

Conseil Général des Deux-Sèvres
Agence de l'Eau Loire Bretagne.



Etude sur les invasions biologiques : cas du Xénope commun ou Xénope du Cap, *Xenopus laevis* (Daudin, 1802)

Groupe Xénope



GROSSELET Olivier¹, THIRION Jean-Marc²,
GRILLET Pierre^{2,3} & FOUQUET Antoine³

¹ ISSNS-Philofauna (44), ² Nature-Environnement 17 (17) et ³ Nature-Environnement-Conseils (79)



Octobre 2005

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	4
RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE XÉNOPE.....	5
I-INTRODUCTION.....	6
I-1-PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DES ESPÈCES INVASIVES	6
I-2-PRÉSENTATION DU XÉNOPE COMMUN, XENOPUS LAEVIS (DAUDIN, 1802).....	7
I-2-1- <i>Systématique</i>	7
I-2-2- <i>Morphologie</i>	7
I-2-3- <i>Ecologie</i>	8
I-2-4- <i>Distribution</i>	8
I-3-EXTENSION DE LA DISTRIBUTION DU XÉNOPE PAR INTRODUCTIONS DANS LE MONDE.....	9
I-4-INTRODUCTION DU XÉNOPE EN FRANCE	9
I-5-IMPACT DU XÉNOPE SUR LES BIOCÉNOSES AUTOCHTONES.....	10
II-AIRE D'ETUDE ET METHODOLOGIE.....	11
II-1-AIRE D'ÉTUDE.....	11
II-2-INVENTORIER LE XÉNOPE	12
II-3-DISTRIBUTION DU XÉNOPE	12
II-4-CARACTÉRISATION DES POPULATIONS DU XÉNOPE DU CAP.....	14
II-4-1- <i>Densité</i>	14
II-4-2- <i>Sex-ratio</i>	15
II-4-3- <i>Biométrie</i>	15
II-5-IMPACT DU XÉNOPE SUR LES PEUPEMENTS D'AMPHIBIENS AUTOCHTONES	15
II-5-1- <i>Définition du peuplement</i>	15
II-5-2- <i>Evaluation semi-quantitative des espèces d'Amphibiens</i>	16
II-5-2-1-Epoque de prospection	16
II-5-2-2-Conditions de prospection.....	16
II-5-2-3-Richesse spécifique	16
II-5-2-4-Structure des peuplements.....	16
II-6-DÉFINITION DES ACTEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES.....	17
II-7 ERADICATION DU XÉNOPE	17
III-RESULTATS.....	18
III-1-LA DISTRIBUTION DU XÉNOPE	18
III-1-1- <i>Présence du Xénope</i>	18
III-1-2- <i>Evolution de la répartition</i>	21
III-2-CARACTÉRISATION DES POPULATIONS DE XÉNOPE DU CAP.....	24
III-2-1- <i>Densité</i>	24
III-2-2- <i>Sex-ratio</i>	25
III-2-3- <i>Biométrie</i>	25
III-3-IMPACT DU XÉNOPE	27
III-3-1- <i>Richesse spécifique</i>	27
III-3-2- <i>Diversité spécifique</i>	29
III-3-3- <i>Populations de grands Tritons</i>	31
III-3-3-1-Biométrie	31
III-3-3-2-Ponte	32
III-4-STRATÉGIE DE PROGRESSION DU XÉNOPE	33
III-5-DÉFINITION DES ACTEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES	36
IV-DISCUSSION	38
IV-1-MÉTHODOLOGIE.....	38
IV-2-RÉPARTITION DU XÉNOPE	39
IV-3-IMPACT DU XÉNOPE	41
IV-4-PERSPECTIVES.....	42

V-REFERENCES	45
VI-ANNEXES.....	47
ANNEXE 1 : SYSTÉMATIQUE DU XÉNOPE DU CAP OU COMMUN	48
ANNEXE 2 : COORDONNÉES DES AUTEURS.....	49
ANNEXE 3 : COMPTE-RENDU D’ACTIVITÉ (277 JOURS)	50
ANNEXE 4 : POSTER IMPACT DU XÉNOPE SUR LES GRANDS TRITONS, SHF 2004	51
ANNEXE 5 : POSTER DE PRÉSENTATION DE L’ÉTUDE, MÉNIGOUTE (79) 2004	52
ANNEXE 6 : PLAQUETTE D’INFORMATION AU PUBLIC	53
ANNEXE 7 : FICHE D’ENQUÊTE	54
ANNEXE 8 : UTILISATION D’UN SYSTÈME D’INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG)	55
1 - Pourquoi un SIG dans le projet Xénope ?.....	55
2 – Analyse par une distribution de Poisson.....	55
3 - Analyse de Quadrats (quadrillage régulier)	55
4 - Analyses du plus proche voisin.....	55
5 – Analyses par les fonctions mathématiques de type <i>kernel</i>	55
6 - Relations d'adjacence et de contiguïté.....	56
7 – Conditions de réalisation.....	56
ANNEXE 9 : TABLES DES ILLUSTRATIONS	57
Clichés.....	57
Figures	57
Tableaux.....	57
Cartes.....	58

Citation conseillée

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)*. Conseil Général des Deux-Sèvres (Niort) et Agence de l’Eau Loire-Bretagne (Poitiers), 58p.

Remerciements

Cette étude a bénéficié du concours financier de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et du Conseil Général des Deux-Sèvres. Les auteurs de l'étude tiennent à remercier l'établissement public et la collectivité départementale pour leur soutien et tout particulièrement Samuel André de l'Agence de l'Eau, Geneviève Sauvé, Jean-Paul Baron et Florence Gaboriau du Conseil Général pour leur soutien efficace dès la présentation de ce projet, il y a quatre années. Les élus du département qui ont accepté de nous faire confiance et notamment la commission devant laquelle nous avons présenté et débattu de ce projet nous ont permis de mener ce travail qui porte sur une préoccupation de plus en plus forte et dont les impacts écologiques (biodiversité) et économiques peuvent être très importants : les espèces invasives. Nous remercions également les Maires des communes concernées qui ont tous été informés de l'étude et qui ont relayé l'information auprès des habitants de leur commune.

Nos remerciements vont également aux personnes et organismes qui nous ont transmis des informations, tout particulièrement Eric Bachelier et Michel Bramard du Conseil Supérieur de la Pêche et l'ensemble de la garderie. La Fédération Départementale de Pêche et son Président, monsieur Philippe Petiteville qui notamment nous a permis de présenter l'étude lors d'une assemblée générale de la Fédération. L'ensemble des techniciens de rivière qui ont joué un rôle de transmission de l'information et de récoltes de données sur le terrain et les propriétaires d'étangs et de mares, qui soit, nous ont contacté pour nous fournir des informations, soit ont accepté que nous prospections sur leurs terrains

Un grand merci aux naturalistes et scientifiques qui nous ont aidé lors de nos prospections : Frédéric Beau et Michael Guillon tout particulièrement, Olivier Lorvelec, Philippe Chouteau et à John Measey, spécialiste international du Xénope pour ses conseils et sa disponibilité.



Cliché 1. Des échanges fructueux entre spécialistes.

De gauche à droite : Antoine Fouquet, Olivier Lorvelec, Pierre Grillet, Philippe Chouteau et John Measey (Photo. O. Grosselet).

Enfin, nous n'oublions pas Françoise et Michel Fouquet pour leur chaleureux accueil chez eux lors des campagnes de terrain.

Résumé de l'étude Xénope

Contexte. La présente étude est soutenue par le Conseil Général des Deux-Sèvres et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. Elle a été conduite sur 3 années consécutives, de 2003 à 2005. Elle inclut les premiers résultats obtenus par Antoine Fouquet, en 2001 et 2002. L'objectif fut de dresser l'état de la répartition du Xénope sur les départements des Deux-Sèvres et du Maine-et-Loire, d'estimer sa vitesse de progression et les impacts éventuels de cette espèce sur la faune autochtone.

Répartition. Une pression globale de plus de 1200 nuits-pièges a permis de rendre compte de l'aire de répartition. Au minimum, le territoire investi couvre une surface de 102 km² à 139 km². 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 km² en 2005, il dépassera nettement les 250 km² en 2010.

Impact. Cette progression menace la diversité des 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'œufs déposés est moindre dans les mares partagées avec le Xénope. Cette espèce introduite occasionnerait par conséquent une dépression à la fois qualitative et quantitative des populations d'Amphibiens.

Perspectives. *Il en découle que nous pouvons considérer l'espèce comme invasive. Etant donné l'étendue actuelle de sa répartition, de la difficulté d'accéder à tous les plans d'eau et encore plus à celle de le capturer dans les cours d'eau, et vu son impact sur les Amphibiens autochtones, nous devons le plus vite possible établir une cellule de coordination, un réseau d'observateurs et programmer une action de grande envergure pour arrêter sa progression, en déprimant les populations centrales et en éliminant les populations périphériques.*



Cliché 2. Face à face avec le Xénope commun

I-INTRODUCTION

I-1-Problématique générale des espèces invasives

La trilogie société – économie – écologie est désormais unie dans la récente conception de développement durable. Cette prise de conscience politique dépasse largement la sphère des sociétés industrielles, et s'étend aux pays en voie de développement largement touchés par les bouleversements de milieux. En effet ils se répercutent sur la santé humaine et les potentialités futures de développement. Dans cette vision à long terme, l'étude de l'érosion de la biodiversité est devenue un enjeu social et économique. Dès les années 80, de nombreux scientifiques ont posé les bases de la réflexion écologique, comme Ehrlich P.R. et Ehrlich A.H., Harris L.D., Soulé M. ... La première étape fut de distinguer l'extinction naturelle de celle liée à l'Homme, puis de mesurer les causes de la perte de biodiversité. Les deux facteurs majoritaires identifiés sont tout d'abord la destruction, la fragmentation et la dégradation de l'habitat, suivi de l'introduction d'espèces allochtones ou exotiques (Primack 1993). Trois grands mécanismes d'introductions sont identifiés : la colonisation européenne, qui depuis au moins le XIV^{ème} siècle apporte un cortège d'espèces continentales sur nombre d'îles, dont l'Australie ; l'agriculture et l'horticulture qui introduisent de nombreuses espèces de plantes de part le monde ; et les transports accidentels, liés aux activités humaines. En France, de nombreuses espèces animales ont déjà été introduites accidentellement, soit avec l'apport de matériaux, soit par des initiatives d'élevages commerciaux ou individuels se soldant par l'évasion ou la libération des animaux. Ainsi sont venus des espèces américaines, comme les Ecrevisses, le Poisson-chat, le Vison d'Amérique, le Raton laveur, le Ragondin, le Rat musqué et la Tortue de Floride, ou d'Asie comme le Cerf sikka. L'introduction d'Amphibiens est un phénomène plus récent en France. Deux cas majeurs sont documentés : la Grenouille taureau et la Grenouille rieuse. A ces deux espèces notables, vient s'ajouter une troisième : le Xénope du Cap. Le problème posé par l'introduction d'espèces exotiques est la menace d'une interférence négative avec les espèces autochtones, soit par compétition directe (prédation) ou indirecte par télescopage des niches écologiques, soit par l'apport de maladies, pouvant occasionner des zoonoses, voire contaminer directement l'Homme (Crossland 2000, Williamson 1999).



Lorsque l'introduction d'une espèce allochtone induit ou est susceptible d'induire des dommages économiques ou environnementaux ou de nuire à la santé humaine, elle devient une espèce invasive. La présente étude a pour objectif de déterminer le statut du Xénope en France. Doit-il être considéré comme une espèce invasive ?

I-2-Présentation du Xénope commun, *Xenopus laevis* (Daudin, 1802)

I-2-1-Systématique.

Le Xénope commun ou Xénope du Cap, *Xenopus laevis* (Daudin, 1802), est un Amphibien de l'ordre des anoures ([Annexe 1](#)). Il fait partie de la famille des *Pipidae* dont le genre *Xenopus* est propre à la région éthiopienne. Le Xénope commun est une espèce qui est constituée d'au moins six sous-espèces (*laevis*, *petersii*, *poweri*, *victorianus*, *bunyoniensis* (= *vestitus*), *sudanensis*). *Xenopus borealis* est maintenant considéré comme une espèce distincte et Poynton et Broadley (1985) considère *Xenopus laevis poweri* comme un synonyme de *Xenopus laevis petersii*.

I-2-2-Morphologie.

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. Par ailleurs *laevis* 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 : le système de la ligne latérale, comparable à celle des Poissons ou des têtards. Il se présente sous la forme de petites barres blanches ressemblant à des coutures maladroites. Ainsi le Xénope s'apparente à une savonnette griffue et cousue main ! Enfin, comme il vit sur le fond, ses yeux sont situés sur le dessus de la tête et non sur le côté. Les têtards sont également aisément reconnaissables : ils se déplacent en groupe et se reposent en position inclinée, la tête vers le fond. En main les deux longues moustaches du têtard rappellent le Poisson-chat, une autre espèce introduite.

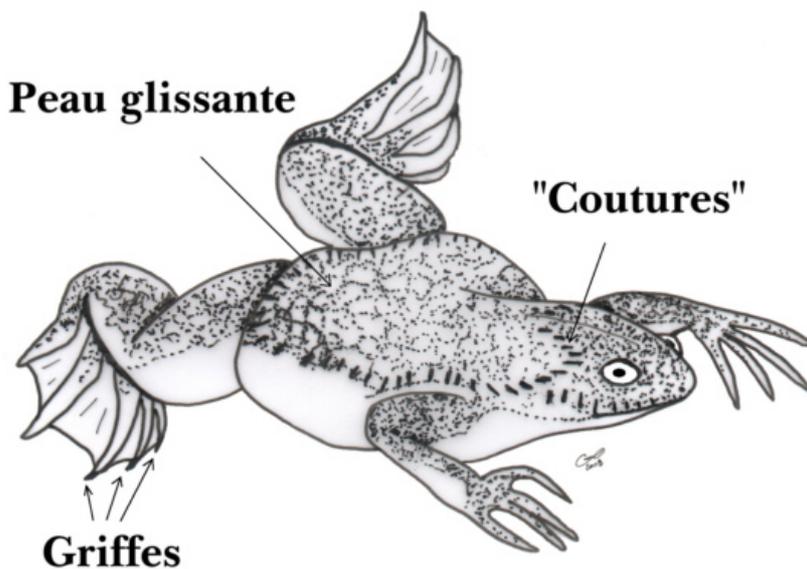
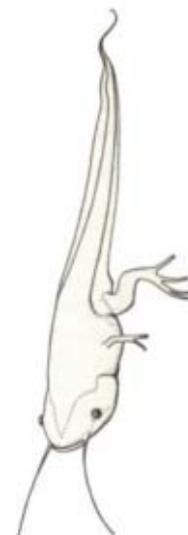


Figure 1. Le Xénope adulte et les critères de reconnaissance



Barbillons

Figure 2. Larve de Xénope

I-2-3-Ecologie.

En Afrique, on trouve le genre Xénope 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, Loumont & Kobel, 1996). Cette espèce à large 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 commun 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, 1998). 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 & McCoid, 1996). Le succès de reproduction est dû entre autre à la disponibilité en phytoplancton entre le mois d'avril et d'août (*loc. cit.*). Cette espèce passe la majeure partie de son temps dans l'eau. Elle peut effectuer des déplacements terrestres de plusieurs centaines de mètres. Ainsi, Measey (1998a) mentionne un individu s'étant déplacé de 200 m en 48 heures 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 zones humides « d'habitat de reproduction », le déplacement entre ces deux sites étant une migration qui se déroule souvent en milieu terrestre. Lors de périodes sèches, dans son aire d'origine, l'espèce se cantonne à certaines mares et lors de pluies torrentielles elle émigre vers d'autres zones humides. Ce comportement est un avantage considérable pour la colonisation de nouveaux habitats (Tinsley, Loumont & Kobel, 1996).

I-2-4-Distribution

L'aire naturelle de répartition du Xénope commun est étendue au-dessus du 40° de latitude sud dans une grande partie de la moitié sud de l'Afrique. La distribution actuelle du genre *Xenopus* est probablement le reflet des contraintes dues aux changements réguliers du climat durant le pléistocène (Tinsley, Loumont & Kobel, 1996). Le Xénope commun occupe la savane de l'Afrique du Sud au nord du Kenya, l'Ouganda et le nord-est du Zaïre ainsi que l'ouest du Cameroun (Anonyme, 2001). Il occupe également les régions fraîches entre les forêts tropicales de l'ouest et les savanes sèches de l'est et du nord. Cependant, le Xénope du Cap, fréquent en Afrique du Sud (*ssp. laevis*), est adapté à un climat méditerranéen (Tinsley & McCoid, 1996).



Figure 3. Aire d'origine du Xénope du Cap.

I-3-Extension de la distribution du Xénope par introductions dans le monde

Le Xénope commun 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 mais aussi comme animal de compagnie (Tinsley & Kobel, 1996). Cette espèce a été introduite aux Etats-Unis dans 11 états ainsi qu'au Chili, dans l'île de Wight vers 1962 où la population n'aurait pas fait souche. Elle est signalée au sud du Pays de Galle en 1979 où des populations se sont établies, dans le sud-est et le sud-ouest de l'Angleterre, en Allemagne, en Hollande et aux Iles d'Ascension où la dernière mention de l'espèce remonte à 1980 (Tinsley & McCoid, 1996). Jusqu'au début des années 90, il existait une population dans une mare du sud-est de Londres. Depuis, l'espèce a disparu, probablement éliminée par la prédation des poissons (Beebee et Griffiths, 2000). La particularité de cette espèce est sa large gamme de milieux colonisés. Au Pays de Galle, le Xénope commun se reproduit dans une citerne enterrée d'un château abandonné ainsi que dans les ruisseaux et les mares des alentours (Tinsley & McCoid, 1996). Pour d'autres populations allochtones, comme à l'île de Wight, le Xénope commun occupe les mares argileuses du bord de falaises. Aux Etats-Unis, il fréquente les mares de jardin, les mares artificielles de Golf (Arizona), ou des canaux, des fossés de drainage, des mares artificielles de parcs privées, des mares de Campus universitaires, des lacs (Californie) (*loc. cit.*). Côté français, une première approche montre que le Xénope fréquente les vieilles mares envahies par la végétation et les étangs fraîchement creusés et empoisonnés (Fouquet, 2001). De 2001 à 2004, l'estimation de l'étendue colonisée par l'espèce a révélé qu'en dépit d'un climat tempéré, la dynamique de colonisation est très rapide. Elle bénéficie particulièrement des cours d'eau et des réseaux serrés de milieux stagnants. Ainsi, elle colonise l'espace par la nage ou par des migrations terrestres (Fouquet et Measey, in press).

I-4-Introduction du Xénope en France

En France, la première mention de Xénope remonte à l'année 1998 où Bernard Canteau découvre quelques stations dans le nord Deux-Sèvres (Fouquet, 2001). Ces individus sont à rattacher à *Xenopus laevis* du fait des caractères suivants : une peau lisse et visqueuse, des pieds à trois griffes (doigts 1-3), un prehallux sans griffe et petit, des tentacules suboculaires présentes (petites), un membre postérieur 15 à 20% plus long que la longueur du corps (museau-cloaque), et un cinquième doigt plus long que le tibia. Son introduction remonterait à la fin des années 1980 à partir d'un centre d'élevage fournissant le C.N.R.S., centre aujourd'hui fermé et situé à Fronteau, sur la commune de Bouillé-Saint-Paul, au nord des Deux-Sèvres, dans l'Argentonnais (Claude Nottebaert, comm. pers.). Ce même centre a élevé également des Pleurodèles. En 2001, Antoine Fouquet et Bernard Canteau connaissent le Xénope entre Argenton-Château et Thouars sur les communes de : Bouillé-Saint-Paul, Massais et Mauzé-Thouarsais. De plus, quelques stations sont signalées dans le Maine et Loire. Les connaissances sur sa répartition demeurent toutefois lacunaires dans ce département. Au lancement de la présente étude en 2003, la surface de la répartition de l'espèce était approximativement de 60 km² dans le nord Deux-Sèvres.

I-5-Impact du Xénope sur les biocénoses autochtones

A l'heure actuelle en Grande-Bretagne, on ne connaît pas l'impact de cette espèce qui se trouve en sympatrie avec des espèces d'Amphibiens autochtones (Beebee et Griffiths, 2000). En France, l'impact du Xénope commun n'a pas fait l'objet de recherche et aucune opération de gestion n'a été menée à ce jour. Les exemples d'introductions désastreuses ne manquent pas, qu'il s'agisse de poissons (Axelsson *et al.*, 1997 ; Knapp & Matthews, 2000 ; Bradford *et al.*, 1998 ; Lawler *et al.*, 1999), ou d'amphibiens comme *Bufo marinus* (Crossland, 2000 ; Williamson, 1999 ; Lawler *et al.*, 1999). L'introduction d'espèces prédatrices exotiques dans les milieux dulçaquicoles peut en altérer rapidement et significativement la diversité spécifique et la composition biologique. Elle peut provoquer des cascades trophiques (Measey, 1998b) et exercer une prédation directe ou concurrentielle sur certains groupes faunistiques.

Sa résistance et la facilité d'élevage ont participé à faire de cette espèce un animal de laboratoire utilisé à grande échelle en tant que modèle en biologie du développement, en biologie cellulaire et moléculaire ainsi que pour les tests de grossesse. Si le Xénope est l'un des amphibiens les mieux connus en captivité, son écologie est *a contrario*, très mal connue (Measey 1998a) et l'impact de ses populations exogènes toujours délicat à évaluer (Tinsley & McCoid, 1996).

Bon nombre des amphibiens autochtones sont déjà en régression dans le Centre-Ouest de la France, principalement en raison de la dégradation de leurs habitats (Thirion *et al.*, 2002). Ils pourraient subir une pression supplémentaire du fait de cette présence exogène.

Il a donc semblé nécessaire de mieux connaître l'étendue de la zone colonisée et l'impact de l'espèce sur les autres Amphibiens.



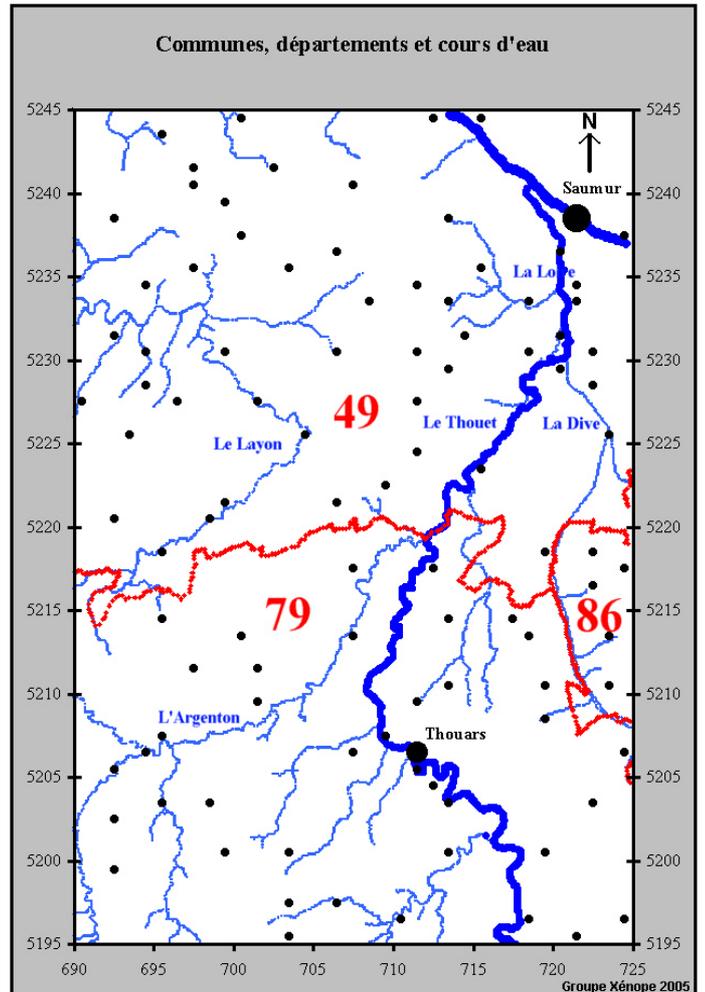
Cliché 3. Xénopes mâle et femelle en main dans les Deux-Sèvres

II-AIRE D'ETUDE ET METHODOLOGIE

II-1-Aire d'étude

L'aire d'étude a été définie afin d'inclure l'ensemble des sites de présence connus du Xénope et élargie afin de prendre en compte sa progression. Au total elle couvre 1750 km², avec 35 km d'ouest en est et 50 km du sud au nord. Elle concerne 3 départements, avec au sud les Deux-Sèvres (79) au nord le Maine-et-Loire (49) et à l'est la Vienne (86). Elle inclut 104 communes, dont celles de Saumur et de Thouars. Le réseau hydrographique est marqué par la Loire, au nord, et son affluent le Thouet, d'axe nord – sud. Deux autres rivières d'importance se jettent dans le Thouet : l'Argenton dans les Deux-Sèvres et la Dive, en Vienne. Enfin, en plus du bassin versant de la partie aval du Thouet, l'aire d'étude est parcourue par une portion du bassin versant du Layon, côté ouest du Maine-et-Loire.

Pour des raisons pratiques, nous avons choisi de représenter les informations sur un quadrillage UTM WGS 84 kilométrique. Ainsi chaque unité géographique est comparable et ce géo-référencement est compatible avec les GPS des trois équipes.



Carte 1. Aire d'étude du Xénope du Cap, 2003 – 2005.

En bleu, réseau hydrographique ; cercles noirs, les chefs-lieux de commune ; en rouge, limites départementales ; amorces extérieures de la projection UTM dans le système géographique WGS 84.

II-2-Inventorier le Xénope

L'inventaire du Xénope du Cap procède de deux approches : le questionnement auprès des particuliers et des usagers des milieux halieutiques (*cf.* Annexe 7) et le piégeage du Xénope dans les mares, fossés et cours d'eau. Dès 2003, nous avons commencé par capturer dans les eaux régies par le Conseil Supérieur de la Pêche. A cette fin, une autorisation de capture d'amphibiens à des fins scientifiques a été obtenue en 2003 et 2004 auprès du Préfet des Deux-Sèvres.

De par sa biologie particulière, la technique de capture appropriée devait s'adapter à un animal carnivore aquatique. Nous avons opté pour des nasses à double entrée utilisées pour les Poissons-chats. Ce moyen d'interception présente l'avantage d'être pliable et d'avoir des mailles de 10 millimètres, suffisamment serrées pour retenir même les juvéniles. L'appât consiste en des croquettes canines. Nous avons commencé par une dizaine de nasses. A partir de 2004, nous disposons de 20 nasses, permettant de couvrir entre 6 et 10 points de capture par 24 heures.



Cliché 4. Nasse en vue longitudinale

Enfin, dans le but d'identifier les facteurs favorisant sa progression, le réseau hydrographique permanent et les mares ont été numérisés sur les 1750 km² de l'aire d'étude.

II-3-Distribution du Xénope

Les premiers travaux d'inventaires ont été effectués par Antoine Fouquet. Nous sommes partis de cette base d'information pour diriger la prospection sur les franges périphériques de l'aire maximale connue. De plus, des points de contrôle dans l'aire de répartition ont été régulièrement effectués afin de tester le maintien de l'espèce.

L'étude de la répartition a été faite à partir d'un maillage kilométrique suivant les coordonnées UTM du système géographique WGS 84. L'aire d'étude s'étendant sur 35 par 50 kilomètres ; le maillage comprend 1750 mailles. En raison des informations successives concernant la présence du Xénope, l'effort de prospection s'est concentré sur les mailles au sein de l'aire de répartition et dans sa périphérie immédiate.

Chaque zone testée est répertoriée géographiquement à l'aide d'un GPS. Les coordonnées sont projetées sur un fond cartographique IGN avec le logiciel Carto Exploreur 3 de Bayo.



Cliché 5 à 10. Le positionnement de la nasse de capture par Pierre Grillet



Cliché 11. Nasse en limite de capturabilité

II-4- Caractérisation des populations du Xénope du Cap

Nous avons échantillonné 13 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.

II-4-1-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
- Par piège, chaque individu a la même probabilité de capture et ce 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). 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 :

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

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

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 :

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

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).

II-4-2-Sex-ratio

La sex ratio mesurée est celle des adultes, observés durant le programme de capture. Le Xénope du Cap est caractérisé par un dimorphisme sexuel. Les femelles sont plus grosses que les mâles et celles-ci ont les bordures du cloaque renflées. 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.

II-4-3-Biométrie

Nous avons relevé sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul, des paramètres biométriques sur les populations du Xénope du Cap. Sur chaque individu, nous avons mesuré la longueur museau-cloaque à l'aide d'un pied à coulisse d'une précision de 1/10 de mm avec une erreur standard de $\pm 0,04$ mm. De plus, nous avons relevé le poids à l'aide d'un dynamomètre d'une précision de 1 g et une erreur standard de ± 3 g.

Pour éprouver l'indépendance de deux variables qualitatives, à partir d'un tableau de contingence à L lignes et C colonnes, on effectue un test du Khi-deux (χ^2). Alors que pour éprouver l'indépendance de deux variables quantitatives, on utilise le coefficient de corrélation de Pearson. La comparaison de deux droites de régression a été réalisée à l'aide d'un test globale de coïncidence.

Le dimorphisme sexuel (d_s) a été calculé suivant la formule d'Arak (1988) :

$$d_s = \log(x \text{ mâle}) - \log(x \text{ femelle})$$

avec x qui désigne le paramètre biométrique.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec les logiciels suivant : PRIMER 4.02 (Glantz, 1996) et XLSTAT 4.0 (Fahmy, 1999).

II-5-Impact du Xénope sur les peuplements d'Amphibiens autochtones

Nous avons effectué l'échantillonnage des mares de trois secteurs. Le premier, sans Xénope, se trouve sur la commune de Genneton avec 8 mares (B). Le second, avec Xénope, se situe sur la commune de Mauzé-Thouarsais à 5,1 Km du lieu d'introduction comprenant 9 mares (A). Le dernier, avec Xénope, est localisé autour de la commune de Bouillé-Saint-Paul proche du lieu d'introduction de l'espèce avec 11 mares (C).

II-5-1-Définition du peuplement

Nous avons choisi la définition de Dajoz (1996) :

« Ensemble d'individus appartenant à plusieurs espèces qui coexistent dans un même milieu et qui forment des ensembles fonctionnels en interactions les uns avec les autres. ».

II-5-2-Evaluation semi-quantitative des espèces d'Amphibiens

II-5-2-1-Epoque de prospection

La présence à un moment donné des reproducteurs au sein du réseau de fossé dépend de l'espèce et de la population considérée. De ce fait, il nous faut connaître les différentes espèces reproductrices d'Amphibiens qui passent à différentes époques dans les habitats aquatiques. Deux périodes ont été définies, du 15/03 au 30/03- du 1/04 au 15/04

II-5-2-2-Conditions de prospection

Les températures crépusculaires doivent être au moins de 10°C. Le vent doit être léger et orienté de préférence : sud, sud/ouest, ouest, nord/ouest. Chaque prospection de terrain doit se faire à partir de 2 heures après le coucher du soleil. Les nuits de pleine lune sont à éviter (défectabilité de l'observateur).

II-5-2-3-Richesse spécifique

La richesse spécifique est le nombre d'espèces présentes sur une aire géographique, à un moment donné. Elle nécessite un inventaire qualitatif des espèces. Les Amphibiens peuvent être identifiés par l'observation à différents stades (adulte, ponte, larve...) et de deux manières : par la vue ou le chant. Lors de difficultés d'identification, une photo est prise ou le chant est enregistré à l'aide d'un lecteur – enregistreur digital sur minidisques. Les larves sont identifiées à l'aide de l'ouvrage de Grillet et Thirion (1997).

II-5-2-4-Structure des peuplements

La structure des peuplements est estimée à l'aide des indices de Shannon intra biotope, notés H'_α (Blondel, 1979). Elle est dans ce cas assimilée à la diversité spécifique, rapport entre l'ensemble des espèces et leur abondance réciproque. La mise en place de ces analyses nécessite de connaître l'abondance relative de chaque espèce. Sur le site d'étude, les Amphibiens peuvent être dénombrés par : l'écoute (Péloodyte ponctué, Crapaud commun, Rainette arboricole, Complexe des Grenouilles vertes), les pontes (Grenouilles agiles, Grenouilles rousses), l'observation directe à l'aide d'une lampe frontale (Rainette arboricole, Triton palmé, Triton marbré, Crapaud commun, Crapaud calamite) (Joly et Deheuvels, 1997). Afin d'estimer l'abondance relative de la communauté d'Amphibiens on pose l'hypothèse que chaque espèce a une sex-ratio équilibrée. La quantification sera effectuée sur la moitié représentative de la mare ou de l'étang afin de diminuer le dérangement.

- Un itinéraire échantillon à 5 mètres de la berge où sera noté le nombre de chanteurs de chaque espèce.
- Un nouvel itinéraire échantillon le long de la berge avec une lampe où tous les contacts avec une espèce sont notés (adulte ou ponte).
- La pêche sera réalisée à l'aide d'une épuisette de pisciculture (grande, robuste, maille de 4 à 5 mm) sur une surface où l'abondance relative sera estimée par le nombre d'individus capturés en fonction de l'effort de piégeage (nb/m²).

La comparaison de la richesse spécifique et de la diversité en fonction des secteurs a été réalisée par un test non paramétrique sur les rangs de Mann-Whitney.

La diversité spécifique a été calculée à l'aide du programme "Programs for Ecological Methodology" (Krebs, 2000).

II-6-Définition des acteurs socio-économiques

Nous avons identifié les acteurs en distinguant les acteurs de terrain des acteurs institutionnels. Cette distinction est faite en vue de poser les bases d'un suivi de l'évolution de l'espèce.

II-7 Eradication du Xénope

Outre l'expérimentation de la capturabilité, nous avons testé plusieurs types de pièges : la nasse à Poissons-chats, la senne et l'épuisette. Cette efficacité est estimée à partir du temps passé, de la facilité de mise en œuvre et de la capacité à capturer les individus par unité de temps.



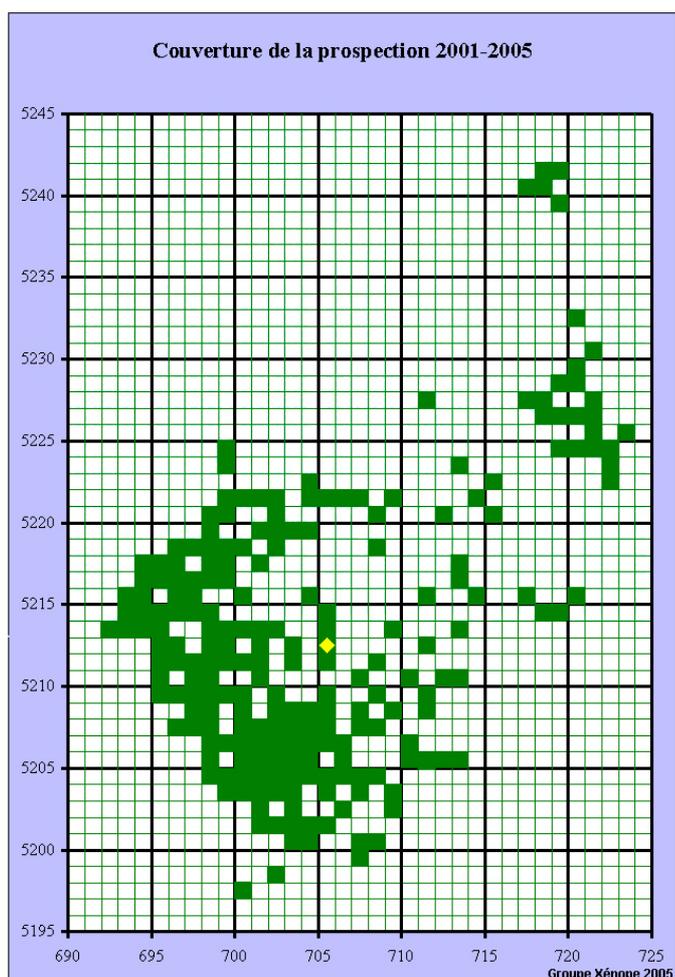
Cliché 12. Nasse en action, mare de la Roche, Coulonges-Thouarsais (79)

III-RESULTATS

III-1-La distribution du Xénope

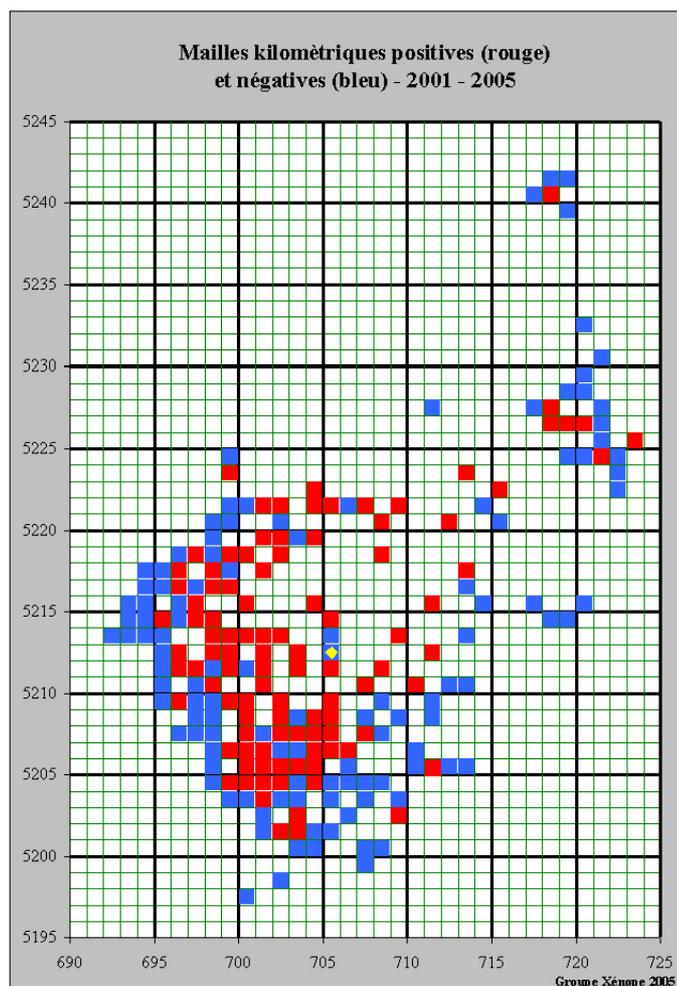
III-1-1-Présence du Xénope

En août 2005, cette étude couvre 215 mailles kilométriques, avec 504 sites piégés correspondant à un effort de prospection d'environ 1200 nuits-pièges.



Carte 2. Couverture de la prospection de 2001 à 2005.

En vert, mailles kilométriques avec au moins une nuit-piège ; en jaune, point d'introduction du Xénope.



Carte 3. Résultat global de la prospection de 2001 à 2005.

En rouge, présence du Xénope ; en bleu, aucune présence décelée ; en jaune, point d'introduction du Xénope.

Nous obtenons 161 sites positifs où le Xénope du Cap est présent, correspondant à 173 sites et 102 mailles kilométriques, c'est-à-dire 47 % des mailles. Les sites négatifs couvrent 114 mailles kilométriques et correspondent à 333 sites. Curieusement, le Xénope n'a pas été retrouvé sur le site de Fronteau, dans la mare de la fontaine de l'Espoir. Il est également absent dans la maille nord. L'effort de prospection a été concentré sur le front ouest de la progression afin de mesurer l'évolution de sa répartition.

Cette répartition concerne 26 communes, dont 11 en Maine-et-Loire et 15 en Deux-Sèvres.

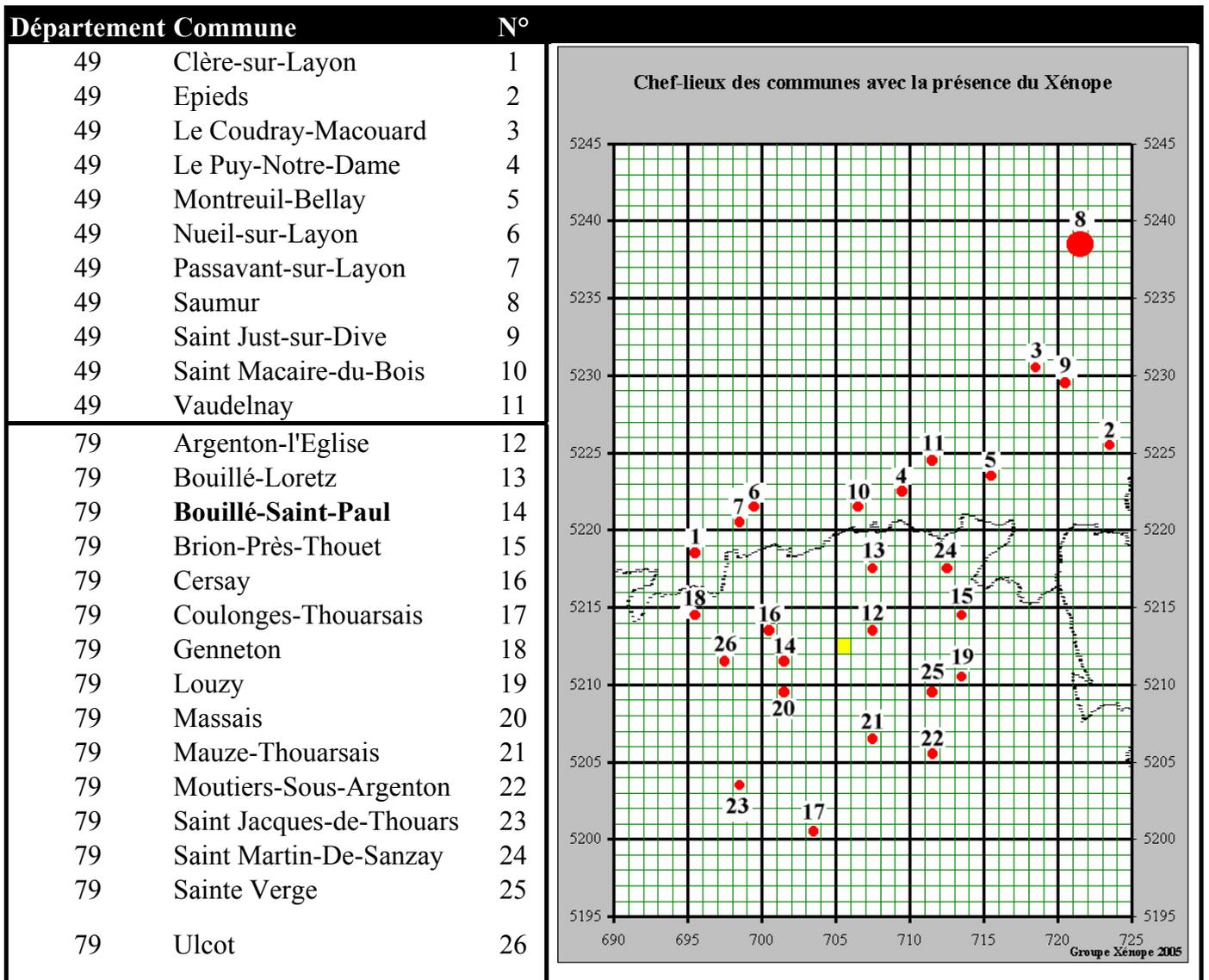


Tableau I. Liste des 26 communes positives. En gras, la commune à l'origine de l'introduction.

Carte 4. Distribution des chefs-lieux des 26 communes avec au moins une mention de la présence du Xénope du Cap. En jaune, point d'introduction du Xénope.

Considérant que l'espèce a été introduite autour de 1985, nous pouvons mesurer une vitesse de progression. Nous excluons le point saumurois disjoint du noyau de la répartition. Aucune mention positive n'a été trouvée entre les points des communes du Coudray-Macouard (n°3) et de Saumur (n°8). Aux points cardinaux de la diffusion de l'espèce, nous avons au nord-est le point d'Epieds (n°2) avec 21,7 km, au nord-ouest celui de Nueil-sur-Layon (n°6) avec 12,6 km, à l'ouest celui de Genneton (n°18) avec 9,9 km et au sud celui de Coulonges-Thouarsais (n°17), avec 11,6 km.

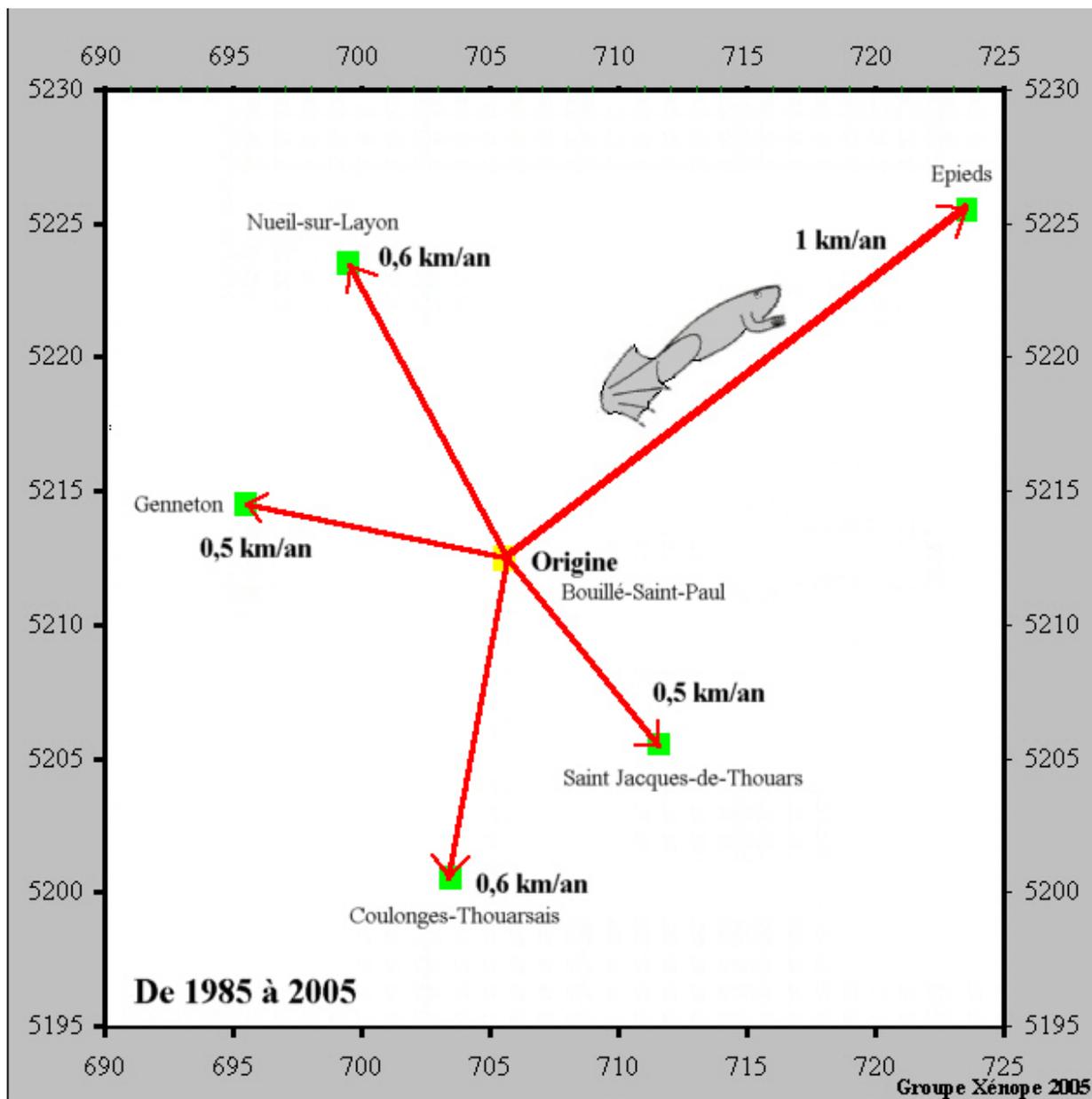
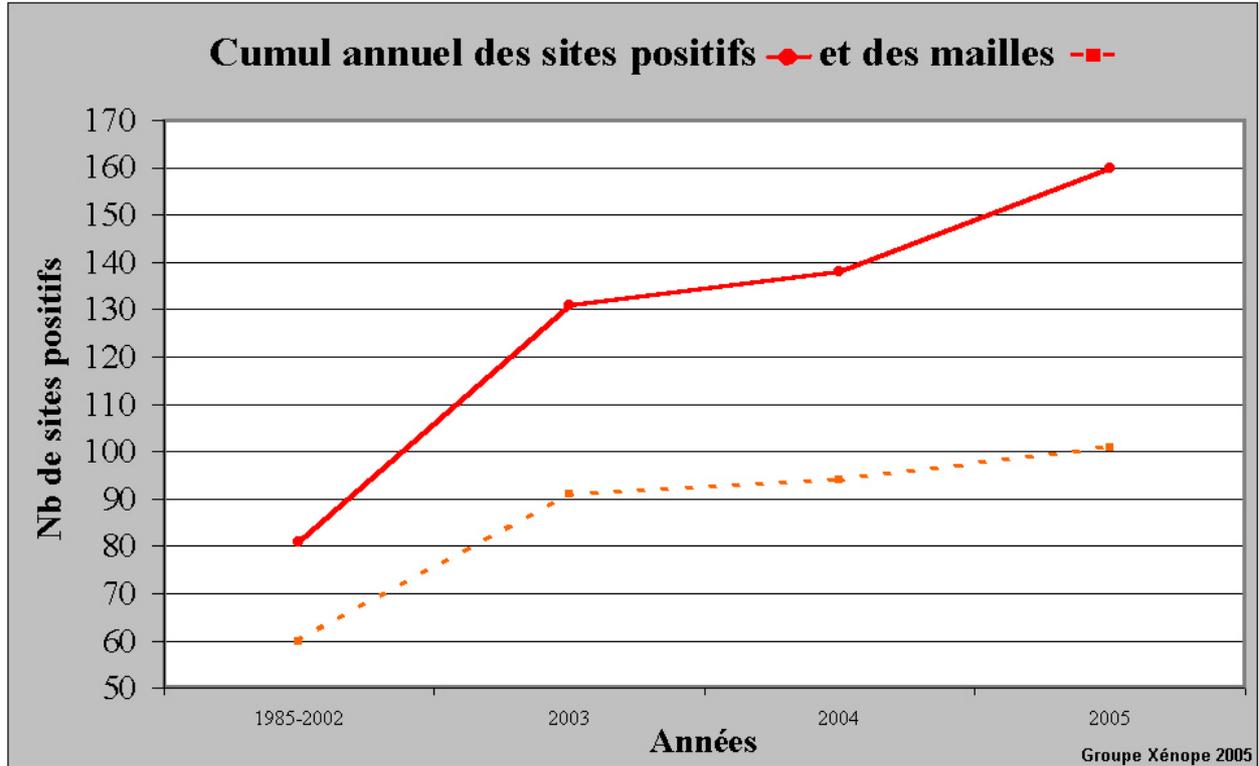


Figure 4. Vitesse annuelle de progression du Xénope, sur 20 ans.

Ainsi, sur une échelle de 20 ans, nous pouvons définir une vitesse de propagation comprise entre 0,5 à 1 km par an. Si le point de Saumur s'avérait en continuum, cette progression serait de 1,5 km par an dans l'axe nord. Les progressions nord-ouest, ouest, sud et sud-est suivent une cinétique comparable de 0,5 à 0,6 km par an, tandis que sa progression nord-est est deux fois plus rapide (cf. Fig.4).

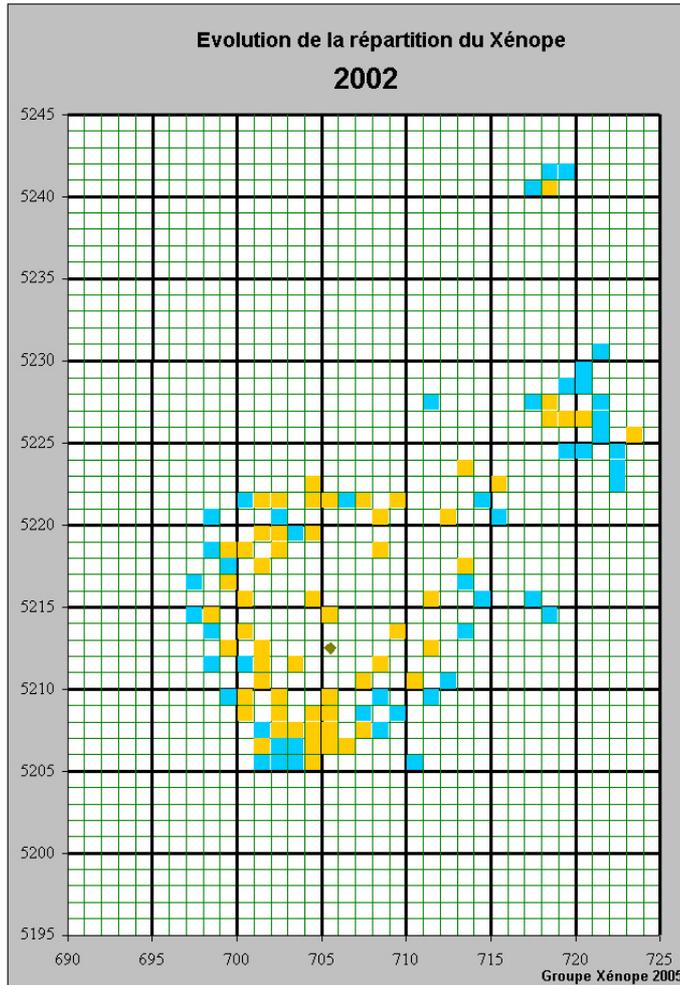
III-1-2-Evolution de la répartition

L'une des problématiques essentielles est de savoir si la population du Xénope du Cap est stabilisée ou si elle s'étend et à quelle vitesse.



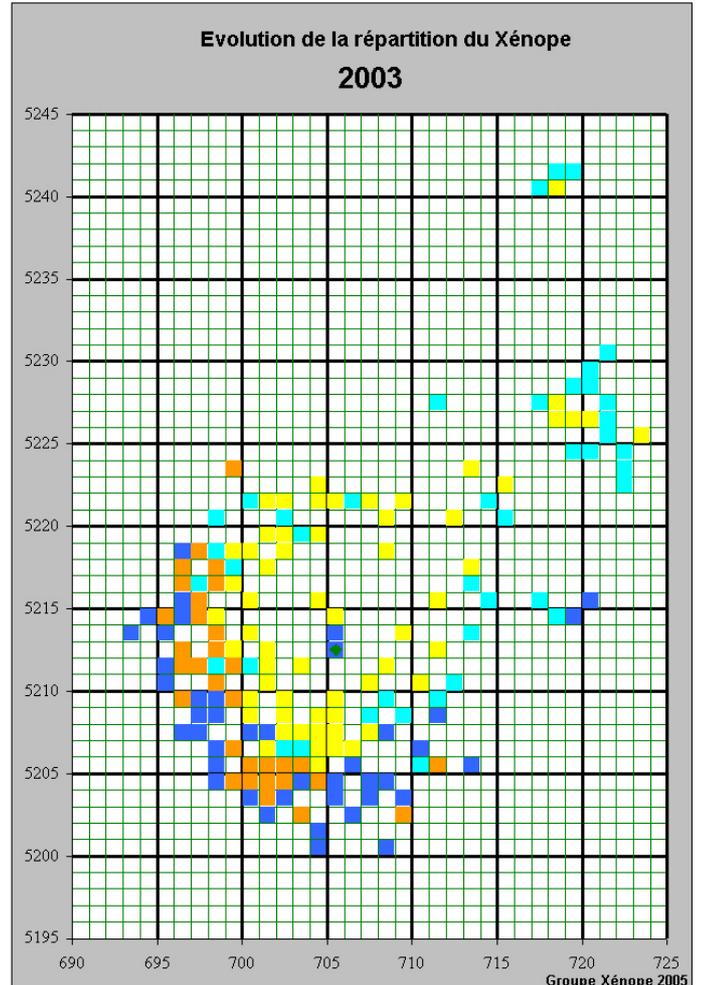
En 2002, 81 sites sont connus, couvrant 60 mailles. En 2005, nous passons à 161 sites et 102 mailles. Le nombre de sites s'accroît plus rapidement que celui du nombre de mailles du fait qu'un kilomètre carré peut contenir plusieurs sites. Ainsi en 3 ans, le nombre de sites connus a doublé, pour une couverture de surface passant de 60 à 102 km².

Les quatre cartes suivantes témoignent d’une avancée permanente. Le point de Saumur, disjoint de l’aire de répartition, n’est pas confirmé dans le courant de la prospection 2005. S’agissait-il d’un individu isolé ?



Carte 5. Evolution annuelle de la répartition du Xénope : état des connaissances en 2002.

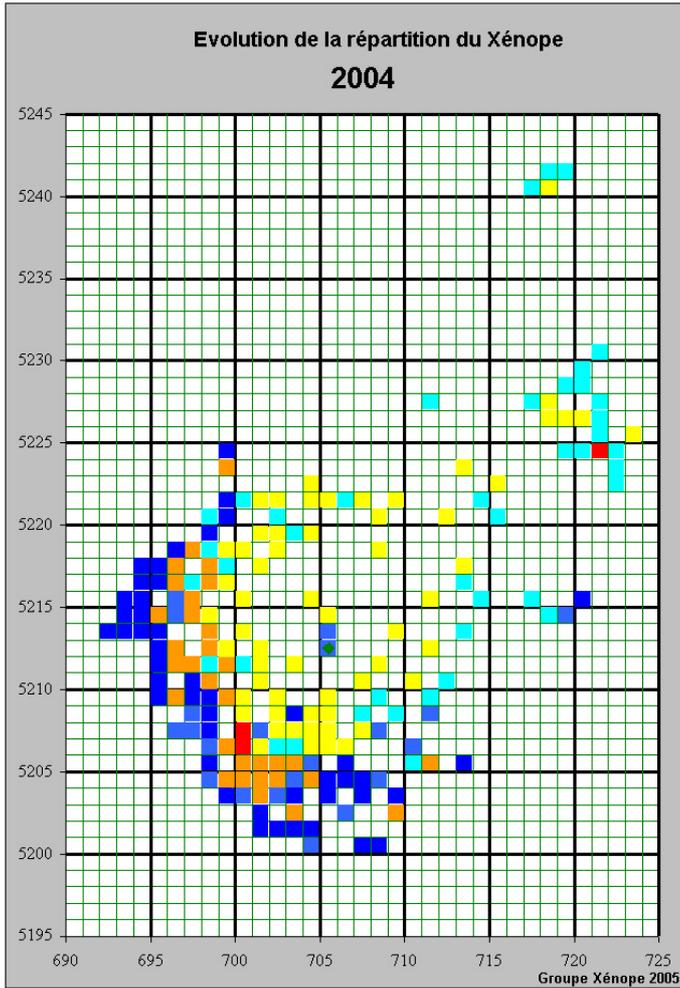
Losange vert : point d’introduction du Xénope, 1985.
Mailles positives : jaune en 2002.
Mailles négatives : bleu clair en 2002.



Carte 6. Evolution annuelle de la répartition du Xénope : état des connaissances en 2003.

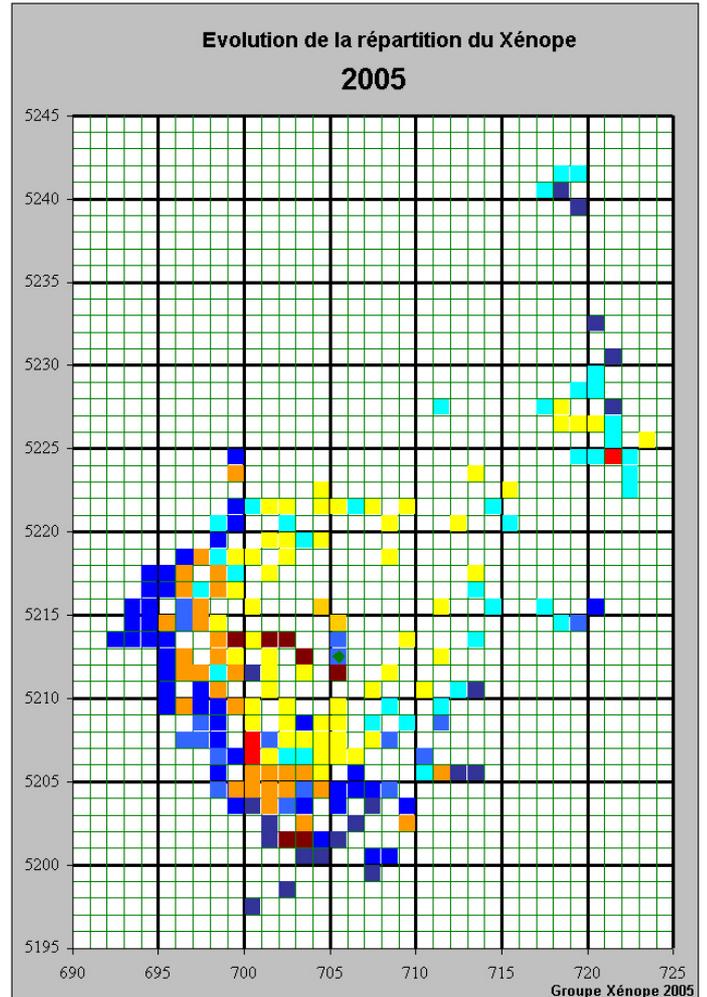
Losange vert : point d’introduction du Xénope, 1985.
Mailles positives : jaune en 2002 ; orange en 2003.
Mailles négatives : bleu clair en 2002 ; bleu : en 2003.

En 2003, nous avons élargi la prospection aux zones périphériques ouest et sud, notamment sur la commune de Coulonges-Thouarsais (79). Ainsi 32 mailles positives sont découvertes, dont 7 qui étaient négatives en 2002. Sur la frange ouest et sud, 36 mailles sont négatives. En une année, le Xénope progresse d’au moins 7 km², dans l’hypothèse réductrice que les nouvelles mailles auraient pu être positives dès 2002. *A contrario*, en adoptant l’hypothèse inverse, il aurait progressé de 31 km² en une seule année, sur les seuls fronts ouest et sud, soit une augmentation de plus de la moitié de son aire connue en 2002. La maille correspondant au secteur d’introduction est négative.



Carte 7. Evolution annuelle de la répartition du Xénope : état des connaissances en 2004.

Losange vert : point d'introduction du Xénope, 1985.
 Mailles positives : jaune en 2002 ; orange en 2003 ; rouge en 2004.
 Mailles négatives : bleu clair en 2002 ; bleu : en 2003.; bleu foncé : en 2004.



Carte 8. Evolution annuelle de la répartition du Xénope : état des connaissances en 2005.

Losange vert : point d'introduction du Xénope, 1985.
 Mailles positives : jaune en 2002 ; orange en 2003 ; rouge en 2004 ; rouge foncé en 2005.
 Mailles négatives : bleu clair en 2002 ; bleu : en 2003.; bleu foncé : en 2004.; bleu marine en 2005.

En 2004, l'effort a été concentré sur la vérification des points déjà connus. Bien que la stratégie d'échantillonnage ne puisse rendre compte d'une progression en périphérie, nous notons un renforcement de sa distribution au sein de l'aire connue et une expansion sur la commune d'Epieds (49). Enfin, en 2005, le nombre de contacts dans l'aire de répartition se densifie et l'extension est mesurée au sud.

III-2-Caractérisation des populations de Xénope du Cap

III-2-1-Densité

Sur les 12 mares du secteur de Bouillé-Saint-Paul, le nombre de Xénopes capturés en 42 heures est de 476 individus (éliminés). Sur 3 mares, nous n'avons pas noté la présence de Xénopes du Cap. La moyenne des captures pour 42 heures est de 39,7 individus par nasse. Après retrait des 3 mares sans Xénope, la moyenne des captures pour 42 heures est de 52,9 Xénopes par nasse. Ainsi la moyenne des captures est de 1,25 Xénopes par heure et par nasse. La présentation des résultats de piégeage par mare est présentée dans le tableau suivant (Cf, Tab. II).

	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 II. Capture du Xénope du Cap sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul

Sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul, la probabilité de capture moyenne des individus est de 0,12 (écart-type = 0,03). Nous avons représenté le nombre moyen de Xénopes capturés par nasse en fonction du temps (Cf. Fig. 6).

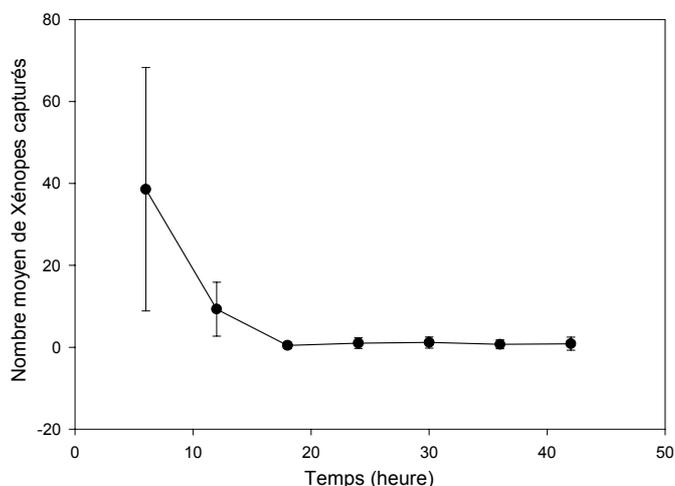


Figure 6. Nombre moyen de Xénopes du Cap capturés par nasse en fonction du temps
Moustache = écart-type.

Nous avons ajusté la courbe du nombre moyen de Xénopes du Cap capturés en fonction du temps par une fonction exponentielle négative avec $y = 170,874 e^{-0,2478x}$. Le nombre moyen de Xénopes du Cap est significativement corrélé avec le temps ($r = 0,9978$; $F = 1120,198$ ddl = 1 ; $p < 0,05$).

III-2-2-Sex-ratio

La sex-ratio par mare est représentée par le graphique suivant (Cf, Fig. 7).

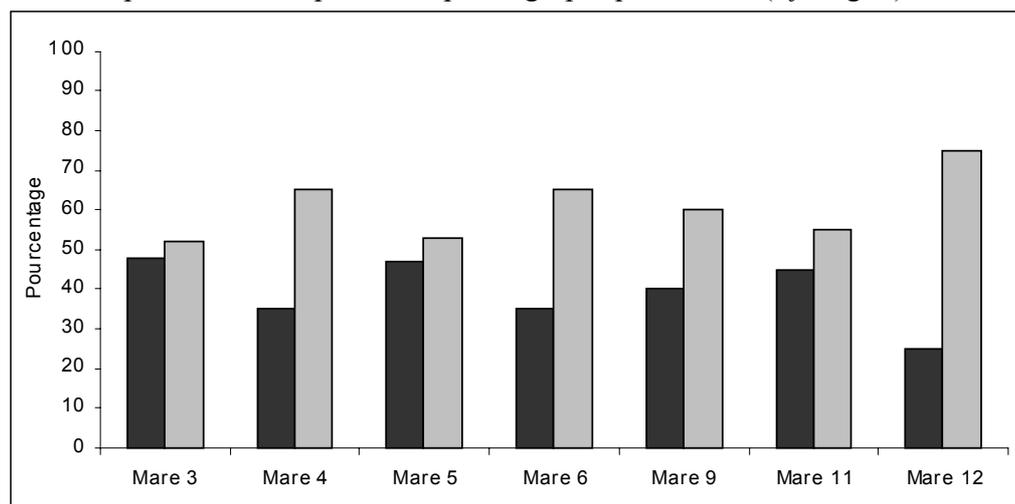


Figure 7. Sex-ratio des populations de Xénopes du Cap en fonction des mares
Mâle en gris foncé et femelle en gris clair.

Nous avons observé une différence significative de la sex-ratio en fonction des mares ($\chi^2 = 17,165$; ddl = 6 ; $p < 0,05$). En revanche si l'on retire la mare 12 qui se trouve éloignée du site d'introduction, nous ne notons pas une différence significative entre la sex-ratio des différentes mares ($\chi^2 = 7,049$; ddl = 5 ; $p > 0,05$).

Le pourcentage moyen de mâles est de 39% (écart-type = 8,261). Le pourcentage moyen de femelles est de 61 % (écart-type = 8,261).

III-2-3-Biométrie

Pour l'ensemble des mares, nous avons réalisé la distribution statistique des variables longueur museau-cloaque et poids pour les mâles et les femelles.

Variables	n	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	Etendue	Variance	Ec-Type
Longueur mâle	88	67,91	67,73	46,04	93	46,96	84,99	9,22
Poids mâle	88	47,83	49	13,5	105	91,5	282,96	16,82
Longueur femelle	124	81,33	82,71	48,08	107,5	59,42	216,98	14,73
Poids femelle	124	69,72	69,5	13	155	142	1004,45	31,69

Tableau III. Distribution statistique des variables Longueur museau-cloaque (mm) et Poids (g) avec Ec-type = Ecart-type.

La longueur des femelles est en moyenne de 81,33 mm (n = 124 ; E.T. = 14,73 mm ; min. = 48,08 mm et max. = 107,5 mm). La longueur des mâles est en moyenne significativement plus faible (t = 7,557 ; ddl = 210 ; p < 0,05) avec 67,91 mm (n = 88 ; E.T. = 9,22 mm ; min. = 46,04 mm et max. = 93 mm).

Le poids des femelles est en moyenne de 69,72 g (n = 124 ; E.T. = 31,69 ; min. = 13 g et max. = 155 g). Le poids moyen des mâles est significativement plus faible (t = 5,913 ; ddl = 210 ; p < 0,05) avec 47,83 g (n = 88 ; E.T. = 16,82 g ; min. = 13,5 g et max. = 105 g).

Pour l'ensemble des individus, la variable poids est significativement corrélée à la variable longueur museau-cloaque (r = 0,799 ; F = 191,68 ; ddl = 2 ; p < 0,05) avec comme équation de la droite de régression : Poids = 1,5597 Longueur – 57,564.

Chez les femelles, la variable poids est significativement corrélée à la variable longueur museau-cloaque (r = 0,709 ; t = 11,104 ; ddl = 122, p < 0,05) ainsi que chez les mâles (r = 0,869 ; t = 16,270 ; ddl = 86 ; p < 0,05).

Nous constatons graphiquement que chez les femelles la répartition des points est plus étendue et dispersée que chez les mâles (Cf, Fig. 3.). Cependant, suite à la comparaison des droites de régression par un test global de la coïncidence des deux droites de régression respectivement des femelles et des mâles, on ne peut rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les deux droites de régression coïncident (F = 0,126 ; ddl_{numérateur} = 2 ; ddl_{dénominateur} = 208 , p = 0,881).

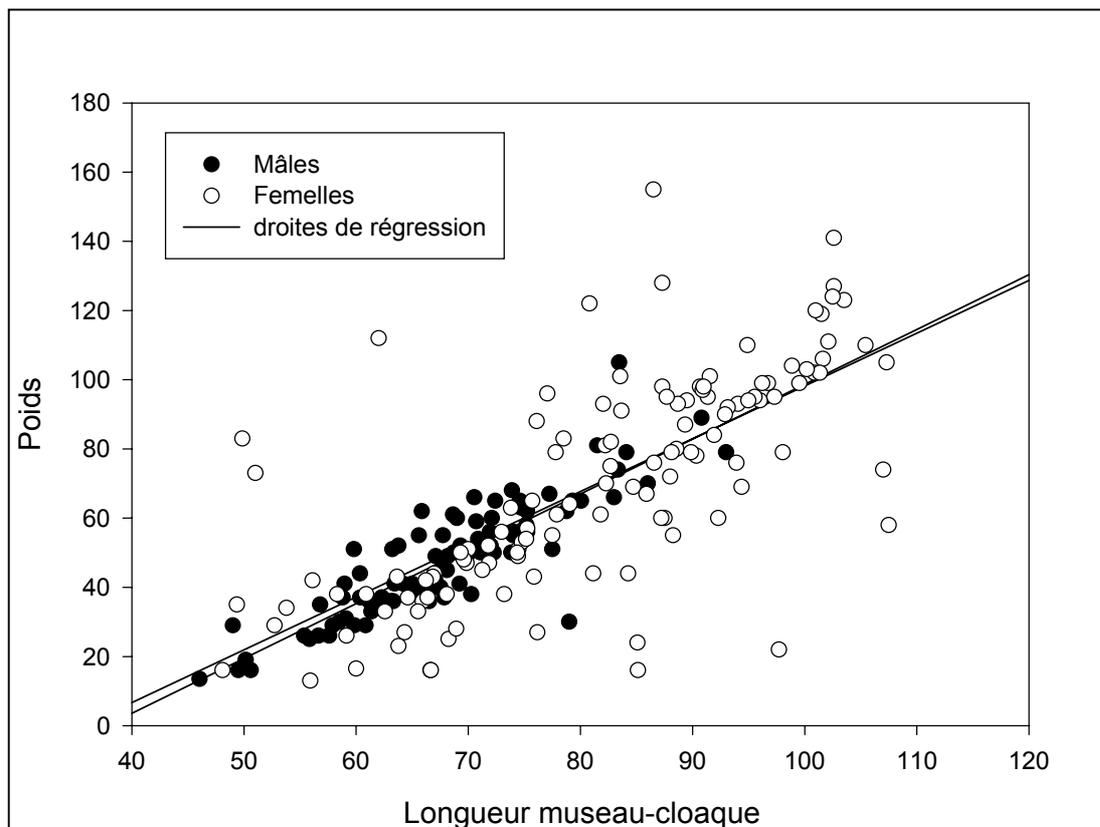


Figure 8. Relation entre le poids et la taille de 212 Xénopes du Cap du secteur de Bouillé-Saint-Paul (79).

Enfin, le dimorphisme sexuel est en faveur des femelles, tant par la taille que par le poids, avec $d_{s-poids} = d_{s-taille} = - 0,15$.

III-3-Impact du Xénope

III-3-1-Richesse spécifique

La richesse spécifique moyenne en Amphibiens du secteur de Mauzé-Thouarsais est de 3,22 espèces (écart-type = 1,563). Nous avons constaté sur le secteur de Genneton une richesse spécifique moyenne en Amphibiens proche du secteur précédent avec 3,2 espèces (écart-type = 2,0). En revanche, sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul, la richesse spécifique moyenne en Amphibiens est différente des deux secteurs précédent avec 1,8 espèces (écart-type = 1,4). Dans le même secteur, les mares 5, 6 et 9 ne présentent pas d'espèces d'Amphibiens du fait de la présence de Poissons.

Secteur	Mare										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	5	4	1	2	5	5	2	3	2		
B	1	4	4	5	6	3	0	3			
C	1	2	5	2	x	x	2	0	x	1	2

Tableau IV. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare en fonction des secteurs
A = Mauzé-Thouarsais, B = Genneton et C = Bouillé-Saint-Paul (x = non évalué).

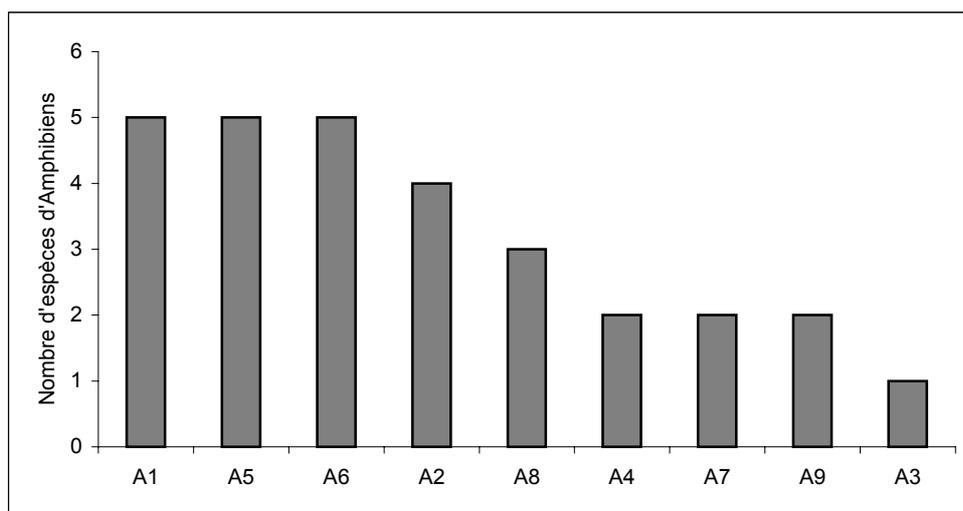


Figure 9. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare pour le secteur de Mauzé-Thouarsais

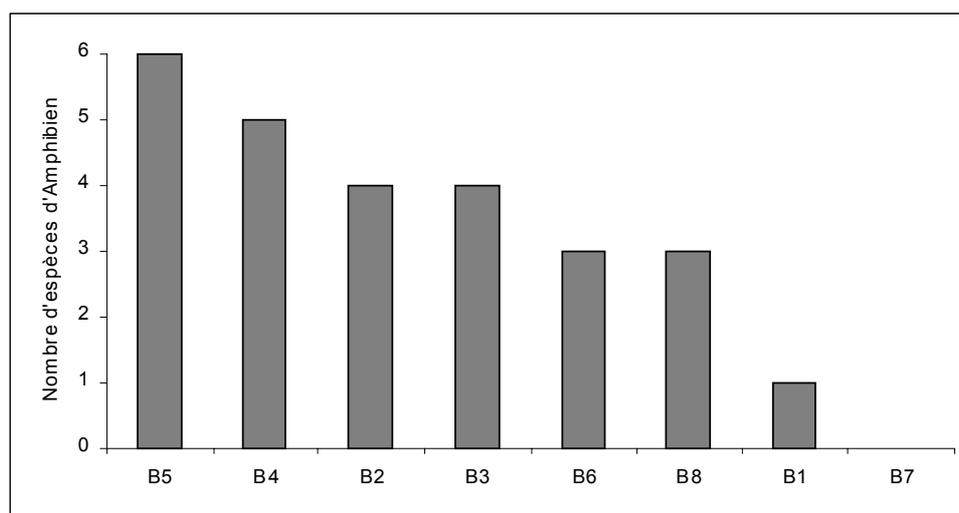


Figure 10. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare pour le secteur de Genneton

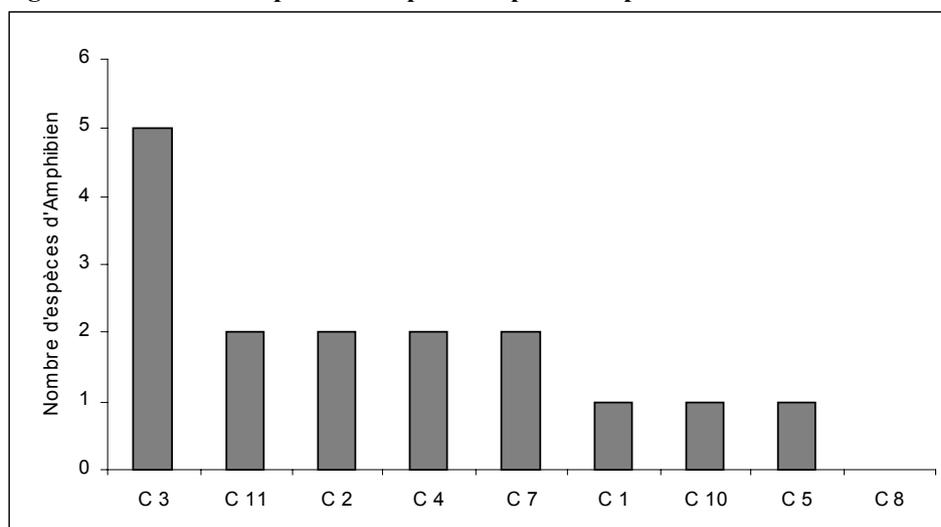


Figure 11. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare pour le secteur de Bouillé-Saint-Paul

Afin de connaître l'influence des secteurs sur la richesse spécifique en Amphibiens autochtones, nous avons effectué un test des rangs de Mann-Whitney. Du fait que le grand échantillon n_b contient plus de 8 membres, la distribution de T (somme des rangs) est très similaire à la distribution normale (Glantz, 1998).

Il n'y a pas de différence significative dans la répartition de la richesse spécifique en Amphibiens entre les secteurs de Mauzé-Thouarsais et Genneton ($Z_T = 0,049$; $ddl = \infty$; $p = 0,961$).

Cependant, nous avons observé une différence significative dans la répartition de la richesse spécifique en Amphibiens entre les secteurs de Mauzé-Thouarsais et Bouillé-Saint-Paul ($Z_T = 2,114$; $ddl = \infty$; $p < 0,05$) et entre les secteurs de Genneton et Bouillé-Saint-Paul ($Z_T = 2,286$; $ddl = \infty$; $p < 0,05$). La mare C 3 ne présentait pas d'adultes de Xénope du Cap.

Ainsi, la richesse spécifique moyenne et la répartition de la richesse spécifique par mare sont significativement différentes sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul avec une nette érosion de la biodiversité par mare.

III-3-2-Diversité spécifique

La diversité spécifique moyenne en Amphibiens du secteur de Mauzé-Thouarsais est de 2,5 espèces communes (écart-type = 1,6). Sur le secteur de Genneton, la diversité spécifique moyenne en Amphibiens est de 2,2 espèces communes (écart-type = 1,6). En revanche, sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul, la diversité spécifique moyenne en Amphibien est différente des deux secteurs précédent avec 0,7 espèces communes (écart-type = 0,9). Sur les 3 secteurs, les mares avec une diversité spécifique égale à 0 sont caractérisées par la présence d'une seule espèce d'amphibien.

Secteur	Mare										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	4,5	2,47	0	1,8	4,38	4,38	1,99	1,87	1,25		
B	0	3,15	1,88	3,67	4,27	2,4	0	2,53			
C	0	1,33	1,66	1,89	x	x	1,72	0	x	0	0

Tableau V. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare en fonction des secteurs
A = Mauzé-Thouarsais, B = Genneton et C = Bouillé-Saint-Paul (x = non évalué).

Pour connaître l'influence des secteurs sur la diversité spécifique en Amphibiens autochtones, nous avons effectué un test des rangs de Mann-Whitney. Du fait que le grand échantillon n_b contient plus de 8 membres, la distribution de T (somme des rangs) est très similaire à la distribution normale (Glantz, 1998).

Il n'y a pas de différence significative dans la répartition de la diversité spécifique en Amphibiens entre les secteurs de Mauzé-Thouarsais et Genneton ($Z_T = 0,145$; $ddl = \infty$; $p = 0,885$).

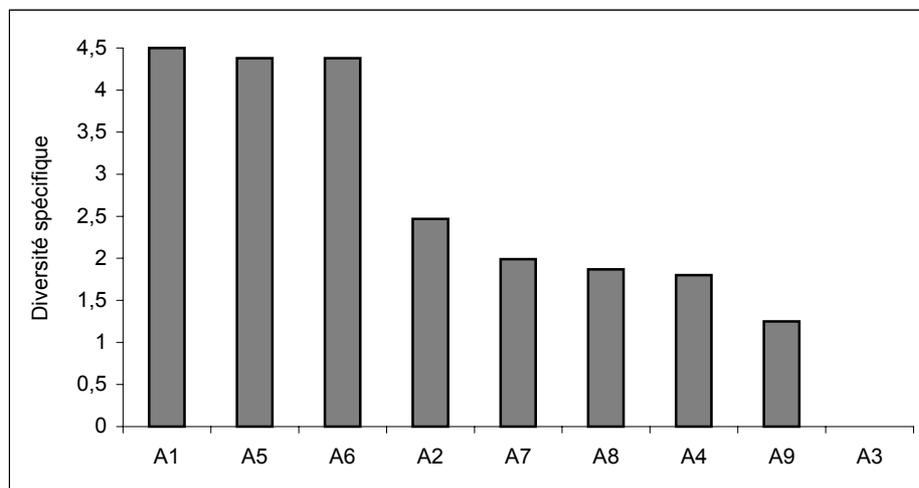


Figure 12. Répartition de la diversité spécifique des communautés d'Amphibiens autochtones en fonction des mares pour le secteur de Mauzé-Thouarsais

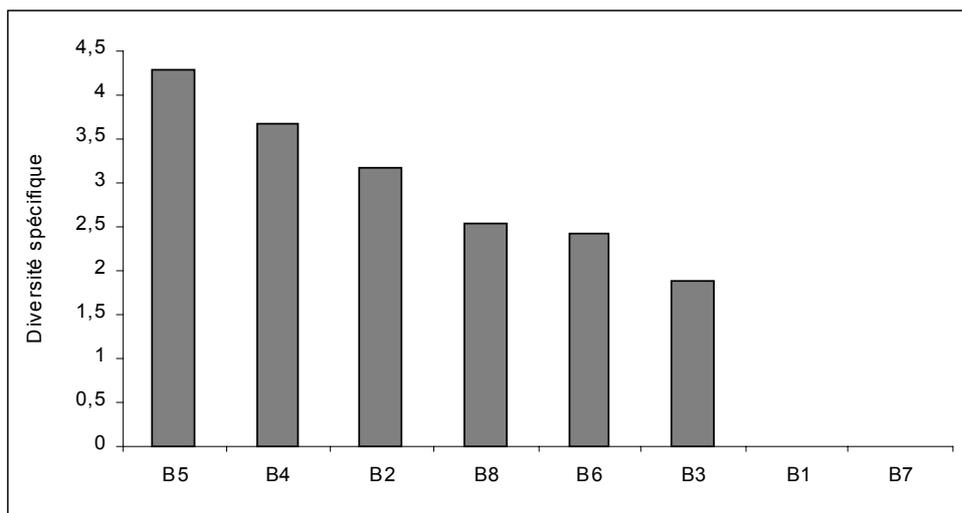


Figure 13. Répartition de la diversité spécifique des communautés d’Amphibiens autochtones en fonction des mares pour le secteur de Genneton

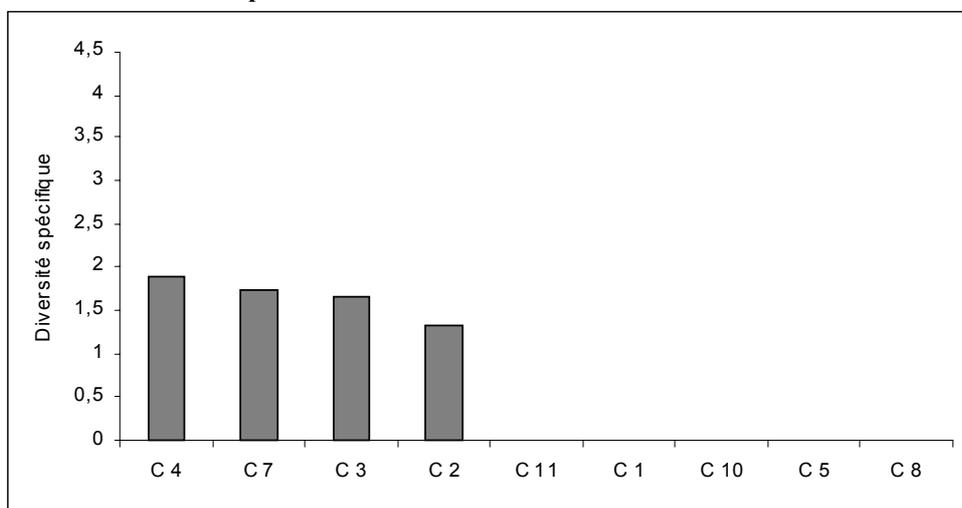


Figure 14. Répartition de la diversité spécifique des communautés d’Amphibiens autochtones en fonction des mares pour le secteur de Bouillé-Saint-Paul

Nous avons noté une différence significative dans la répartition de la diversité spécifique en Amphibiens entre les secteurs de Mauzé-Thouarsais et Bouillé-Saint-Paul ($Z_T = 2,432$; ddl = ∞ ; $p < 0,05$) et entre les secteurs de Genneton et Bouillé-Saint-Paul ($Z_T = 2,135$; ddl = ∞ ; $p < 0,05$).

Ainsi, la diversité spécifique moyenne et la répartition de la diversité spécifique des communautés d’Amphibiens autochtone par mare sont significativement différentes sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul.

III-3-3-Populations de grands Tritons

III-3-3-1-Biométrie

Nous avons caractérisé la distribution statistique de la variable longueur museau cloaque de deux populations de Tritons crêtés *Triturus cristatus*, l'une dans une mare sans Xénope du secteur de Genneton et l'autre dans une mare à Xénopes du secteur Mauzé-Thouarsais (Cf. fig. 15).

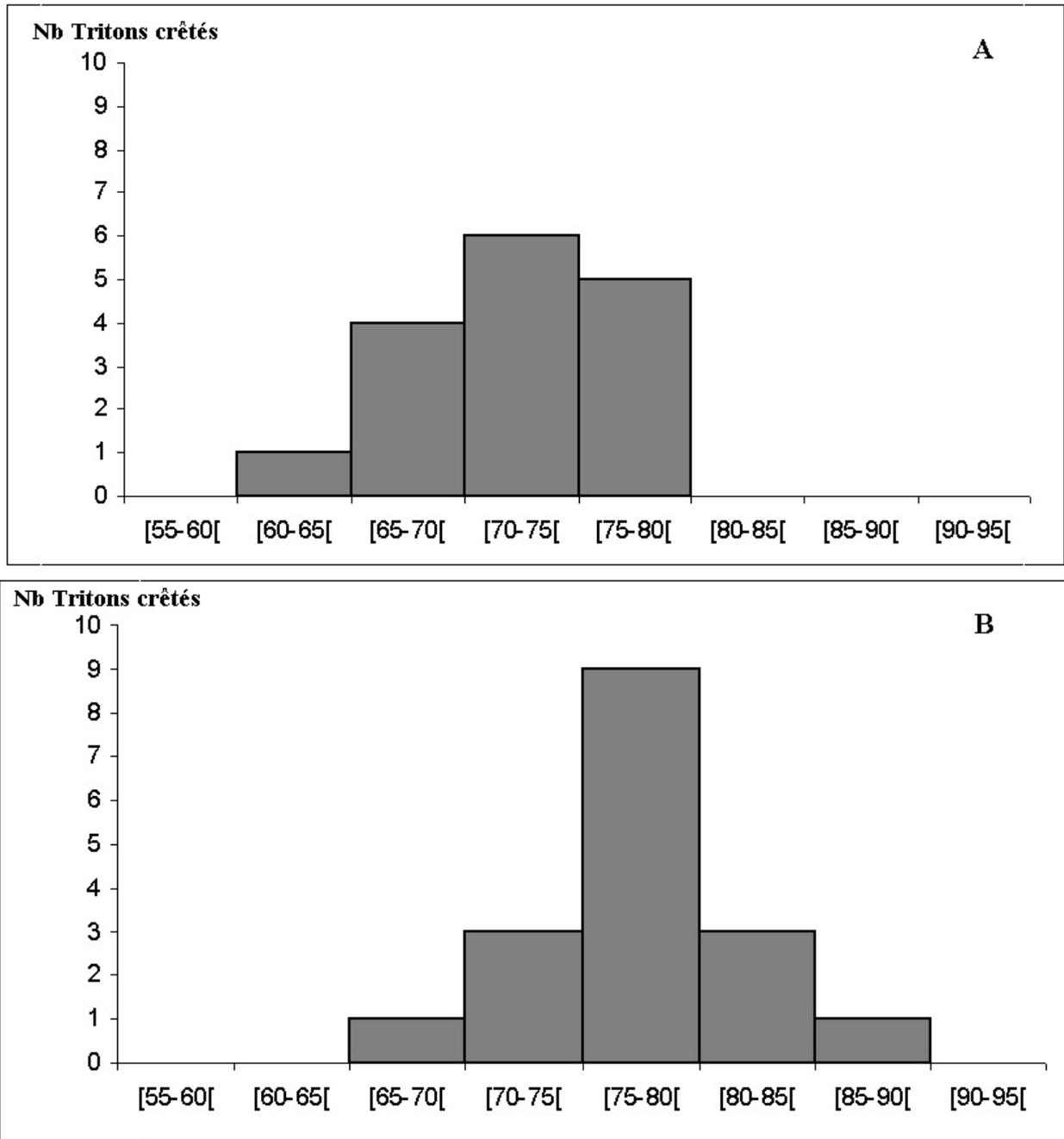


Figure 15. Distribution statistique de la variable longueur museau cloaque de deux populations de Tritons crêtés *Triturus cristatus*
A = secteur de Genneton (sans Xénope) et **B** = secteur Mauzé-Thouarsais (avec Xénope).

Nous avons noté, une différence significative dans la répartition de la variable longueur museau-cloaque entre les populations de Tritons crétés ($t = 3,614$; $ddl = 31$; $p < 0,05$).

III-3-3-2-Ponte

Sur le secteur de La Peyratte (sans Xénope), nous avons relevé dans cinq mares le pourcentage de support avec la présence d'œufs de « grands Tritons ». Nous avons réalisé la même chose sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul (avec Xénope) dans 6 mares riches en herbiers et sans poisson.

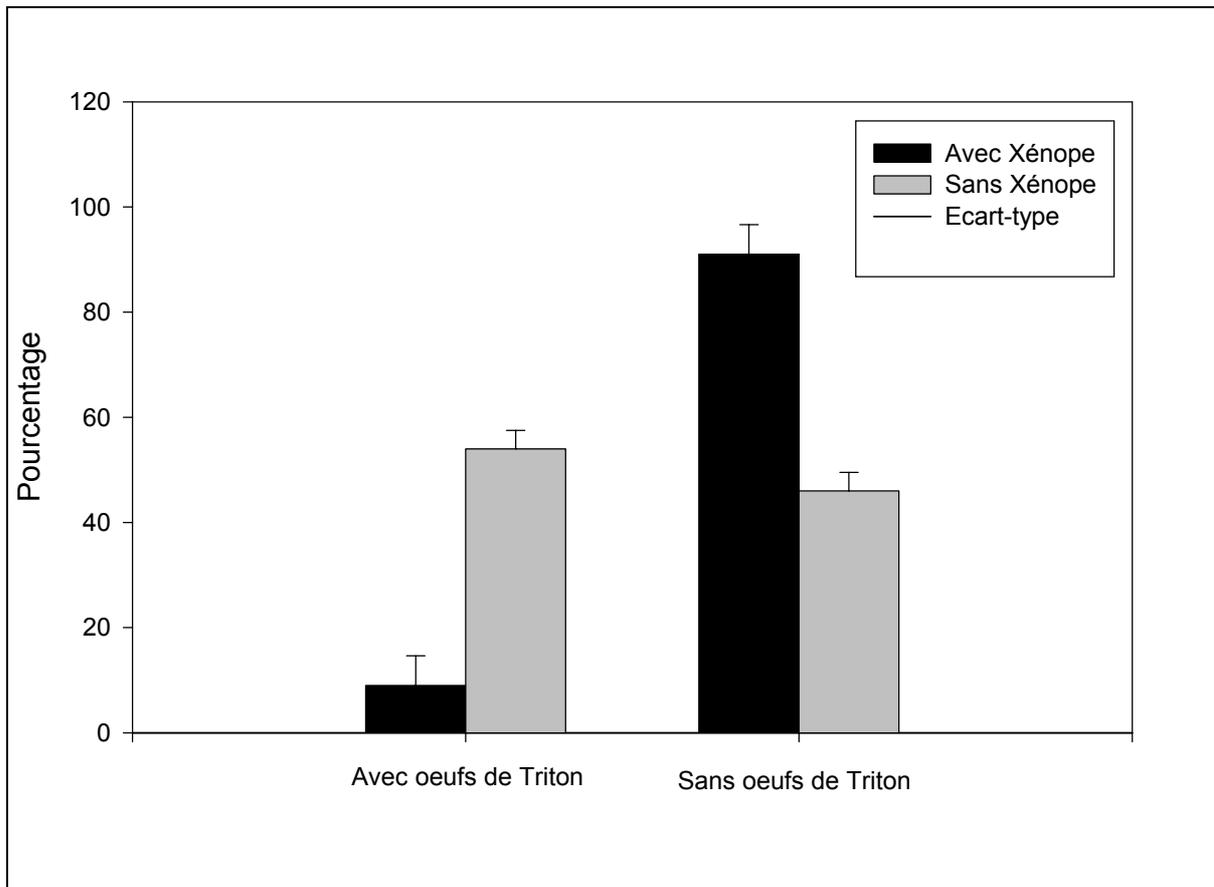


Figure 16. Pourcentage de supports avec ou sans œufs de « grands Tritons » sur le secteur de La Peyratte (sans Xénope) et sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul (avec Xénopes).

Nous observons une différence significative entre le pourcentage de supports avec œufs de « grands Tritons » et entre les secteurs avec ou sans Xénopes ($\chi^2 = 44,86$; $ddl = 1$; $p < 0,05$).

Le pourcentage moyen de supports avec au moins un œuf de « grands Triton » est de 56 % sur le secteur de La Peyratte (sans Xénope) alors qu'il est de 9 % sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul (avec Xénopes).

III-4-Stratégie de progression du Xénope

Afin d'expliquer ses modalités de progression, nous avons numérisé sur l'ensemble de l'aire d'étude (1750 km²), le réseau hydrographique permanent et les mares. Nous obtenons 3132 mares et étangs. Nous observons une inégalité de la répartition du réseau des mares sur ce territoire, variant de 0 à 15 mares par kilomètre carré (cf. Fig.17). Plus ce réseau de mares est dense, plus le nombre de sites avec du Xénope est élevé (cf. Fig.18).

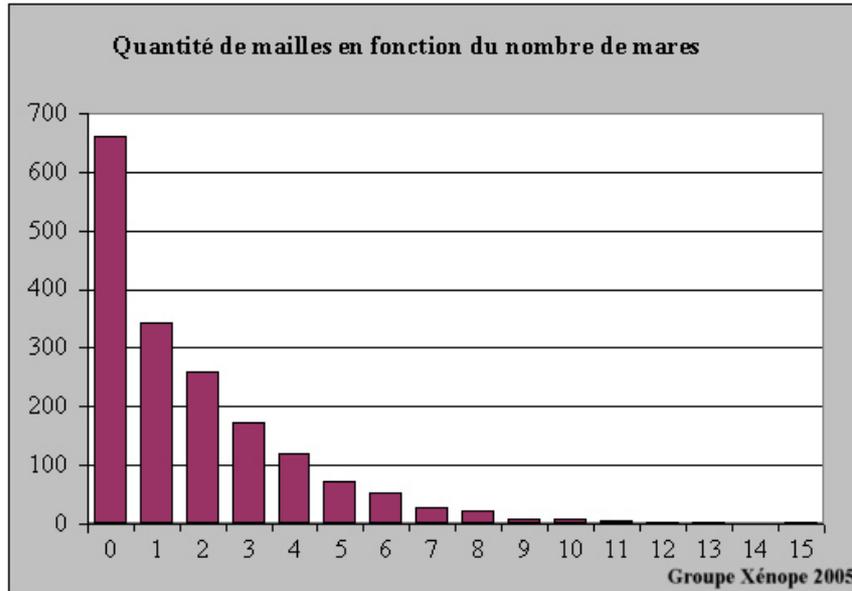


Figure 17. Distribution des mailles en fonction du nombre de mares contenues.

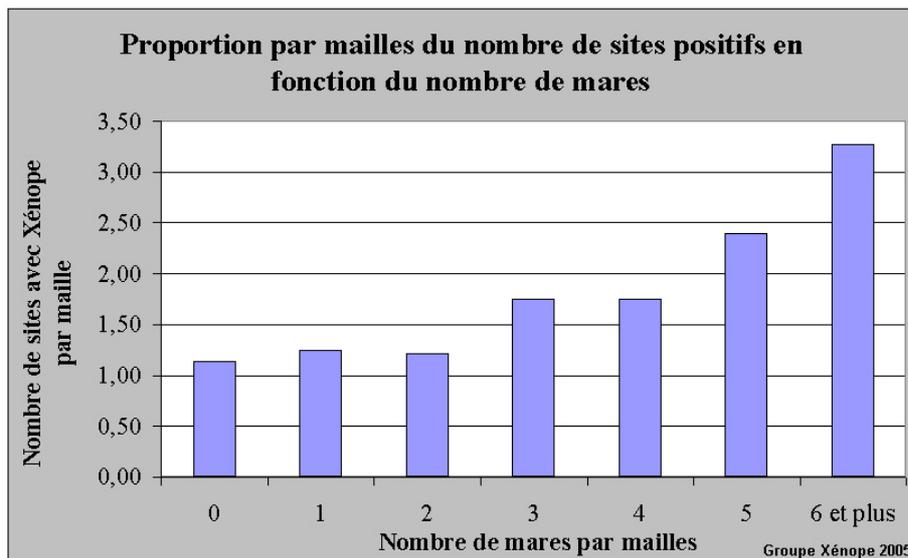
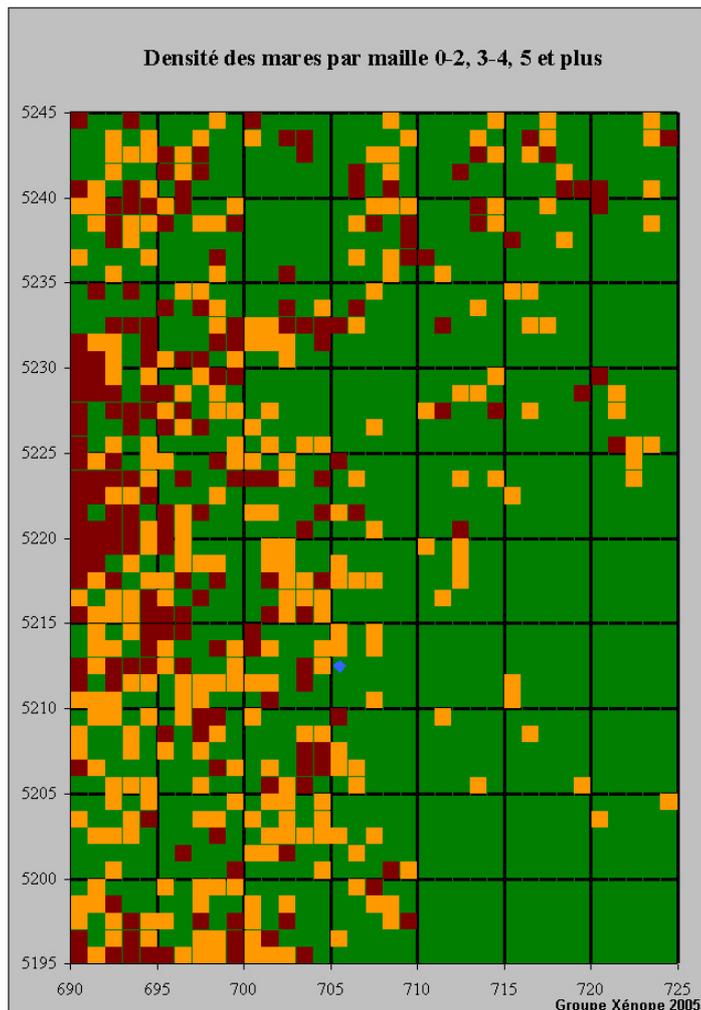


Figure 18. Distribution du nombre de sites de Xénopes par maille en fonction du nombre de mares par mailles

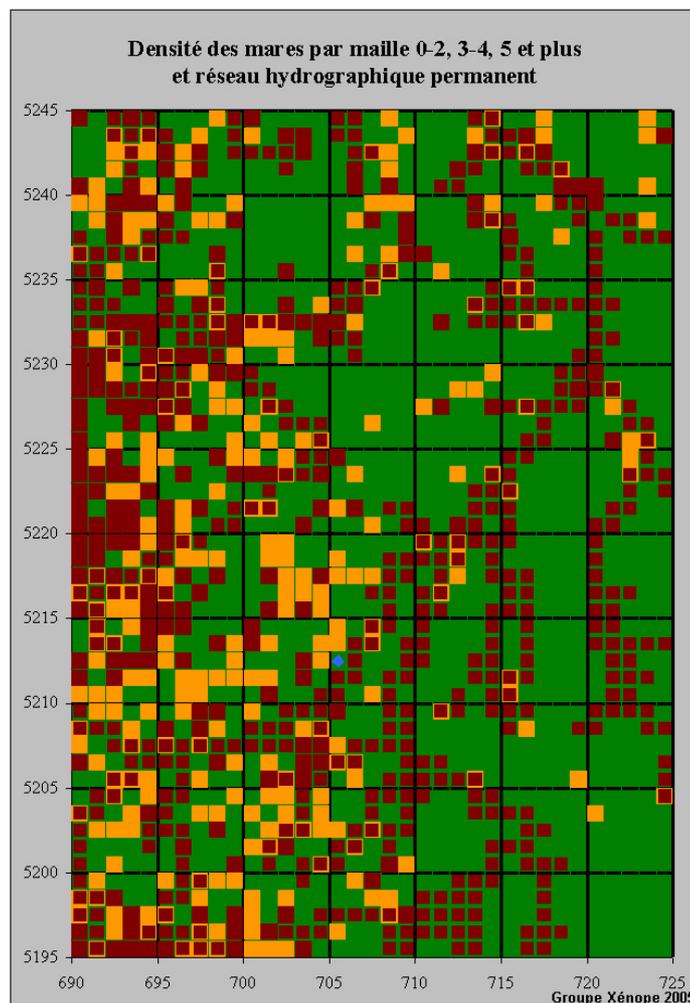
Le gradient de densité des mares est croissant d'est en ouest, avec un maximum sur la bordure centre ouest (carte 9). Nous distinguons 3 classes, basées sur l'hypothèse d'une facilitation progressive de progression : de 0 à 2 mares par maille, progression nulle à faible, de 3 à 4 mares par maille, progression moyenne, de 5 mares à plus par maille, progression forte. Quant

au réseau hydrographique circulant et permanent, il dessine un couloir d'axe sud-nord avec le Thouet et ses affluents principaux (Argenton, Juigny, Dive) et une enclave nord-ouest avec le Layon. A partir du moment où le Xénope atteint un cours d'eau, nous supposons qu'il est capable de diffuser sur tout son linéaire. Ainsi nous attribuons un code de progression forte pour les cours d'eau. Il en résulte les cartes de potentialités de progression (cartes 10 et 11).



Carte 9. Densité des mares par mailles en 3 catégories.

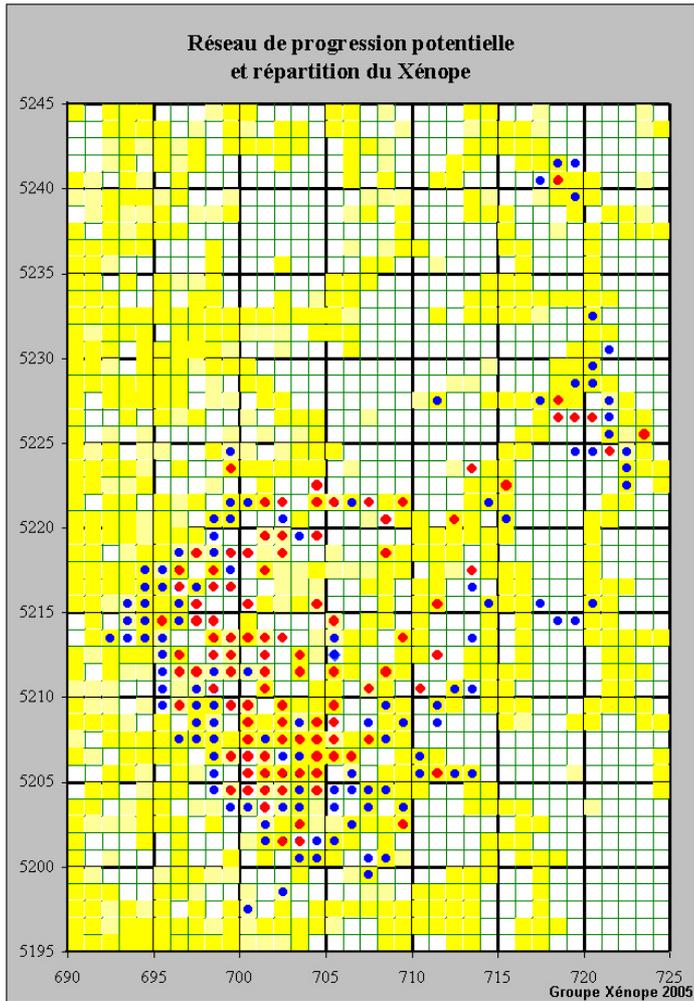
Vert : de 0 à 2 mares ;
orange : 3 et 4 mares ;
rouge foncé : 5 mares et plus ;
losange bleu : point d'introduction.



Carte 10. Densité des mares par mailles et réseau hydrographique.

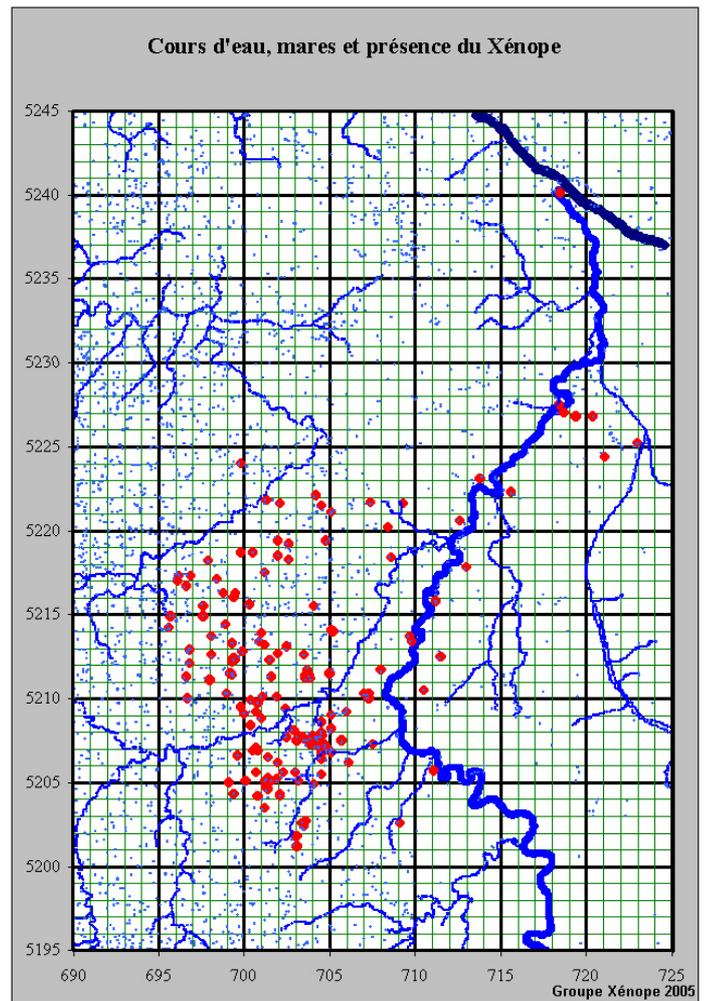
Vert : de 0 à 2 mares ;
orange : 3 et 4 mares ;
rouge foncé : réseau hydrographique et 5 mares et plus ;
losange bleu : point d'introduction.

En retenant seulement la trame de forte et moyenne potentialités de progression (mares et réseau hydrographique) comme un réseau de couloirs de connexion et de diffusion, superposée à la distribution des mailles avec Xénopes, nous obtenons la carte 11. Il apparaît que l'un des couloirs de progression est formé par le Thouet, *a priori*, préférentiellement dans le sens amont - aval. Le reste de la répartition est probablement lié à la densité de mares. Toutefois, ce facteur n'explique pas tous les motifs de distribution, notamment le passage du bassin du Thouet au bassin du Layon.



Carte 11. Potentialités de progression et répartition du Xénope.

Jaune pâle : 3 et 4 mares ;
 jaune : réseau hydrographique et 5 mares et plus ;
 points rouges : mailles avec Xénope ;
 points bleus : mailles sans Xénope ;
 losange bleu : point d'introduction.



Carte 12. Répartition des mares, du réseau hydrographique et du Xénope.

Point bleu : mare ;
 bleu continu : réseau hydrographique permanent ;
 points rouges : présence du Xénope
 losange bleu : point d'introduction.

En reportant les points réels sur la carte 12, l'axe du Thouet se confirme et la corrélation densité des mares et progression paraît graphiquement positive. Néanmoins, une étude plus fine sera nécessaire pour éclaircir les modalités de sa progression, dont sa distance maximale de déplacement au sol et le réseau des fossés et autres écoulement superficiels et temporaires.

III-5-Définition des acteurs socio-économiques

La participation des principaux acteurs de terrain que sont les agriculteurs s'est avérée indispensable pour mener une telle étude. La plupart des milieux concernés sont localisés au sein de parcelles agricoles pâturées ou cultivées. Les agriculteurs sont donc directement concernés par la présence ou l'absence du Xénope au sein de leur propriété. Ils ont donc un rôle important à jouer dans la transmission de l'information (observation de l'espèce) et dans toutes opérations futures d'éradication ou de limitation des populations (gestion des mares et étangs). Pour mener ces opérations à bien, un travail de synergie doit être entrepris entre les agriculteurs, les collectivités locales et les scientifiques.

Les autres acteurs importants sont les pêcheurs et plus particulièrement la garderie du Conseil Supérieur de la Pêche qui dispose d'une parfaite connaissance des écosystèmes aquatiques et d'un réseau d'observateurs qui peuvent à tout moment vérifier l'évolution des stations occupées par le Xénope et évaluer l'efficacité de certaines opérations d'éradication ou de limitation. La Fédération Départementale de Pêche avec son important réseau d'observateurs potentiels, est directement concernée.

Le réseau des techniciens de rivière relativement important et bien structuré sur le secteur concerné est un partenaire incontournable pour toutes futures opérations. Ce réseau doit jouer un rôle important dans la transmission des informations auprès des Syndicats de rivières.

Les propriétaires et gestionnaires d'étangs (privés et communaux) non agriculteurs sont également concernés en tant qu'observateurs et acteurs gestionnaires de leurs propriétés.

Enfin, les enfants des écoles avec leurs enseignants pourraient être identifiées comme des acteurs locaux au niveau de mares scolaires ou de mares communales.

Au travers de l'identification des principaux acteurs, on peut distinguer d'une part, les acteurs de terrain constituant un réseau d'observateurs et de gestionnaires et d'autre part, des organismes (établissements publics, collectivités, associations, ...) intervenant directement sur les principaux milieux concernés ou susceptibles d'aider matériellement des opérations sur le terrain.

Ce schéma tel que nous l'avons retranscrit figures 19 et 20, devrait permettre de réfléchir sur la constitution, à l'issue de cette étude, d'un groupe de quelques personnes en une cellule de coordination. Elle serait chargée de vérifier l'évolution de l'espèce et d'entreprendre le cas échéant des opérations d'éradication ou de limitation.

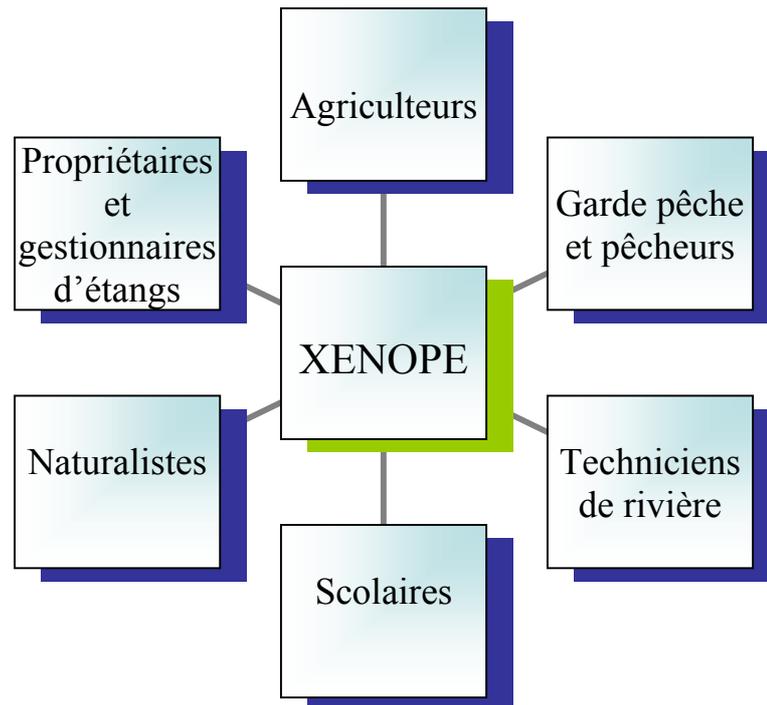


Figure 19. Identification des acteurs de terrain

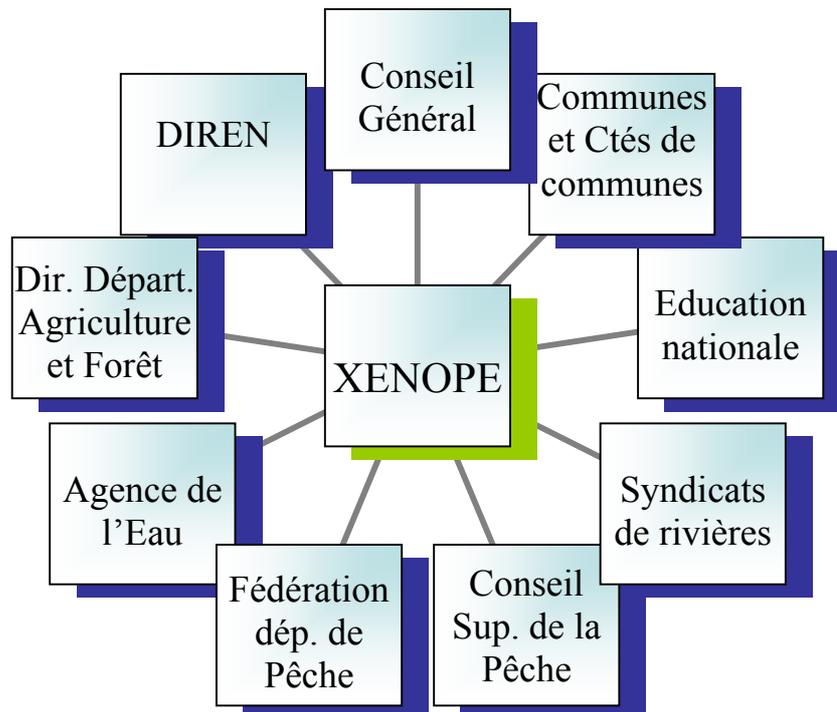


Figure 20. Identification des acteurs institutionnels

→ Composition d'une cellule de coordination, d'action et de surveillance

IV-DISCUSSION

IV-1-Méthodologie

Ces trois années d'étude ont permis de tester les méthodes de piégeage et la capturabilité de l'espèce. Parmi les moyens testés, le plus adapté reste la nasse, avec une efficacité optimale de capture de 20 heures. Deux nasses par mare capturent l'essentiel de la population post-métamorphique (juvéniles et adultes) sur une période de 24 heures. Toutefois, lorsque la nasse dépasse 70 individus, quelques uns arrivent à en sortir. Par ailleurs l'utilisation de ces pièges n'est pas sans risques pour les autres espèces animales aquatiques. Plusieurs Ragondins y sont morts soit par noyade soit par déperdition calorifique. Les Amphibiens autochtones peuvent aussi s'y noyer. Ainsi est-il préférable de toujours laisser une partie de la nasse exondée, afin qu'ils puissent respirer. Ce qui limite son utilisation à la bordure des mares et étangs dépassant rapidement une profondeur de 50 cm.



Cliché 13. Une nasse avec une quinzaine de Xénopes

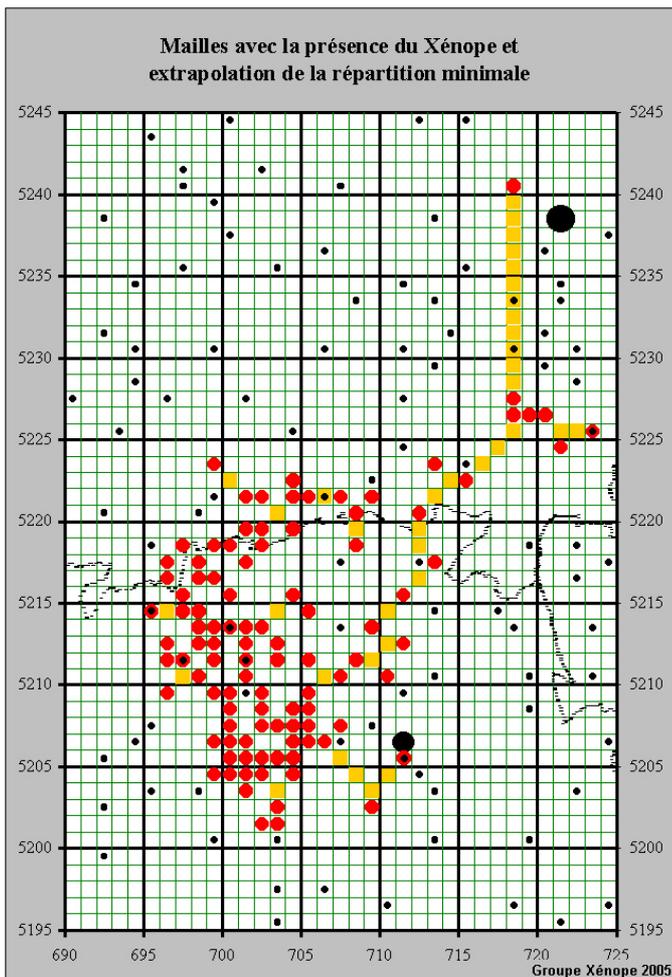


Cliché 14. Les Xénopes collectés dans une mare

Les choix de prospection ont été guidés par le suivi du principal front connu, le front ouest et sud-ouest. Aux vues des résultats des piégeages aléatoires réalisés sur la périphérie de la progression, une surveillance va devoir s'installer sur les parties est et nord-est. Ainsi l'état de la progression va dépendre de la stratégie du suivi et d'une meilleure compréhension de ses modalités de diffusion.

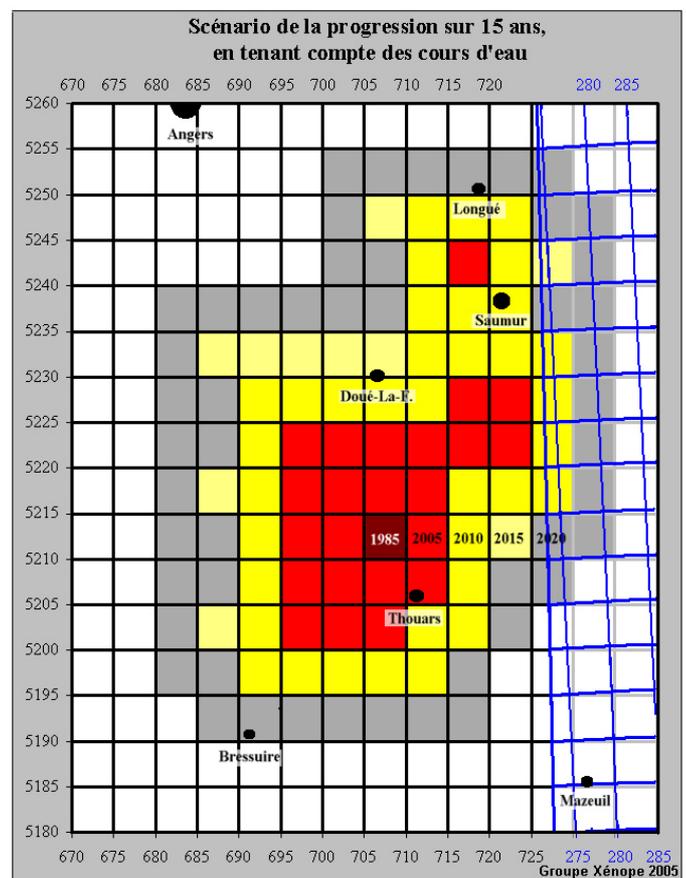
IV-2-Répartition du Xénope

Cette étude atteste à la fois d'une présence marquée du Xénope du Cap et d'une nette progression de l'espèce sur les départements des Deux-Sèvres et du Maine-et-Loire. Sa présence concerne déjà 26 communes. Nous avons tenté d'extrapoler la surface de sa répartition actuelle. Nous sommes partis de l'hypothèse que les points positifs sont connectés entre eux. En adoptant les couloirs les plus parcimonieux en distance, cette aire de répartition minimale couvre en 2005 127 mailles, soit 127 km². En incluant le point de Saumur dans le continuum de cette répartition, cette aire minimale s'étend à 138 km² (carte 13).



Carte 13. Extrapolation de la répartition du Xénope.

Points rouges : mailles avec la présence du Xénope ; carrés orange répartition minimale extrapolée.



Carte 14. Prévision de l'extension du Xénope sur 15 ans.

Rouge foncé, 1985, origine ; rouge, couverture en 2005 ; jaune, couverture prévue en 2010 ; jaune pâle, couverture prévue en 2015 ; gris, couverture prévue en 2020.

Nous avons mesuré et estimé l'augmentation de la surface de répartition du Xénope dans les prochaines années, sur un maillage de 5 x 5 km. En tenant compte des vitesses de progression, de 0,5 km par an en milieu bocager à 1 km par an dans le réseau hydrographique, cette augmentation est d'un facteur 5 entre 2005 et 2020, passant de 24 mailles de 25 km² à 120 mailles.

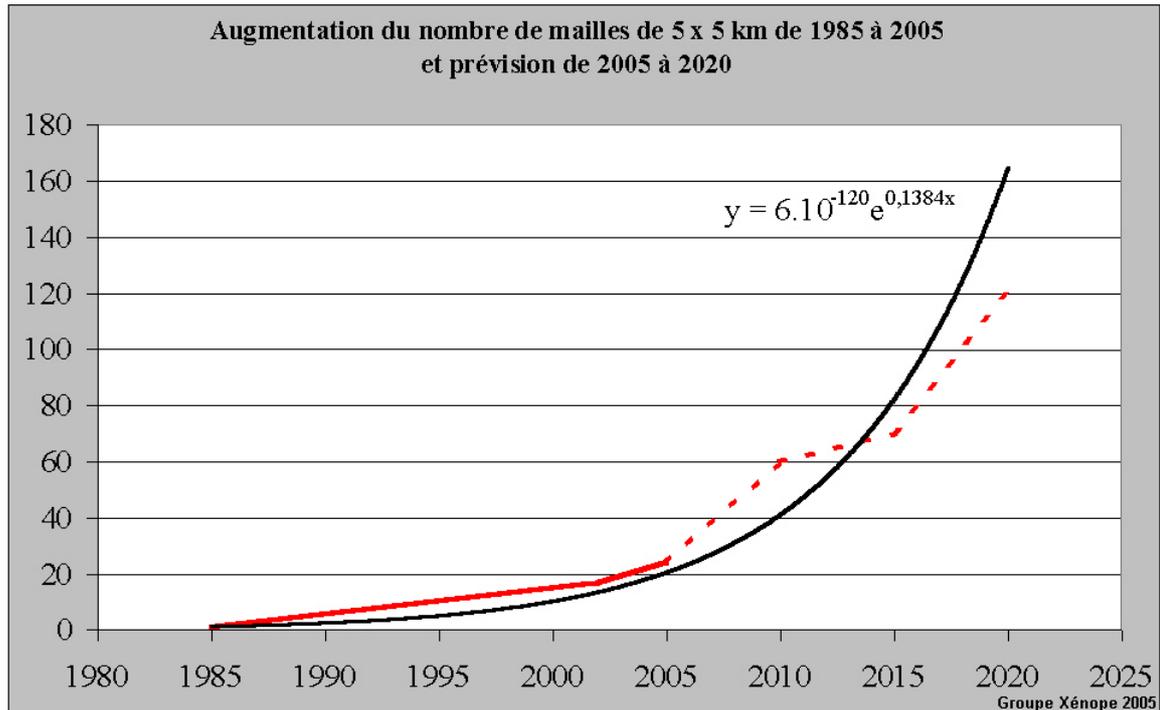


Figure 21. Augmentation extrapolée du nombre de mailles de 25 km² occupée par le Xénope de 1985 à 2020. Trait rouge continu : variation mesurée, de 1985 à 2005 ; trait rouge en pointillés : variation extrapolée de 2005 à 2020 ; courbe noire : courbe de tendance exponentielle, $y=6.10^{-120}e^{0,1384x}$, avec $r^2=0,973$.

Graphiquement cette extrapolation conduit à une augmentation de mode exponentiel. Et nos résultats sous-estiment probablement la vitesse du processus. En effet, l'espèce est difficilement piégeable dans les cours d'eau. Les mares rivulaires constituent alors les points de contrôle de sa progression. Néanmoins nous ignorons le délai nécessaire pour que les individus trouvent ces eaux stagnantes. Il est possible qu'il soit déjà beaucoup plus avancé sur le bassin versant du Thouet, notamment dans sa partie est, sur celui du Layon et dans la Loire. Cette espèce affiche un rhéotropisme négatif : il préfère suivre le courant plutôt que de le remonter. Ainsi il est probable que de nouvelles surprises nous attendent en aval de la Loire et du Layon. Au Chili, Lobos & Jaksic (2003) notent une vitesse de progression de 3,1 à 5,4 km par an, où l'espèce profite de l'irrigation extensive. Ces deux scientifiques identifient une seconde cause aggravant la diffusion : le vidage annuel des lacs et étangs, obligeant l'animal à migrer. Il est envisageable de considérer la sécheresse consécutive des années 2003, 2004 et 2005 comme un facteur obligeant les animaux à chercher des eaux libres résiduelles. Il est capable de déplacements par voie terrestre. Soit il utilise les flaques et fossés, comme le montre un suivi par radio-tracking effectué par Eggert & Fouquet (2004). Soit il traverse les routes, et les cours d'eau pour aller se reproduire dans des mares « nurseries » (Tinsley & McCoid 1996). Ils effectuent alors de véritables migrations sur 48 heures, entre la mare de reproduction et celle d'alimentation.

Enfin, le point isolé de Saumur, cité en 2002 et non reconfirmé par la suite, pourrait s'expliquer par deux hypothèses : le Thouet véhicule des individus isolés, capables de franchir de longues distances en milieu lotique ; ou bien des individus s'échappent d'aquariums de particuliers saumurois. Est-ce que la présence du Xénope serait largement sous-estimée autour des grandes agglomérations du fait de sa discrétion ?

Quoiqu'il en soit, le Xénope progresse rapidement, notamment utilisant les cours d'eau comme couloirs rapides de déplacement.

IV-3-Impact du Xénope

Les résultats obtenus tendent à démontrer sur les secteurs les plus anciennement occupés par le Xénope (autour de Bouillé-Saint-Paul), une érosion nette de la biodiversité. Elle se traduit par une richesse et une diversité spécifiques amoindries. La caractérisation de la distribution statistique de la variable longueur museau-cloaque de deux populations de Tritons crêtés *Triturus cristatus*, l'une dans une mare sans Xénope du secteur de Genneton et l'autre dans une mare à Xénopes du secteur Mauzé-Thouarsais, tend à démontrer une nette différence entre les deux populations. En effet, la population cohabitant avec le Xénope présente une quasi absence des petites classes de taille. Enfin, la comparaison du pourcentage moyen de supports avec des œufs de grands Tritons, Tritons crêté et marbré, entre des mares sans Xénope et des mares avec Xénopes (Bouillé-Saint-Paul) fait apparaître une très nette diminution de ce pourcentage (56% sur la Peyratte et 9% sur Bouillé-Saint-Paul) dans les secteurs occupés depuis plusieurs années par le Xénope.

Ces constats nous permettent d'envisager un impact négatif provoqué par le Xénope sur les espèces d'Amphibiens autochtones, au moins dans les mares les plus anciennement peuplées par cette nouvelle espèce. En effet, les mares prospectées autour de Bouillé-Saint-Paul s'inscrivent dans des milieux et des paysages favorables pour les Amphibiens, ce qui exclut, *a priori*, des possibilités de régression qui auraient pu être provoquées par des modifications d'habitats et des mares rendues défavorables par exemple.



Cliché 15. Le Triton marbré, *Triturus marmoratus*. Un des deux grands Tritons menacé par le Xénope.

IV-4-Perspectives

Ce travail aura permis de jeter les bases de la répartition actuelle du Xénope, les techniques de captures, les impacts envisagés et les méthodes d'éradication et/ou de limitation des effectifs.

A l'heure où les Amphibiens autochtones sont sérieusement menacés en France et au niveau régional (52% des espèces ont un statut de conservation précaire en Poitou-Charentes, Thirion *et al*, 2002), la présence du Xénope du Cap engendre un impact négatif supplémentaire qui se traduit localement par une chute importante de la biodiversité.

Il semble donc important que ce travail débouche sur un suivi régulier et la mise en place de mesures de limitation. En utilisant la nasse, il suffit de 24 heures pour déprimer drastiquement la population d'une mare. Même si la senne permet une forte capture, cette technique n'est pas applicable dans les milieux de plus de 2 mètres de profondeur et encombrés de végétation rivulaire ou d'encombrant immergés. L'épuisette de pisciculture est la méthode la moins efficace, pour des raisons de profondeur, d'accès mais aussi du fait de la locomotion rapide du Xénope. Cet excellent nageur, doté d'organes sensoriels très sensibles au mouvement, évite facilement les coups d'épuisettes. Nous n'avons pas testé la pêche électrique. Sur la Grenouille taureau cette technique se solde par un échec : sous l'action du champ électrique, l'amphibien se tapit sur le fond et s'y fige. Ainsi, pour le moment, la nasse est le moyen de piégeage le mieux adapté.

D'autres formes de pièges existent, notamment la nasse verticale (fig. 22 & cliché 15). Elle est composée d'un bac percé et affublé d'un filet à mailles fines. Ce piège en hauteur permet de capturer adultes et larves tant en bordure qu'en profondeur, tout en assurant un accès à l'air libre. Il limite les accidents par noyade des amphibiens allochtones et autochtones. Ce mode de capture devra être testé.

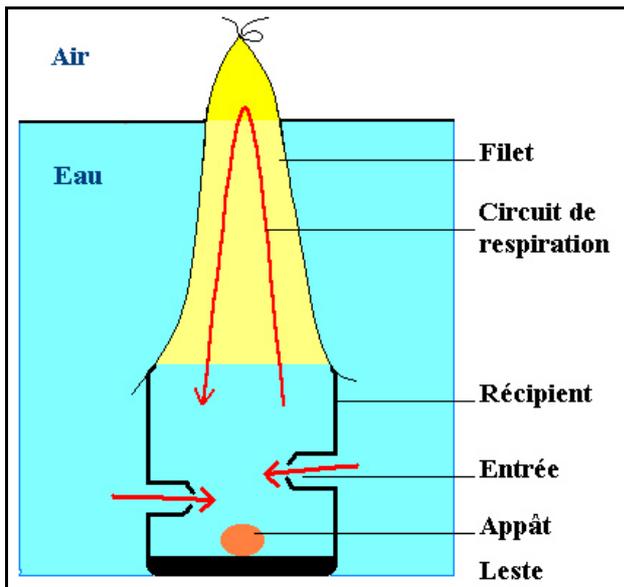


Figure 22. Nasse verticale.



Cliché 16. La nasse verticale (Source Internet)

Un plan d'éradication du Xénope, ou tout au moins de limitation doit être programmé en urgence. Il doit s'axer sur 3 stratégies :

- 1 – une surveillance de la progression de l'espèce sur des zones tests négatives ;
- 2 – éliminer les individus en marge de la répartition ;
- 3 – prélever tous les individus du noyau.

Il est certain que nous ne pourrions jamais avoir accès à tous les plans d'eau. Néanmoins, des disparitions spontanées ont lieu sur de petites populations. Ainsi en Angleterre, en Allemagne, aux Pays-Bas, ou en Californie dans la contrée de San Diego des populations se sont éteintes. Des expériences d'éradication sur de petites unités, notamment sur 2 ans en Virginie, se sont avérées fructueuses (Tinsley & McCoid 1996). Un tel programme doit s'appuyer sur une continuité de plusieurs années consécutives en choisissant des périodes optimales. Il faudrait exclure les périodes de pluies pendant lesquelles les individus se déplacent plus spontanément au sol ; exclure les périodes de gel qui diminuent leur mobilité ; et enfin exclure les périodes de reproduction des Amphibiens autochtones, d'une part pour éviter de les piéger en même temps que leurs éventuels prédateurs, et d'autre part pour ne pas déranger ou perturber leur milieu de ponte.

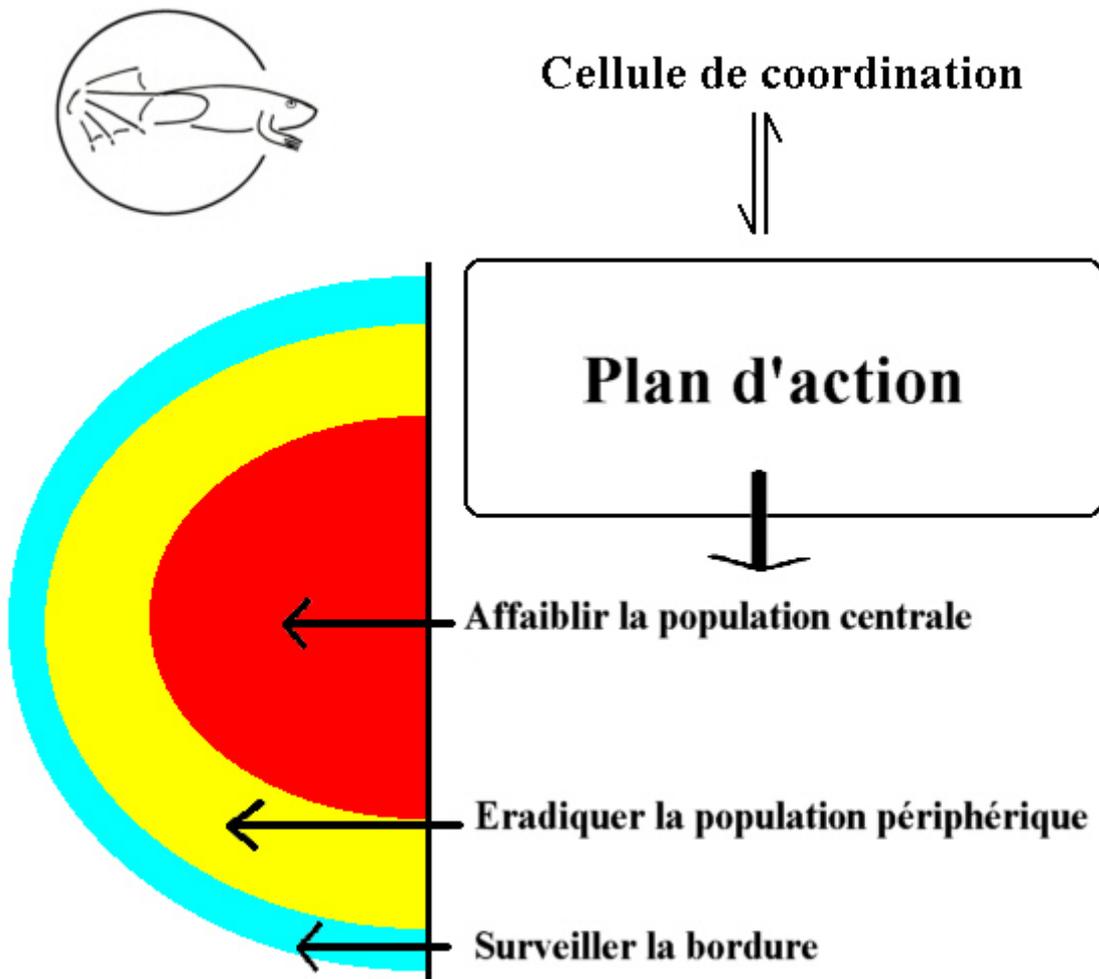


Figure 23. Schéma d'action pour l'élimination du Xénope du Cap en France

Une telle action est subordonnée à la constitution d'un groupe de suivi, sous forme d'une cellule de coordination, réunissant des représentants des acteurs identifiés dans le cadre de cette étude. Elle aura la charge de dresser un bilan annuel de l'état des populations et de leur évolution, de planifier les actions de réduction des effectifs au cours de l'année à venir et d'assurer une continuité dans le temps. Un tel groupe composé au maximum d'une douzaine de personnes devrait se réunir au moins une fois par an de manière à faire le point tant sur les actions de terrain que sur les apports bibliographiques des expériences effectuées sur les autres populations introduites. Cette cellule communiquera dans les deux sens terrain et institutions, et par des moyens modernes comme la création d'un site Internet et des bulletins d'information auprès des médias. Elle devra se doter d'outils performants permettant une analyse des facteurs conditionnant la répartition spatiale. La construction d'un système d'information géographique fournirait les éléments nécessaires à la poursuite de ce travail et à l'efficacité d'un programme documenté pour enrayer la progression du Xénope en France.

D'une telle mise en place va dépendre le maintien de la biodiversité des Amphibiens des départements des Deux-Sèvres, du Maine-et-Loire et de la Vienne, voire du territoire français si rien n'est fait.



Cliché 17. Le Xénope du Cap, une femelle capturée à Mauzé-Thouarsais, en 2004

V-REFERENCES

- Anonyme, 2001 – *Xenopus laevis*. V2.2 Database. American Museum of Natural History. [http:// research.amnh.org/cgi-bin/herpetology](http://research.amnh.org/cgi-bin/herpetology)
- Arak, A., 1988 – Sexual dimorphism in body size: a model and a test. *Evolution*, 42 : 820-825.
- Axelsson E., Nyström P., Sidenmark J. & Brönmark C. 1997 - Crayfish predation on amphibian eggs and larvae. .predation fish. *Amphibia-Reptilia*, 18 (3): 217-228.
- Beebee, T. & Griffiths, R., 2000 – *Amphibians and Reptiles, a natural history of the british herpetofauna*. HarperCollins Publishers, London. 270p.
- Blondel, J., 1979 – *Biogéographie et écologie*. Masson, Paris. 173 p.
- Bradford D. F., Coopers D., Jenkins T. M. JR., Kratz K., Sarnelle O. & Brown A. D. 1998 - Influences of natural acidity and introduced fish on faunal assemblages in California alpine lakes. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 55 (11): 2478-2491.
- Crossland M. R. 2000 - Direct and indirect effects of the introduced toad *Bufo marinus* (Anura : Bufonidae) on populations of native anuran larvae in Australia. *Ecography Copenhagen*, 23 (3): 283 290.
- Dajoz, R., 1996 – *Précis d'écologie*. 6^{ème} édition, Dunod, Paris. 551 p.
- Eggert C. & Fouquet A., 2004 – Communication orale d'un résultat de suivi biotéléométrique par des émetteurs implantables, chez le Xénope commun en Deux-Sèvres. Résumé du Colloque de la Société Herpétologique de France, Martel (28), du 7 au 10 juillet 2004.
- Ehrlich P.R. & Ehrlich A.H., 1981 – *Extinction : The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. University of Chicago Press, Chicago.
- Fahmy, T., 1999 – *XLSTAT*. Version 4.0. Microsoft Excel.
- Fouquet A. & Measey, 2005 - Plotting the course of a African clawed frog invasion in Western France. *In Press*.
- Fouquet, A., 2001 - Des clandestins aquatiques. *Zamenis*, n°6 : 10-11.
- Glantz, S.A., 1996 – *PRIMER*. Version 4.02. McGraw-Hill International (UK Ltd, Berkshire, Angleterre).
- Grillet, P. et Thirion, J.-M., 1997 – *Répartition des Amphibiens et des Reptiles en Poitou-Charentes*. Poitou-Charentes Nature, Poitiers. 31 p.
- Harris L.D., 1984 – *The Fragmented Forest: Island Biogeographic Theory and The Preservation of Biotic Diversity*. University of Chicago Press, Chicago.
- Joly, P. & Deheuvels, O., 1997 – *Méthodes d'inventaire des communautés et des populations d'Amphibiens*. Université Claude Bernard Lyon 1, Laboratoire Écologie des Eaux Douces et des Grands Fleuves. 17 p.
- Knapp R. A. & Matthews K. R. 2000 - Non native fish introductions and the decline of the mountain yellow legged frog from within protected areas. *Conservation biology*, 14 (2): 428 438.
- Krebs, C.J., 2000 – *Programs for Ecological Methodology*. Version 5.2, Dept. of Zoologie, University of British Columbia, Vancouver.
- Krebs, Ch.J., 1999 – *Ecological methodology*. Second edition, Benjamin-Cummings, Menlo Park. 620 p.
- Lawler S. P., Dritz D., Strange T. & Holyoak M. 1999 - Effects of introduced mosquitofish and bullfrogs on the threatened California red legged frog. *Conservation biology*. 13 (3): 613 622.
- 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.
- Lobos G. & Jaksic F.M., 2003 – The ongoing invasion of African clawed frogs (*Xenopus laevis*) in Chile: causes of concern. *Biodiversity and Conservation* 14: 429-439.
- 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.
- Poynton, J.C. & Broadley, D.G., 1985 - Amphibia Zambesiaca 1. Scolecomorphidae, Pipidae, Microhylidae, Hemisidae, Arthropoidea. *Annales of the Natal Museum* 26 (2): 503-553.
- Primack R.B., 1993 – *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

- Soulé M., 1986 – Conservation Biology: *The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Thirion JM.; Grillet P. & Geniez P. 2002 - Les Amphibiens et les Reptiles du Centre-Ouest de la France. Ed. Parthénope, Biotope. Mèze. 144 p.
- 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.
- Tinsley, R.C., Loumont, C. & Kobel, H.R., 1996 - Geographical distribution and ecology. Pp. 35-59 *in* Tinsley, R.C., Kobel, H.R., (éds), *The biology of Xenopus*. Oxford science publications, Zoological society of London, Oxford : 440 p.
- Williamson I. 1999 - Competition between the larvae of the introduced cane toad *Bufo marinus* (Anura: Bufonidae) and native anurans from the Darling downs area of southern Queensland. *Australian journal of ecology*. 24 (6): 636 643.

VI-ANNEXES

Annexe 1 : Systématique du Xénope du Cap ou commun

Classe des AMPHIBIENS

Ordre des ANOURES

Famille des Pipidae (5 genres)

- 1 - *Hymenochirus*
- 2 - *Pseudhymenochirus*
- 3 - *Pipa*
- 4 - *Silurana*
- 5 - *Xenopus* (15 espèces)
 - X. amieti*
 - X. andrei*
 - X. borealis*
 - X. boumbaensis*
 - X. clivii*
 - X. ethioppi*
 - X. fraseri*
 - X. gilli*
 - X. helveticus*
 - X. longipes*
 - X. muelleri*
 - X. pygmaeus*
 - X. ruwenzoriensis*
 - X. wittei*

***X. laevis* (6 sous-espèces :**

X. l. bunyoniensis (= *vestitus*)

X. l. laevis

X. l. petersi

X. l. poweri

X. l. sudanensis)

X. l. victorianus

Annexe 2 : Coordonnées des auteurs



Antoine Fouquet
Le Buisson Garoux
79100 Mauzé-Thouarsais

06-30-09-57-65
05-49-96-67-00
antoine.Fouquet@libertysurf.fr



Pierre Grillet
Nature Environnement Conseil
28, place du 25 Aout
79340 Vasles

06-70-72-70-37
05-49-69-11-67
p.grillet@wanadoo.fr



Olivier Grosselet
ISSNS – Philofauna
11, rue du Maréchal Foch
44240 La Chapelle-sur-Erdre

06-76-00-14-19
philofauna@free.fr



Jean-Marc-Thirion
Nature Environnement 17
Groupe Scolaire Descartes
Avenue de Bourgogne
Port-Neuf
17000 La Rochelle

06-30-03-42-49
05-46-97-12-38
n.environnement17@wanadoo.fr
Thirion.jean-marc@wanadoo.fr

Annexe 3 : Compte-rendu d'activité (291 jours)

Avec le nombre de jours équivalents, comprenant le temps de préparation et une journée par personne.

1/ Actions menées en fin 2002 et 2003 (131 jours)

Décembre 2002 : réunion du Groupe Xénope pour préparer le contenu de l'étude ;	2 jours
Bibliographie, préparation et rédaction du protocole ;	15 jours
Journée d'information sur le Xénope et l'étude à venir à l'Assemblée Générale des Pêcheurs des Deux-Sèvres à Cerisay le samedi 22 mars (100 personnes)	2 jours
Journée d'information et de formation auprès des Techniciens de rivières du Thouet et de ses affluents à Saint Loup-sur-Thouet le lundi 26 mai (5 techniciens présents) avec transmission d'une information auprès de l'ensemble des syndicats de rivière concernés. Utilisation d'une fiche technique sur le Xénope réalisée par le CSP.	2 jours
17 avril : envoi d'un courrier présentant l'étude à venir, les personnes chargées de l'étude et un double des autorisations à chaque Maire concerné par les limites de l'étude.	2 jours
Du 28 avril au 2 mai : piégeage Xénope sur les marges de la répartition ;	16 jours
9-10 mai : intervention sur une mare privée à CERSAY suite à un appel des propriétaires. Piégeage et capture de Xénopes ;	4 jours
Juillet - août : piégeage Xénope destiné à affiner la connaissance de la répartition ;	56 jours
Fin août, début septembre : piégeage Xénope ;	20 jours
26 août : réunion entre les auteurs de l'étude pour faire le point et envisager les suites 2004	4 jours
Intervention sur l'étude Xénope dans le cadre des " Bistrots scientifiques " à Melle, le lundi 13 octobre ;	2 jours
Intervention à l'université Angers dans le cadre d'un colloque ayant pour thème les amphibiens introduits	2 jours

Autres démarches :

Démarches auprès de la DDAF pour obtenir les autorisations de poser des nasses ;	3 jours
Achat d'une dizaine de nasses fin août.	1 jour 330 euros

2/ Actions menées en 2004 (57 jours)

Jeu 5 février : réunion du groupe Xénope	5 jours
Terrain Xénope en mars et août	32 jours
Participation à un colloque organisé par Deux-Sèvres Nature Environnement au lac du Cébron (79) : présentation de l'étude en cours sur le Xénope du Cap	2 jours
Envoi le 5 novembre aux mairies de 42 communes, dont toutes celles concernées par l'expansion du Xénope, d'un dépliant de présentation de l'étude pour publication dans les journaux municipaux.	2 jour
Rencontre scientifique sur la coordination de l'étude Xénope les 23,34 et 25 août, à Mauzé-Thouarsais	7 jours
Présentation des premiers résultats de l'impact du Xénope sur les Grands Tritons au colloque de la Société Herpétologique de France, en juillet, à Martel (cf. Annexe 4)	5 jours
Information sur l'étude en cours lors du stage national de formation sur les Amphibiens, destiné au personnels des parcs nationaux et réserves (stage ATEN)	1 jour
Exposition d'un panneau d'information sur l'étude Xénope au Festival International du Film Ornithologique à Ménigoute, octobre-novembre 2004 (cf. Annexe 5).	3 jours

3/ Actions menées en 2005 (103 jours)

Intervention dans le cadre des bistrots scientifiques au Cébron (79) ayant pour thème : les espèces invasives avec présentation des travaux en cours sur le Xénope du Cap.	2 jours
Participation à un colloque naturaliste organisé par Deux-Sèvres Nature Environnement au lac du Cébron (79) : présentation de l'étude en cours sur le Xénope du Cap	1 jour
Information sur l'étude en cours lors du stage national de formation sur les Amphibiens, destiné au personnels des parcs nationaux et réserves (stage ATEN)	1 jour
Terrain Xénope répartition et impacts sur les autres espèces d'Amphibiens : avril et août	64 jours
Rédaction du rapport et d'un résumé pour diffusion	28 jours
Dépôt du rapport auprès de l'Agence de l'Eau et du Conseil Général 79	1 jour
Réalisation d'un diaporama Power Point de présentation de l'étude	3 jours
Exposition d'un panneau d'information sur l'étude Xénope au Festival International du Film Ornithologique à Ménigoute, 27 octobre au 1 ^{er} novembre 2005	3 jours

Annexe 4 : Poster impact du Xénope sur les grands Tritons, SHF 2004

La dynamique invasive du Xénope du Cap Xénope *X. laevis* entraîne-t-elle un déséquilibre dans la structure des peuplements d'Amphibiens autochtones ?

Des Marc EBHARDT, Frédéric BEAU, Olivier GILLESPIE 1*, Pierre GILLET 1, et Antoine FORQUET 2*

1 Nature Environnement 17, 28 rue de Brest, 44100 Nantes, 17000 La Rochelle, Nature Environnement Conseil, 18 place du 25 août 78183 Paris, 2002 21, rue du Général Foch, 44200 La Chapelle sur Erdre, 2 Rue de la République, 44100 Nantes, France



Photo : M. Gillet

Après une introduction en 1961 à l'île de la Réunion, le Xénope du Cap Xénope *X. laevis* a envahi les zones humides de la Réunion. Cette espèce invasive a entraîné un déséquilibre dans la structure des peuplements d'Amphibiens autochtones. Les espèces les plus sensibles sont les espèces les plus rares et les plus petites. Les espèces les plus sensibles sont les espèces les plus rares et les plus petites.



Mare existante par le Xénope du Cap Xénope *X. laevis* dans le nord-est des Deux-Monts.

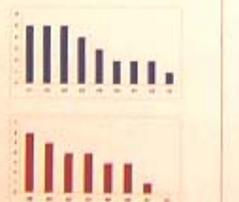
Afin de caractériser les peuplements d'Amphibiens, nous avons produit à l'échelle de deux sections du nord-est des Deux-Monts, l'un existant de 8 mares avec la présence de Xénope du Cap Xénope (Xénope) ou sans Xénope (Non Xénope), et l'autre avec 8 mares sans Xénope (Xénope) ou sans Xénope (Non Xénope). L'impact de la présence de Xénope a été évalué par la richesse relative de chaque espèce et par la mise en place de deux variables complémentaires : la diversité spécifique et l'équité.



Nous calculons pour le Xénope du Cap Xénope *X. laevis* la richesse relative de chaque espèce et par la mise en place de deux variables complémentaires : la diversité spécifique et l'équité.

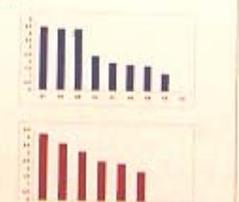
Richesse spécifique

Il n'y a pas de différence significative dans la répartition de la richesse spécifique entre les 2 sections ($F=0,249$, $p=0,621$).



Diversité spécifique

Il n'y a pas de différence significative dans la répartition de la diversité spécifique entre les 2 sections ($F=0,11$, $p=0,738$).

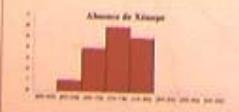


Equité

Il n'y a pas de différence significative dans la répartition de l'équité entre les 2 sections ($F=0,11$, $p=0,738$).



Absence de Xénope



Biodiversité

On observe, en outre, une différence significative dans la répartition de la variable longueur moyenne relative entre les populations de Tritons existants ($F=3,814$, $df=11$, $p=0,010$).

Présence de Xénope





Ainsi, dans les mares colonisées par le Xénope du Cap Xénope *X. laevis*, les populations de Tritons existants ne présentent pas un peu d'individus dans les hautes classes de taille. C'est ce qui pourrait confirmer le fait d'une prédation significative sur les larves, entraînant à court terme un recrutement faible voire inexistant dans la population de reproducteurs. C'est ce qui se passe en parallèle de la population d'Amphibiens autochtones.

Ce travail sera reproduit en 2005 à plus grande échelle afin de confirmer ces résultats préliminaires.

Nous remercions chaleureusement les structures qui ont participé au financement de cette étude.



Page 51

Annexe 5 : Poster de présentation de l'étude, Ménigoute (79) 2004

UNE GRENOUILLE D'AFRIQUE AUSTRALE

INTRODUITE EN FRANCE :

LE XENOPE



Peau glissante

"Cratures"

Griffes

Présentation d'un adulte



QUI ?

Le Xénope commun, une nouvelle espèce de Grenouille originaire d'Afrique australe.

Facilement reconnaissable : griffus aux pieds, glissant, plat, des petites cicatrices blanchâtres autour du corps et des yeux : **Une savonnette griffue et cousue main !**

Un têtard avec des barbillons, rappelant une autre espèce introduite : le Poisson chat !



INTRODUIT OU ?

Introduit dans le nord des Deux-Sèvres, il a colonisé le sud du Maine-et-Loire et l'est de la Vienne

Un lieu et une date d'introduction connus

1/ Quelle va être sa vitesse d'expansion ?

2/ A-t-il un effet néfaste sur les populations d'amphibiens locaux ?

3/ Si oui, existe-t-il un moyen d'enrayer sa progression et de réparer cette erreur ?

LE GROUPE XENOPE

Nature-Environnement-Conseils (79)
Pierre Gillet et Arlette Fouquet

Nature-Environnement 17
Jean-Marie Thiéson

ISSNS – Philofauna (44)
Olivier Grosjean

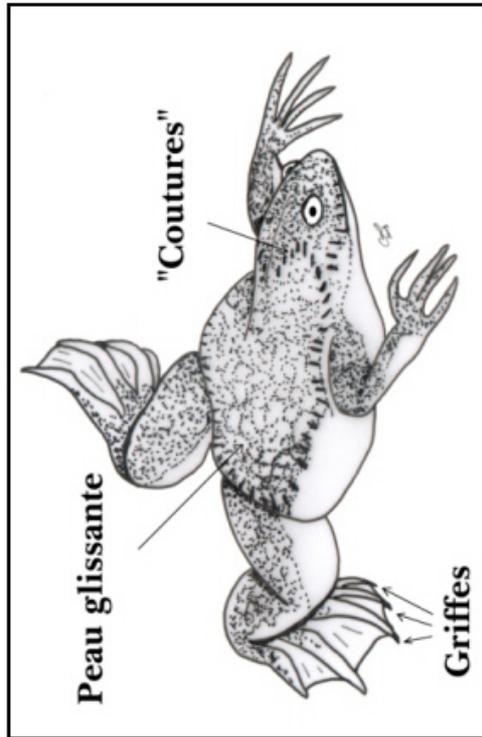


Le site de la commune de Ménigoute (79) est inscrit au Patrimoine des Deux-Sèvres et est géré par le Centre de Recherches et d'Études de la Vallée de la Loire



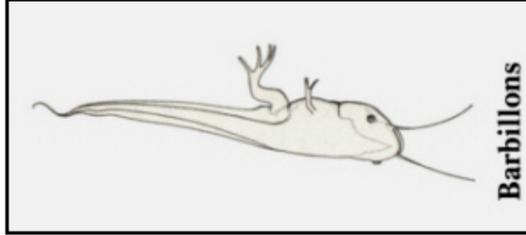
Annexe 6 : Plaquette d'information au public

Le Xénope commun, *Xenopus laevis* (Daudin, 1802)



lèvres et à la jointure des membres postérieurs. Ce sont de petites barres blanches ressemblant à des coutures maladroites. Ainsi le Xénope s'apparente à une **savonnette griffue et cousue main** ! Enfin, comme il vit sur le fond, ses yeux sont situés sur le dessus de la tête et non sur le côté. Les têtards sont également aisément reconnaissables : ils se déplacent en groupe et se reposent en position inclinée, la tête vers le fond. En main vous verrez **les deux longues moustaches du têtard**, qui rappellent le Poisson-chat, une autre espèce introduite.

Appel à témoignages. Actuellement une étude est en cours sur cette introduction. Etant donné l'étendue probable de sa répartition actuelle, nous faisons appel à tous les témoignages pour nous aider à localiser et ainsi mieux comprendre la vitesse et les modalités de son expansion. Si vous le trouvez, contactez-nous aux coordonnées ci-dessous. N'oubliez pas d'indiquer l'endroit de votre découverte et si possible la date, ainsi que vos coordonnées. En vous remerciant pour votre participation à la surveillance de notre faune.



Le groupe Xénope

N.E.C., Nature Environnement Conseil, M. Pierre Grillet, 28, place du 25 Août, 79340 Vassles Tél. : 05-49-69-11-67 (Coordonnées de correspondance)

I.S.N.S. – Philofauna, International School and Studies of Natural Science, M. Olivier Cressellef 11, rue Foch, 44240 La Chapelle-sur Erdre

N.E. 17, Nature Environnement 17, M. Jean-Marc Barrois, 20, rue Bastion Saint-Nicolas, 17000 La Rochelle

Le nord des Deux-Sèvres, le sud du Maine-et-Loire et l'est de la Vienne sont habités depuis peu par une **nouvelle espèce de « grenouille »** : le Xénope commun. Originaire d'Afrique Australe, cet amphibien 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 **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 grésille 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. Comment le reconnaître ? Cet amphibien a des pieds étranges : **il porte des griffes** sur les trois premiers doigts. Par ailleurs *laevis* souligne qu'**il est lisse et glissant**. De plus il dispose d'organes sensoriels sur les côtés, les

Cette étude est financée par le Conseil Général des Deux-Sèvres et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne.

Annexe 7 : Fiche d'enquête

Fiche d'enquête concernant le XENOPE du CAP *Xenopus laevis*

Merci de bien vouloir remplir une fiche et la retourner à l'adresse indiquée si vous connaissez des mares ou des étangs qui abritent le Xénope ou si vous soupçonnez la présence de cette espèce.

Nom et adresse de la personne qui peut être contactée :

Localisation du site concerné : _____

Commune :

Lieu dit :

Précisions éventuelles pour localiser le site :

Type de milieu* : mare ; étang ; ruisseau ; autres (merci de préciser si possible)

Présence du Xénope* considérée comme : certaine ; possible

Autres espèces présentes* : poissons ; grenouilles ; crapauds ; tritons (si c'est possible, merci de préciser les espèces)

A quand remonte la présence du Xénope sur ce site ?

Avez-vous remarqué d'éventuelles modifications depuis la présence de cette espèce (au niveau des autres espèces grenouilles, tritons, poissons ?...Si oui, lesquelles ?

Avez-vous d'autres commentaires à faire ?

Si le nom de la personne à contacter est différent de celui qui a rempli la fiche :

Nom et coordonnées de l'auteur de la fiche :

Merci de bien vouloir retourner cette fiche chez : **Pierre GRILLET, 28 place du 25 août, 79340 VASLES.**

Tél. : 05 49 69 11 67 p.grillet@wanadoo.fr

(au verso, vous trouverez quelques indications qui permettent de reconnaître le Xénope et ses têtards)

* : rayer les mentions inutiles

Caractéristiques du XENOPE :

- La peau est lisse et très glissante (très difficile de le maintenir dans la main car glisse très facilement, style « savonnette ») ;
- Le corps est aplati et la tête possède des yeux très petits, ce qui lui confère une allure très différentes de nos grenouilles « habituelles » ;
- Les adultes possèdent des griffes cornées noires aux extrémités des orteils ;
- Teinte de fond sur le corps grisâtre maculée de dessins plus sombres et la face ventrale est blanc crème unie

- Les têtards sont translucides et possèdent deux tentacules tactiles au bord de la bouche

En cas de doute, ne pas hésiter à nous transmettre l'information, ce qui nous permettra de nous déplacer et de vérifier la présence ou l'absence de l'espèce.

Annexe 8 : Utilisation d'un Système d'Information géographique (SIG)

1 - Pourquoi un SIG dans le projet Xénope ?

- Travail sur un maillage plus fin (maille de 100m de côté par exemple) donc analyse plus approfondie ;
- Analyse spatiale sur les surfaces en eau en tant que telle : mise en place d'une base de données mare par mare
- Analyse spatiale de la proximité des zones de présence du xénope, recherche de corrélations
- Ajout de nouveaux critères qui pourrait avoir un rôle dans la progression ou non progression du xénope : géologie, occupation du sol, présence d'espèces...
- Analyse de la corrélation entre certains facteurs : poids et éloignement par exemple
- Développement d'un modèle de prévision de la progression du xénope, validation du modèle sur le terrain ;
- Corrélation entre la surface de la mare et la présence et/ou la taille des xénopes

→ Analyse spatiale statistique pour comprendre la répartition du Xénope

2 – Analyse par une distribution de Poisson.

Analyse de la structure spatiale du semis de point, avec pour hypothèse nulle (H0) que tout endroit de la carte a une probabilité égale de recevoir un point. Deux possibilités : la carte résulte d'un processus totalement aléatoire ou les points sont dépendants les uns des autres. On utilise le test du Z-standard pour définir si on doit ou non rejeter H0. Le problème est que les variations dans les dimensions des cellules de la grille changent la distribution et les résultats. Pour y remédier on détermine la taille de grille idéale (en écologie végétale : taille = 2*S/N (S, superficie, N, nombre de points).

- On fait des tests avec un certain nombre de tailles de grilles

3 - Analyse de Quadrats (quadrillage régulier)

On superpose au territoire une grille à l'intérieure de laquelle on effectue une énumération pour chaque cellule du nombre de points qui s'y inscrivent. La distribution est donc décrite par un certain nombre de quadrats possédants 0, 1, 2, 3,... points -- pour lesquels on peut faire un test d'hypothèse pour savoir si leur pattern est aléatoire (H0 dit que le pattern est aléatoire (dans une distribution de Poisson : la moyenne est pratiquement égale à la variance) --)

4 - Analyses du plus proche voisin

Elles s'appuient sur les distances entre chaque point et son plus proche voisin

- distances prévues moyennes:

$$\bar{r}_e = 0.5\sqrt{A/N}$$

A, superficie, N, nombre de points

- on compare les distances observées aux distances prévues.

$$R = \bar{r}_o / \bar{r}_e \quad \bar{r}_o = \text{distance observée moyenne}$$

- R compare la distribution observée avec une distribution aléatoire

Hypothèses de départ:

- surface isotropique
- la taille et la forme de la région étudiée influencent les résultats.

5 – Analyses par les fonctions mathématiques de type kernel

L'objectif est de décrire l'évolution des relations de voisinage (distance entre "événements", entre points) à l'aide de fonctions tenant compte des variations des phénomènes dans l'espace. Au lieu d'appliquer un quadrillage sur la région étudiée, on y applique un fenêtrage mouvante, sur le même principe qu'un filtre en matriciel. Cette fenêtrage, appelée noyau ou kernel prend la forme d'une fonction mathématique indiquant une prise en compte non linéaire de la distance par rapport au point de prise de mesure.

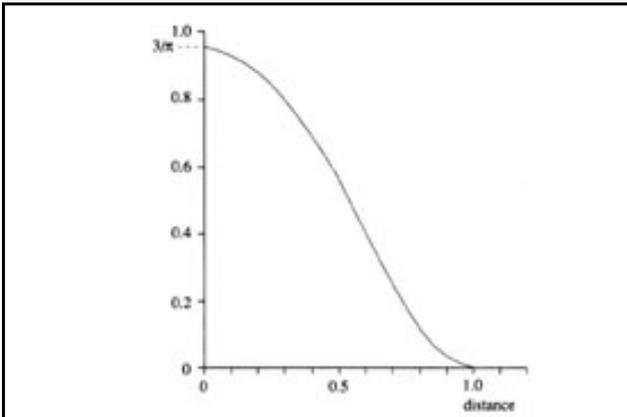


Fig. 3.3 Slice through a quartic kernel

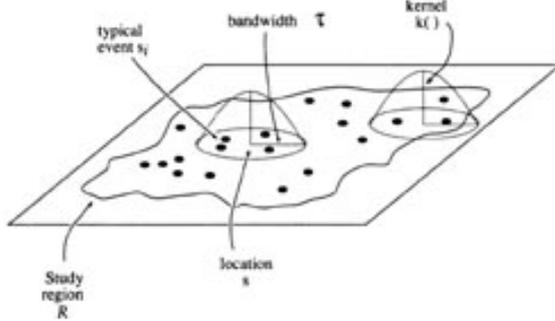


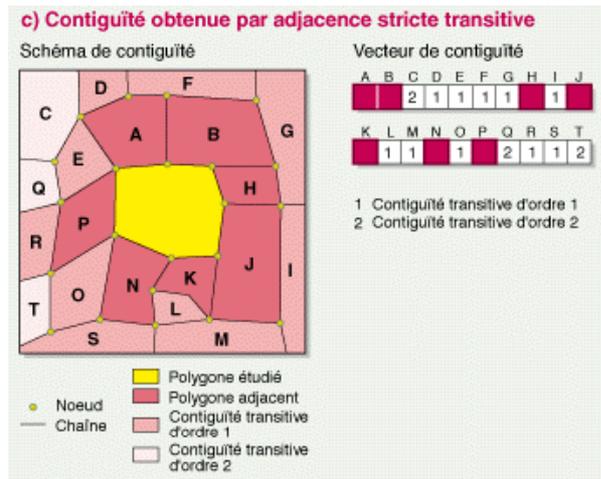
Fig. 3.4 Kernel estimation of a point pattern

On peut effectuer diverses analyses de ce genre, en modifiant la fonction kernel ou en modifiant la largeur de bande (bandwidth) sur laquelle s'applique la fonction.

Le décompte par quadrats et l'analyse par noyau sont toutes deux destinées à mettre en valeur les propriétés de premier ordre de la répartition spatiale d'un semis de points, soit la manière dont l'intensité du phénomène varie à l'échelle de la région étudiée.

Les analyses du plus proche voisin, qui prennent en compte les distances entre les objets ou événements, s'intéressent en priorité aux propriétés de second ordre du semis de points, soit les effets de dépendance spatiale, effets locaux.

6 - Relations d'adjacence et de contiguïté



La relation d'adjacence permet d'identifier des phénomènes contigus. C'est la propriété de lieux voisins qui se touchent (par un point ou par un segment linéaire selon les cas), notion qui insiste sur les positions relatives des objets au lieu de leurs positions absolues et de leurs distances entre eux.

7 – Conditions de réalisation

Le travail de SIG peut être réalisé sur SAGA (logiciel freeware) rendu en format shp, analyse vectorielle (compatible Map Info ou Arc Gis, ou en fichier raster, analyse par pixels. Cette approche nécessite une base de données topographique IGN incluant le réseau hydrographique et l'occupation du sol, les clichés aériens, des informations sur la géologie et la végétation. Une base de donnée globale serait ainsi créée, et pourrait même dépasser la seule problématique Xénope, en étant étendue à l'ensemble des espèces d'Amphibiens.

Annexe 9 : Tables des illustrations

Clichés

Cliché 1. Des échanges fructueux entre spécialistes.....	4
Cliché 2. Face à face avec le Xénope commun.....	5
Cliché 3. Xénopes mâle et femelle en main dans les Deux-Sèvres.....	10
Cliché 4. Nasse en vue longitudinale.....	12
Cliché 5 à 10. Le positionnement de la nasse de capture par Pierre Grillet.....	13
Cliché 11. Nasse en limite de capturabilité.....	13
Cliché 12. Nasse en action, mare de la Roche, Coulonges-Thouarsais (79).....	17
Cliché 13. Une nasse avec une quinzaine de Xénopes.....	38
Cliché 14. Les Xénopes collectés dans une mare.....	38
Cliché 15. Le Triton marbré, <i>Triturus marmoratus</i> . Un des deux grands Tritons menacé par le Xénope.....	41
Cliché 16. La nasse verticale (Source Internet).....	42
Cliché 17. Le Xénope du Cap, une femelle capturée à Mauzé-Thouarsais, en 2004.....	44

Figures

Figure 1. Le Xénope adulte et les critères de reconnaissance.....	7
Figure 2. Larve de Xénope.....	7
Figure 3. Aire d'origine du Xénope du Cap.....	8
Figure 4. Vitesse annuelle de progression du Xénope, sur 20 ans.....	20
Figure 5. Evolution annuelle du nombre de sites et de mailles positifs.....	21
Figure 6. Nombre moyen de Xénopes du Cap capturés par nasse en fonction du temps.....	24
Figure 7. Sex-ratio des populations de Xénopes du Cap en fonction des mares.....	25
Figure 8. Relation entre le poids et la taille de 212 Xénopes du Cap du secteur de Bouillé-Saint-Paul (79).....	26
Figure 9. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare pour le secteur de Mauzé-Thouarsais.....	27
Figure 10. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare pour le secteur de Genneton.....	28
Figure 11. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare pour le secteur de Bouillé-Saint-Paul.....	28
Figure 12. Répartition de la diversité spécifique des communautés d'Amphibiens autochtones.....	29
Figure 13. Répartition de la diversité spécifique des communautés d'Amphibiens autochtones.....	30
Figure 14. Répartition de la diversité spécifique des communautés d'Amphibiens autochtones.....	30
Figure 15. Distribution statistique de la variable longueur museau cloaque de deux populations de Tritons crêtés <i>Triturus cristatus</i>	31
Figure 16. Pourcentage de supports avec ou sans œufs de « grands Tritons ».....	32
Figure 17. Distribution des mailles en fonction du nombre de mares contenues.....	33
Figure 18. Distribution du nombre de sites de Xénopes par maille en fonction du nombre de mares par mailles.....	33
Figure 19. Identification des acteurs de terrain.....	37
Figure 20. Identification des acteurs institutionnels.....	37
Figure 21. Augmentation extrapolée du nombre de mailles de 25 km ² occupée par le Xénope de 1985 à 2020.....	40
Figure 22. Nasse verticale.....	42
Figure 23. Schéma d'action pour l'élimination du Xénope du Cap en France.....	43

Tableaux

Tableau I. Liste des 26 communes positives.....	19
Tableau II. Capture du Xénope du Cap sur le secteur de Bouillé-Saint-Paul.....	24
Tableau III. Distribution statistique des variables Longueur museau-cloaque (mm) et Poids (g).....	25
Tableau IV. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare en fonction des secteurs.....	27
Tableau V. Nombre d'espèces d'Amphibiens par mare en fonction des secteurs.....	29

Cartes

Carte 1. Aire d'étude du Xénope du Cap, 2003 – 2005.	11
Carte 2. Couverture de la prospection de 2001 à 2005.....	18
Carte 3. Résultat global de la prospection de 2001 à 2005.	18
Carte 4. Distribution des chefs-lieux des 26 communes	19
Carte 5. Evolution annuelle de la répartition du Xénope : état des connaissances en 2002.....	22
Carte 6. Evolution annuelle de la répartition du Xénope : état des connaissances en 2003.....	22
Carte 7. Evolution annuelle de la répartition du Xénope : état des connaissances en 2004.....	23
Carte 8. Evolution annuelle de la répartition du Xénope : état des connaissances en 2005.....	23
Carte 9. Densité des mares par mailles en 3 catégories.....	34
Carte 10. Densité des mares par mailles et réseau hydrographique.	34
Carte 11. Potentialités de progression et répartition du Xénope.	35
Carte 12. Répartition des mares, du réseau hydrographique et du Xénope.	35
Carte 13. Extrapolation de la répartition du Xénope.....	39
Carte 14. Prévission de l'extension du Xénope sur 15 ans.	39