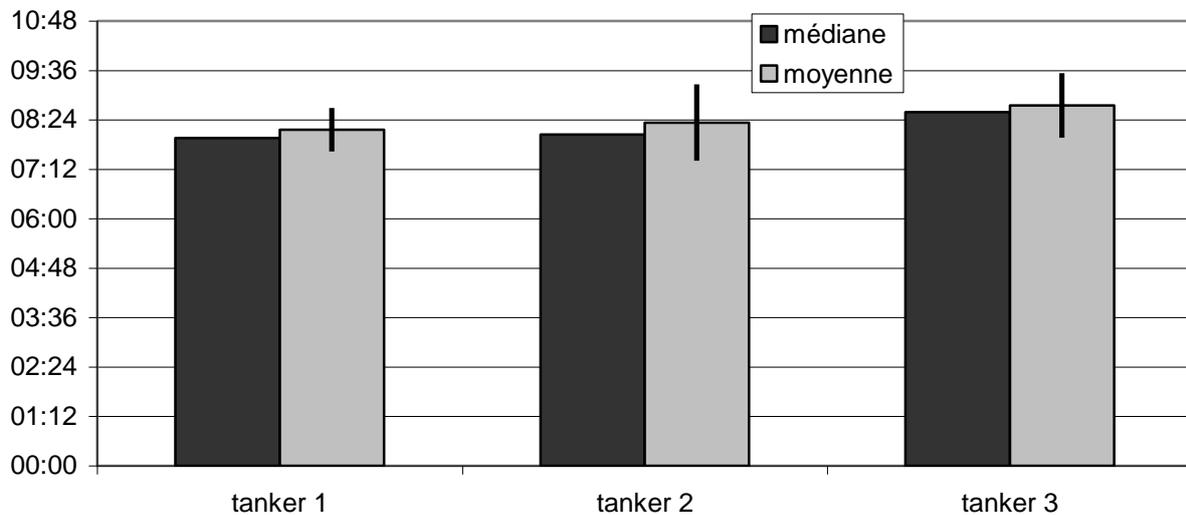


Fig. X : Courbe de survie des individus du protocole 5.

50 % des individus ont succombé au bout de 7h57, 8h02 et 8h35 respectivement pour les tankers 1, 2 et 3. Le temps moyen pour qu'un individu succombe est de 8h09 pour le tanker 1, 8h20 pour le second et 8h45 pour le dernier tanker (Fig. X).



**Fig. X :** Médiane et moyenne des survies des individus du protocole 5. Barre : écart-type.

#### 5.2.5. Résultats test à la chaux

Au bout des 5h15 de durée de l'expérience aucun individu n'a succombé à la chaux. Les conséquences de la chaux sont visibles par le biais de brûlures et d'altérations des membres des individus sans être létale pour ces derniers.

13 individus ont fait l'objet d'une analyse des blessures (Tableau X). Elles sont de différents types : altération du bout des doigts des pattes avant et arrière, des narines, des tubercules métatarsiens, de la peau des cuisses et du ventre, du bout du museau et de la gorge (Fig. X). Les altérations les plus fréquentes se situent au niveau des doigts des pattes avant, des pattes arrière et au bout du museau avec respectivement 100.00 %, 61.54 % et 69.23 % des individus touchés.

**Tableau X :** Type de blessures observées sur les individus dans les tankers avec de la chaux.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Doigts pattes avant	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
Doigts pattes arrière	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	61,54%
Narines	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	38,46%
Tubercules métatarsiens	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	30,77%
Peau cuisse	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	53,85%
Peau ventre	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	38,46%
Bout museau	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	69,23%
Gorge	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	23,08%

7 individus issus des tankers témoins ont fait l'objet des mêmes analyses. Les seules blessures constatées concernent le bout du museau (Tableau X). Ce type de blessure est moins fréquente comparé aux individus soumis à la chaux avec 42.86 % des individus touchés. Dans ce cas il s'agit de blessures engendrées suite aux coups répétés des individus contre les parois des tankers.

**Tableau X** : Type de blessures observées sur les individus dans les tankers témoin.

	1	2	3	4	5	6	7	
Doigts pattes avant	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Doigts pattes arrière	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Narines	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Tubercules métatarsiens	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Peau cuisse	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Peau ventre	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Bout museau	0	0	0	1	0	1	1	42,86%
Gorge	0	0	0	0	0	0	0	0,00%



**Fig. X** : Blessures observées : altération de la peau au niveau du museau (A) ; diverses altérations au niveau de la peau (B) ; individu issu d'un tanker témoin sans altérations apparentes (C). (Photos : Florian Doré).

# Evolution de la batrachofaune locale

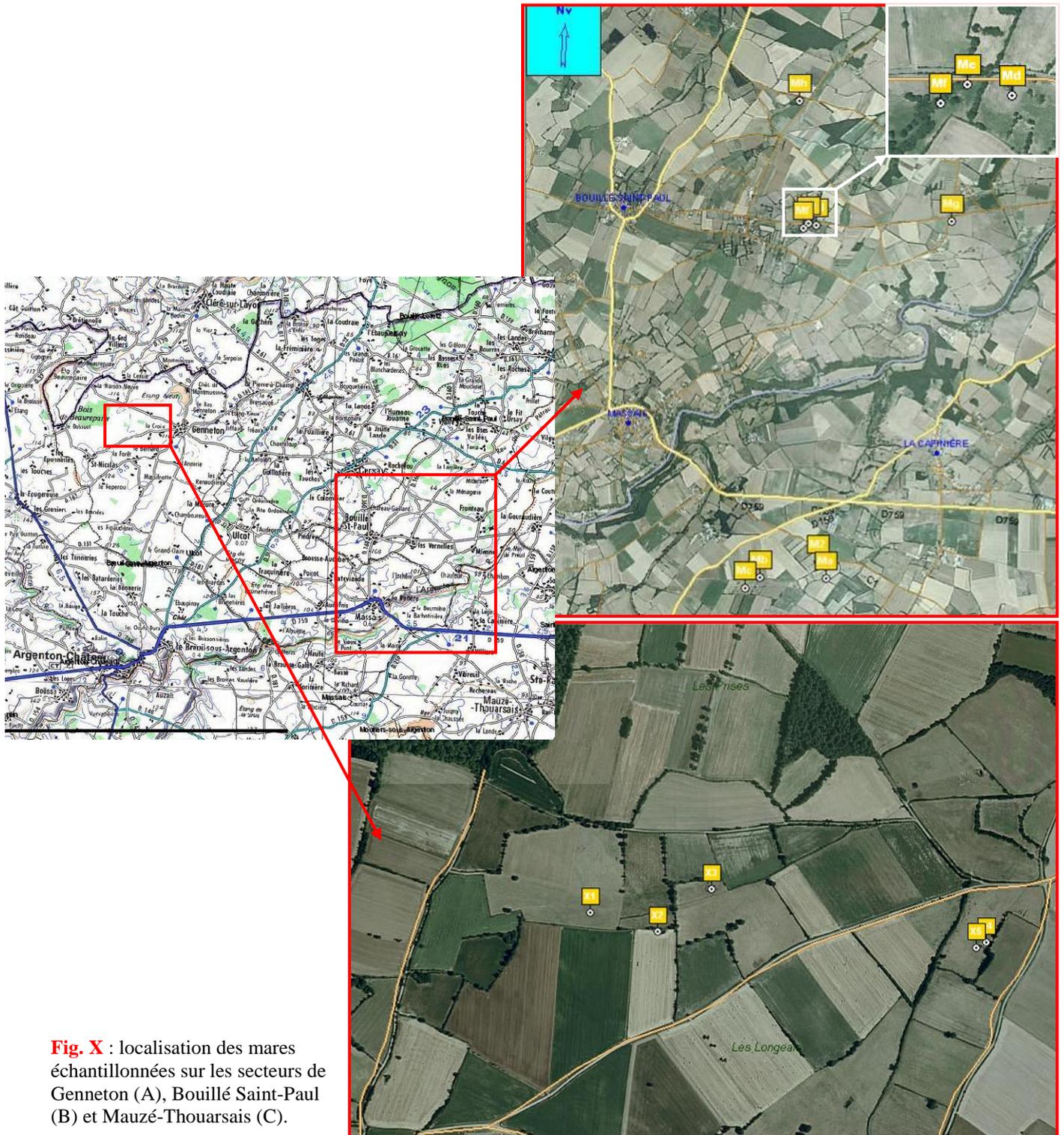


Le Triton marbré *Triturus marmoratus* est une espèce méridionale que l'on peut observer dans le nord des Deux-Sèvres et qui subit l'introduction du Xénope (photo : Florian Doré).

## 6. Evolution de la batrachofaune locale

### 6.1. Méthodologie

Nous avons effectué l'échantillonnage de mares sur trois secteurs : Genneton (A) (près du village de Saint Nicolas), Bouillé Saint-Paul (B) et Mauzé-Thouarsais (C). Ces trois secteurs avaient déjà été échantillonnés en 2005. Les prospections réalisées en 2009 permettent donc de dresser un deuxième bilan de la batrachofaune locale sur les mêmes secteurs. Le nombre de mares prospectées est de 5 pour la commune de Bouillé Saint-Paul, 4 pour Mauzé-Thouarsais et 5 pour Genneton (**Fig. X**).



**Fig. X** : localisation des mares échantillonnées sur les secteurs de Genneton (A), Bouillé Saint-Paul (B) et Mauzé-Thouarsais (C).

Les mares prospectées l'ont déjà été en 2005 (Grosselet *et al.*, 2005) ce qui va nous permettre de comparer les situations. Seules les mares encore existantes et ne présentant pas de poissons ont été échantillonnées de nouveau en 2009.

Les mares ont été prospectées les 27 mars et 9 avril 2009 en soirée dans des conditions météorologiques favorables : température suffisante (>7-8 °C), vent faible, après un épisode pluvieux. La méthodologie suivie pour chaque mare est la suivante :

- 5 minutes d'écoute afin de déterminer la présence d'espèces par le chant
- 5 minutes de recherche visuelle à l'aide d'une lampe autour de la mare
- 5 minutes de pêche à l'aide d'une épuisette

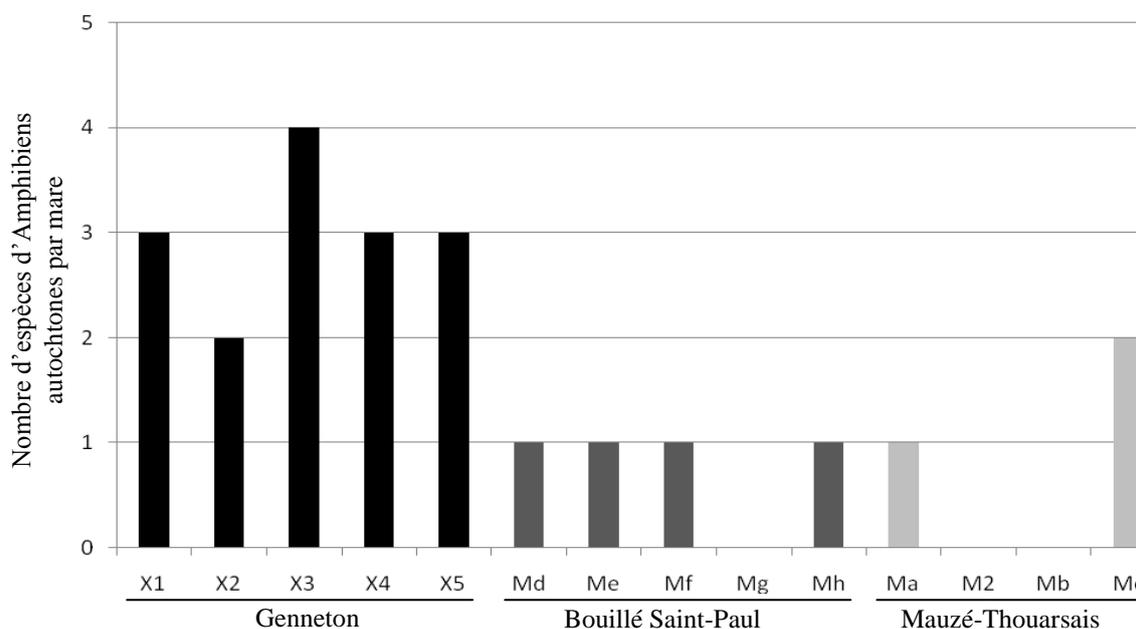
Les données de présence de chaque espèce contactée sont notées pour chaque mare. Les comparaisons entre richesse spécifique ont été effectuées par le test des rangs Mann-Whitney sous STATISTICA 6.0 © (StatSoft, 2004).

## 6.2. Résultats

La richesse spécifique moyenne par mare en amphibiens autochtones sur le secteur de Genneton (A) est de 3,00 (écart-type = 0,71) (Tableau X et Fig. X). Pour les secteurs de Bouillé Saint-Paul (B) et Mauzé-Thouarsais (C), la richesse spécifique est respectivement de 0,80 (écart-type = 0,45) et de 0,75 (écart-type = 0,96). La richesse spécifique par mare n'est pas significativement différente entre ces deux derniers secteurs ( $p = 0,90$ ). En revanche la différence significative entre les secteurs de Genneton et Bouille Saint-Paul ( $p = 0,01$ ) ainsi qu'entre Genneton et Mauzé-Thouarsais ( $p = 0,03$ ).

**Tableau X** : Richesse spécifique par mare selon les secteurs.

A	Référence carte Fig. X	X1	X2	X3	X4	X5	moyenne	Ecart-type
	Richesse spécifique	3	2	4	3	3	3,00	0,71
B	Référence carte Fig. X	Md	Me	Mf	Mg	Mh		
	Richesse spécifique	1	1	1	0	1	0,80	0,45
C	Référence carte Fig. X	Ma	M2	Mb	Mc			
	Richesse spécifique	1	0	0	2		0,75	0,96



**Fig. X** : Nombre d'espèces d'Amphibiens observé par mare selon les secteurs.

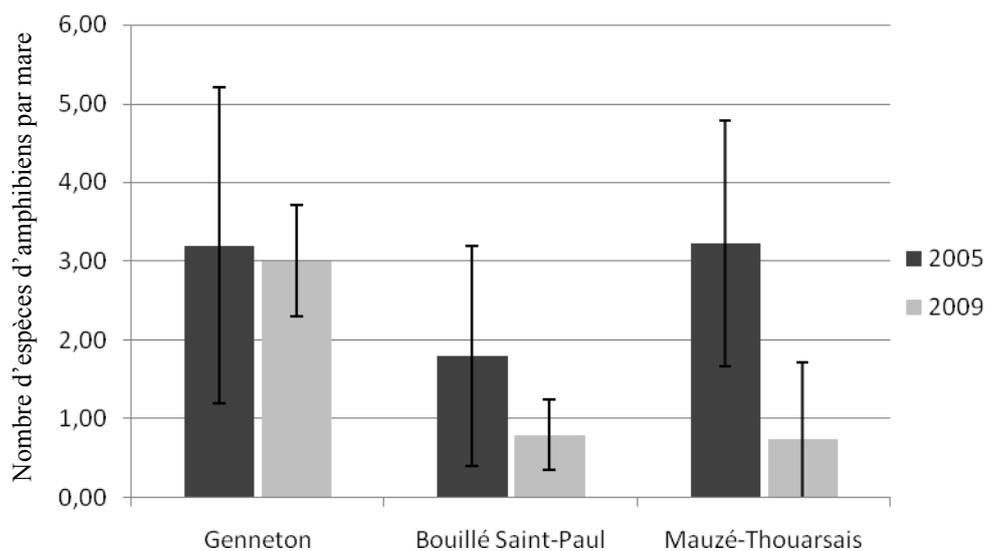
Les différentes espèces contactées sont les suivantes : le Triton palmé *Lissotriton helveticus*, le Triton crêté *Triturus cristatus*, la Rainette arboricole *Hyla arborea*, le Pélodyte ponctué *Pelodytes punctatus* et la Grenouille agile *Rana dalmatina*. Le Triton palmé est présent dans 9 des 14 mares suivies, 6 pour la Rainette arboricole, 3 pour la Grenouille agile, 2 pour le Triton crêté et 2 pour le Pélodyte ponctué (Tableau X).

**Tableau X** : Présence des espèces selon les mares.

	X1	X2	X3	X4	X5	Md	Me	Mf	Mg	Mh	Ma	M2	Mb	Mc
Triton palmé	X	X	X	X	X	X	X				X			X
Triton crêté	X		X											
Rainette arboricole	X	X	X	X	X			X						
Grenouille agile			X	X						X				
Pélodyte ponctué					X									X

Les échantillonnages n'ont pas l'objet d'évaluation des densités mais les observations réalisées montrent qu'elles sont faibles. Le nombre maximum de Triton palmé observé par mare est de 5 (mare X3 de Genneton) et seulement 1 pour le Triton crêté observé à deux reprises dans les mares X1 et X3 de Genneton. Les contacts avec la Grenouille sont les résultats d'un chant entendu (mare Mh de Bouillé Saint-Paul) et de l'observation d'une ponte isolé pour les mares X3 et X4 de Genneton. De même, la Rainette arboricole et le Pélodyte ponctué ont été contactés par le chant et seuls quelques chanteurs ont pu être entendus pour chaque mare.

La richesse spécifique moyenne en Amphibiens autochtones et par mare est plus faible en 2009 comparé à 2005 et quelque soit le secteur (Fig. X). Pour Genneton la richesse spécifique évolue peu, de 3,20 en 2005 (écart-type = 2,00) à 3,00 en 2009 (écart-type = 0,71). La différence entre 2005 et 2009 n'est pas significative ( $p = 0,61$ ). Pour le secteur de Bouillé Saint-Paul, la richesse baisse de 1,8 espèces en 2005 (écart-type = 1,4) à 0,80 en 2009 (écart-type = 0,45). De même, la richesse spécifique baisse dans le secteur de Mauzé-Thouarsais en passant de 3,22 espèces en 2005 (écart-type = 1,56) à 0,75 en 2009 (écart-type = 0,96). La différence entre 2005 et 2009 n'est pas significative pour Bouillé Saint-Paul ( $p = 0,10$ ) mais l'est pour Mauzé-Thouarsais ( $p = 0,03$ ).



**Fig. X** : Comparaison des richesses spécifiques en amphibiens pour les secteurs de Genneton , Bouillé Saint-Paul et Mauzé-Thouarsais entre 2005 et 2009. Barre : écart-type.

Pour le secteur de Genneton, même si la richesse spécifique n'a pas beaucoup évolué, nos observations tendent à montrer un appauvrissement en terme de densité. Le nombre d'individus observés pour chaque espèce est faible et ne représente que quelques unités. Les résultats obtenus peuvent s'expliquer de la manière suivante. Pour les secteurs de Bouillé Saint-Paul et Mauzé-Thouarsais, le Xénope était connu en 2005. Cette présence explique la baisse de richesse spécifique quelques années plus tard en 2009 sur les mêmes secteurs. Pour les milieux échantillonnés à Saint Nicolas de Genneton, le Xénope n'était pas connu en 2005. Nous l'avons contacté en 2008 sur quelques points d'eau à proximité, ce qui correspondrait à l'heure actuelle à la limite du front de colonisation du Xénope pour la partie nord-ouest de sa distribution. Selon les témoignages collectés sur le terrain auprès des riverains, le Xénope serait arrivé à Genneton en 2007 où de fortes densités de têtards ont été observées dans la station de lagunage en 2008. Malgré l'arrivée récente de l'espèce dans le secteur de Genneton, il est probable que le Xénope ait déjà causé des dégâts sur les communautés d'Amphibiens autochtones. En effet les densités observées sont faibles, seuls quelques individus ont pu être observés pour les espèces présentes. De même, le secteur se situe dans des aires de répartition d'autres espèces qui n'ont pas été contactées sur les mares échantillonnées. C'est le cas des espèces du complexe de Grenouille verte (*Pelophylax lessonae*, *Pelophylax ridibundus*, *Pelophylax* kl. *esculentus*), du Crapaud commun *Bufo bufo* et du Triton marbré *Triturus marmoratus*.

### 6.3. Discussion

Nos résultats montrent bien que sur les secteurs les plus anciennement occupés par le Xénope, une érosion nette de la batrachofaune est observée. Ceci confirme les tendances montrées dans la précédente étude (Grosselet *et al.*, 2005) et mettant en évidence une différence dans les classes de taille chez le Triton crêté dans une mare avec et une mare sans Xénope (*Ibidem*). Nous pouvons confirmer l'impact négatif du Xénope sur les espèces d'Amphibiens autochtones. Seule l'introduction du Xénope peut expliquer cette nette érosion de manière rapide.

# Information sensibilisation



Réunion d'information et de sensibilisation (photo : Olivier Grosselet).



# Perspectives



Un programme de lutte mécanique à grande échelle à l'aide de nasses devrait permettre de limiter l'impact et la colonisation du Xénope (photo : Pierre Grillet).

## 7. Perspectives

### 7.1. Suivi du front de colonisation

#### 7.1.1. Objectifs

La vitesse de progression du Xénope a été estimée à 0,5-1 km par an en 2005. Les données récentes dont nous disposons suite à cette présente étude montrent une vitesse de progression de 1 km par an. Il paraît important de connaître et de suivre cette vitesse au fil du temps et quelle que soit les directions de propagations dès l'année 2010. Le suivi du front de propagation permettra de mettre en place une veille écologique sur l'évolution du front sur le long terme.

Les objectifs de ce suivi sont multiples :

- suivre l'évolution du front de colonisation en déterminant la présence ou l'absence du Xénope dans les points d'eau
- anticiper la colonisation de nouveaux milieux
- évaluer les programmes d'éradication à mettre en place
- orienter les efforts et la stratégie de piégeage en fonction de la dynamique démographique

#### 7.1.2. Protocole

Tous les points d'eau (mare, étang, bassin ...) doivent être suivis aux marges de la distribution connue du Xénope. Des données de présence absence suffisent pour ce suivi. Ainsi nous préconisons la pose d'une nasse durant une nuit.

Les conditions d'applications de ce protocole sont les suivantes :

- 1 - les nasses sont posées en fin d'après midi ou début de soirée dans les points d'eau
- 2 - une nasse sera disposée pour les pièces d'eau de surface inférieure à 100 m<sup>2</sup>, 2 nasses pour pièces d'eau de 100 à 500 m<sup>2</sup>, 3 nasses pour les surfaces plus grandes
- 3 - chaque nasse doit être équipée d'un foie de boeuf frais. Pour les nasses utilisées plusieurs jours de suite, les foies doivent être changés tous les 3 jours.
- 4 - les nasses sont relevées une fois en début de matinée
- 5 - la présence ou l'absence de Xénope sera notée pour chaque pièce d'eau
- 6 - les individus capturés seront comptabilisés et tués sur place
- 7 - les nasses doivent être disposées immergées totalement au fond de l'eau au milieu des pièces d'eau
- 8 - les piégeages doivent être réalisés durant la période où l'espèce est la plus active et où les amphibiens autochtones sont en phase terrestre, soit de la fin juillet jusqu'à octobre
- 9 - chaque piègeur remplira une fiche de suivi et notera les informations nécessaires au suivi du front de colonisation

Voici en page suivante la fiche de suivi à remplir lors du suivi du front de colonisation.

## Fiche de suivi du front de colonisation du Xénope lisse

N° piégeage	Date	Commune	Lieu dit	Coordonnées GPS		Type milieu	Surf. Approx.	Présence Xénope	Nb ind. capturés	Piégeur	Organisme
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	/ /			° ' "	° ' "						

Remarque :

La date indiquée est celle du jour de relevé des nasses (disposées la veille). Coordonnées GPS en Lambert II étendu. Type de milieu : mare, étang, ruisseau, autres. Surface approximative en eau estimée en m<sup>2</sup>. Si le Xénope est présent, une « X » est notée à l'endroit prévu à cet effet. Le piégeur indiquera son prénom et nom ainsi que son organisme de rattachement.

## 7.2. Programme d'éradication du Xénope

### 7.2.1. Programme spécifique aux adultes

Les données collectées lors de cette étude nous permettent d'orienter la stratégie à suivre pour un programme d'éradication des individus adultes de Xénope. Ce programme consiste en une lutte mécanique. Il repose sur la disposition de nasses appâtées dans les points d'eau. Les points d'eau déjà connus pour la présence de Xénope doivent être visés en priorité puis les autres milieux. Ce programme doit être mis en place dès 2010.

Les conditions d'application de ce programme sont les suivantes :

1 - les nasses sont posées en fin d'après midi ou début de soirée dans les points d'eau en début de semaine

2 - une nasse sera disposée pour les pièces d'eau de surface inférieure à 100 m<sup>2</sup>, 2 nasses pour pièces d'eau de 100 à 500 m<sup>2</sup>, 3 nasses pour les surfaces plus grandes

3 - les nasses doivent être laissées dans la même pièce d'eau au minimum 5 jours ; plus si des individus sont toujours capturés au bout de 5 jours. Les nasses seront retirées jusqu'à ce qu'il n'y ait plus individus capturés

4 - chaque nasse doit être équipée d'un foie de bœuf frais qui sera changé en milieu de semaine

5 - les nasses sont relevées une fois par jour en début de matinée

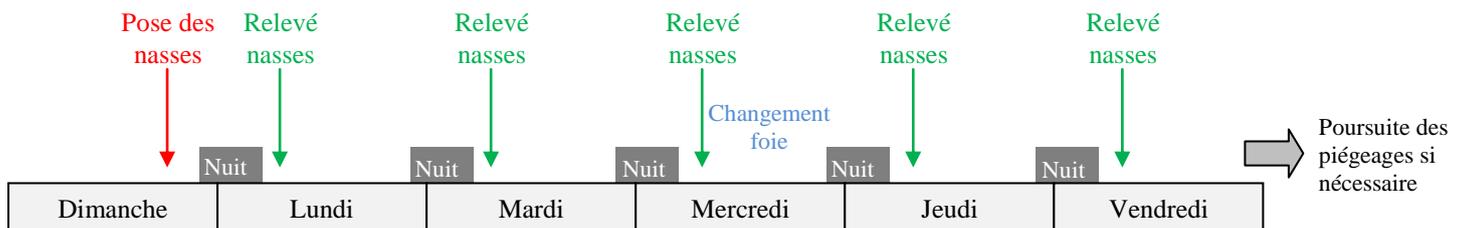
6 - les individus capturés seront comptabilisés par journée de piégeage et tués sur place

7 - les nasses doivent être disposées immergées totalement au fond de l'eau au milieu des pièces d'eau

8 - les piégeages doivent être réalisés durant la période où l'espèce est la plus active et où les amphibiens autochtones sont en phase terrestre, soit de la fin juillet jusqu'à octobre

9 - chaque piègeur remplira une feuille de suivi et notera les informations nécessaires au programme d'éradication spécifique aux adultes

Voici un exemple de calendrier d'éradication du Xénope dans une mare :





### 7.2.2. Programme spécifique aux têtards

Les sites de reproduction se caractérisent par une eau dont la température doit être atteinte 20°C (Tinsley et McCoid, 1996). Ces sites peuvent accueillir un grand nombre de têtards en développement. Ainsi on a pu observer de grands bancs de plusieurs milliers de têtards dans les bassins de lagunage de la commune de Genneton et dans le bassin de réserve incendie du karting d'Argenton les Vallées. Les têtards ne peuvent être capturés avec des nasses. L'utilisation d'épuisettes est trop fastidieuse et ne permet pas de capturer l'ensemble des têtards. La solution retenue repose sur l'emploi de la pêche à la senne qui permet de rabattre tous les organismes en suspension dans l'eau. Cette technique permet de prendre en compte une grande partie de la colonne d'eau, ce qui est plus difficile avec l'utilisation d'une épuisette. Les pêches à la senne doivent être réalisées dans les points d'eau où la reproduction est avérée (présence de têtards).

Toute la surface en eau doit être pêchée et peut nécessiter plusieurs actes. La pêche se réalise à deux personnes de la manière suivante (Fig. X) :

- 1 - les deux personnes entrent dans l'eau équipées de cuissardes ou waders et tendent la senne, chaque personne se situant à l'extrémité (A)
- 2 - les personnes avancent dans l'eau afin de tendre la senne et de créer la poche d'eau (B)
- 3 - les personnes amorcent la sortie en créant une boucle tout en avançant afin de maintenir la poche sous tension (C)
- 4 - les personnes sortent de l'eau en un point similaire et hisse la senne hors de l'eau (D)



**Fig. X** : Déroulement d'un acte de pêche à la senne (photos : Pierre Grillet).

## Fiche de suivi de l'éradication du Xénope – programme spécifique aux adultes

N° points d'eau	Date	Commune	Lieu dit	Coordonnées GPS		Type milieu	Surf. Approx.	Evaluation nb têtards capturés					Piégeur	Organisme
								1	2	3	4	5		
1	/ /			o ' "	o ' "									
2	/ /			o ' "	o ' "									
3	/ /			o ' "	o ' "									
4	/ /			o ' "	o ' "									
5	/ /			o ' "	o ' "									
6	/ /			o ' "	o ' "									
7	/ /			o ' "	o ' "									
8	/ /			o ' "	o ' "									
9	/ /			o ' "	o ' "									
10	/ /			o ' "	o ' "									
11	/ /			o ' "	o ' "									
12	/ /			o ' "	o ' "									
13	/ /			o ' "	o ' "									
14	/ /			o ' "	o ' "									
15	/ /			o ' "	o ' "									
16	/ /			o ' "	o ' "									
17	/ /			o ' "	o ' "									
18	/ /			o ' "	o ' "									
19	/ /			o ' "	o ' "									
20	/ /			o ' "	o ' "									
21	/ /			o ' "	o ' "									
22	/ /			o ' "	o ' "									
23	/ /			o ' "	o ' "									
24	/ /			o ' "	o ' "									
25	/ /			o ' "	o ' "									

Remarque :

Coordonnées GPS en Lambert II étendu. Type de milieu : mare, étang, autres. Surface approximative en eau estimée en m<sup>2</sup>. Le nombre d'individus capturés par coup de pêche est estimé et indiqué. Le piégeur indiquera son prénom et nom ainsi que son organisme de rattachement.

Le programme d'éradication du Xénope doit concerner prioritairement les points d'eau situés en front de colonisation. Ces secteurs possèdent les noyaux de populations les plus dynamiques, capables de coloniser de nouveaux milieux. De plus l'état des communautés d'amphibiens autochtones montre, qu'aux marges de la distribution du Xénope, les enjeux patrimoniaux sont forts avec la présence de Rainette arboricole, Triton crêté, Pélodyte ponctué comme c'est le cas notamment au niveau de Saint Nicolas. Bien que le Xénope soit présent sur ces secteurs, il n'a pas dû coloniser l'ensemble des points d'eau ce qui permet à certaines espèces d'amphibiens autochtones d'être toujours présentes. Ainsi il paraît prioritaire d'axer les efforts sur ces secteurs, situés en limite de répartition du Xénope, où le patrimoine naturel peut-être préservé si l'on intervient à temps. Le lancement d'un programme d'éradication dès 2010 serait judicieux en commençant par les marges puis le cœur de la répartition du Xénope.

### **7.3. Evaluation et suivi**

Le suivi du front de colonisation et du programme d'éradication du Xénope doit s'intégrer dans un suivi à long terme afin de rendre efficace la lutte contre le Xénope. A la fin de la saison 2010 un bilan devra être dressé sur les futures opérations. Le programme d'éradication devra être reconduit si tous les points d'eau n'ont pas été piégés et si de nouvelles observations avec le Xénope sont effectuées. Le suivi du front de colonisation permettra d'évaluer l'efficacité du programme d'éradication et d'orienter et/ou modifier les stratégies à mener dans le cadre de la lutte contre le Xénope. Egalement les mares échantillonnées dans le cadre du suivi de l'évolution de la batrachofaune locale doivent faire l'objet d'un suivi dans les années futures afin de constater soit une érosion totale, soit une réapparition des communautés d'amphibiens.

# Conclusion



Il est à souhaiter que les mares du bocage puissent retrouver un jour leur communauté d'Amphibiens suite à un programme de lutte contre le Xénope (photo : Pierre Grillet).

## 9. Conclusion

Cette présente étude a permis de mettre en évidence la poursuite de la colonisation du Xénope et de faire un état des lieux de l'avancée du front de colonisation. On retrouve l'espèce jusque sur la commune de Genneton et de Saint-Maurice-La-Fougereuse. Egalement nous avons pu mettre en évidence l'impact du Xénope sur les communautés d'Amphibiens autochtones. La situation des populations et la perte d'espèces au cœur de la répartition du Xénope est préoccupant pour la conservation de notre patrimoine naturel.

L'utilisation de nasses comme moyen de lutte contre le Xénope est envisagé dans le cadre d'un programme d'éradication à grande échelle. Disposées et relevées plusieurs jours de suite en période estivale, les nasses permettent de piéger la quasi-totalité voire l'ensemble des individus présents dans une pièce d'eau. Ceci permettra de freiner et enrayer la colonisation et la présence du Xénope. Tous les points d'eau avec présence de l'espèce doivent être piégés afin de rendre efficace la lutte. Ce programme doit être mis en place dès 2010 et doit s'inscrire dans un suivi à long terme. En effet, il sera nécessaire de mettre en place une veille écologique afin d'anticiper toute poursuite ou reprise de la colonisation mais également d'observer l'évolution des communautés d'Amphibiens autochtones.

Ce programme d'éradication doit être mené par des personnes ayant suivies des formations sur le Xénope, ayant connaissance de la problématique. Un partenariat sera nécessaire avec des acteurs locaux afin d'assurer une pression suffisante indispensable pour rendre la lutte contre le Xénope efficace. Un tel programme devrait permettre de résoudre les problèmes connus par les locaux et de préserver voire restaurer les communautés d'amphibiens, faisant partie intégrante de notre patrimoine naturel que nous devons transmettre.

## Bibliographie

- Beebee, T.J.C (1979) – A review of the scientific information pertaining to the *Bufo calamita* throughout its geographical range. *Biol. Conservation*, **16** : 107-134
- Beebee, T.J.C. & Griffiths, R. (2000) – *Amphibiens and Reptiles, a natural history of the british herpétofaune*. Harper Collins Publishers, London. 270 p.
- Fouquet, A. (2001) – Des clandestins aquatiques. *Zamenis*, **6** : 10-11.
- Grosselet, O., Thirion, J.M., Grillet, P. et Fouquet, A. 2005 – *Etude sur les invasions biologiques : cas du xénope commun ou xénope du Cap Xenopus laevis* (Daudin, 1802).
- Measey, J. 1998a – *Feral Xenopus laevis in South Wales*, UK.  
<http://botany.uwc.ac.za/presents/FocusOn/frogs/XENOPU.htm>
- Measey J. 1998b - Diet of feral *Xenopus laevis* (Daudin) in South Wales, *U. K. J. Zool.*, Lond. 246: 287-298.
- Krebs, Ch.J. (1999) – *Ecological methodology*. Second edition, Benjamin-Cummings, Menlo Park. 620 p.
- Krebs, C.J. (2000) – *Programs for Ecological Methodology*. Version 5.2, Dept. of Zoologie, University of British Columbia, Vancouver.
- Leslie, P.H. & Davis, D.H.S. (1939) – An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. *Journal of Animal Ecology*, **8** : 94-113.
- StatSoft (2004) – STATISTICA 6.0. <http://www.statsoft.com/french/welcome.html>
- Tinsley, R.C. & McCoid, M.J. (1996) – Feral populations of *Xenopus* outside Africa. *In* : The biology of *Xenopus*. Tinsley R.C. & Kobel H.R. (éd). Pp. 81-93. Zool. Soc. Of Lond., Clarendon press, Oxford. 440 p.
- Tinsley, R.C. & Kobel, H.R. 1996. *The biology of Xenopus*. Oxford University Press, Oxford. 440p.