

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Hes·SO GENÈVE
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale

« RENFORCEMENT DU RÉSEAU ÉCOLOGIQUE DES BATRACIENS DANS LE BASSIN VERSANT DU
BOIRON DE MORGES (VD) ».



Sarah Boxler Dike

Pour l'obtention du titre de bachelor of Sciences HES-SO en gestion de la nature

Août 2014

Représentant hepia

Jean-François Rubin

Responsable de filière

Patrice Prunier

Conseiller scientifique

Jérôme Pellet

Jury

Jean-François Rubin

Jérôme Pellet

Nathalie Kummer

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier du fond du cœur :

Jean-François RUBIN pour son encadrement sans faille, durable et humain.

Jérôme PELLET pour le partage de ses énormes connaissances sur les amphibiens et sa grande disponibilité.

Michaël CID pour son soutien régulier dans la compréhension du programme de géomatique ArcGIS.

Félix BRÜSSOW pour son assistance sur le programme de DAO Autocad. Clovis DURAND pour son appui dans la présentation de l'écrit.

Marita SWAIN, Antonin CALDERON, Vanessa BERLIE, Johann BOXLER, Loïc SCHLEFEREIT, Adrien ORIEZ, Carmen MOINECOURT, Marguerite DAVENPORT et Alexandra PASS pour leur précieuse aide lors des inventaires.

Paul FICHOT d'avoir ouvert les portes de sa propriété aux inventaires.

Léa OSWALD, Hadrien HÄNER, Charlotte DEMOUX pour le prêt de la voiture.

Léonie GIVORD et Damien ROBERT-CHARRUE pour leurs précieux conseils tout au long de l'étude et le coup de main pour les inventaires. Emilie REDARD pour son aide dans les inventaires, la lecture et correction de mon travail. Hermann VERDE, Cassandre POIRIER SIMON, Maëlle GROSS, Anaïs WANAZ, Fanny MATTON et Julia GALIFFA pour la relecture et les corrections de mon travail.

Philippe TAVEL pour la rencontre et le partage de connaissance sur les amphibiens de la région.

Alexandre MAILLEFER pour la rencontre, et le partage de la base de données de l'OQE de Yens.

Cédric MÉTRAL, Gabriel DE LA HARPE, Kurt BÜHLER et la famille LÜTHI de m'avoir fait visiter leur terrain et accordé leur confiance.

Caroline et Inès DOMMEN ainsi que Magali FELLER de m'avoir prêté un espace calme de travail et donné leur confiance.

Les services du karch et d'infloflora pour la transmission des données et tous les services contactés durant cette étude d'avoir pris le temps de répondre à mes questions.

Elianne DEMIERRE pour le prêt du matériel. Lullier et la Maison de la Rivière de m'avoir fourni du matériel.

Les bibliothécaires de Lullier pour leur gentillesse tout au long de la formation.

Un énorme merci à Samuel DIKE pour son soutien quotidien, ma famille, mes amis, mes colocataires et ma classe pour tous les moments partagés et leurs encouragements.

ABRÉVIATIONS

ATL :	Association Truite Léman
BV :	Bassin versant
CAMAC :	Centrale des autorisations en matière d'autorisations de construire
CHF :	Franc suisse
CFF :	Chemins de Fer Fédéraux
CN :	Carte Nationale
DGE :	Direction Générale de l'Environnement
IBN :	Inventaire des sites de reproduction de Batraciens d'importance Nationale
UV :	Ultra-Violet
karch :	Centre de coordination pour la protection des amphibiens et reptiles de Suisse
LPN :	Loi fédérale sur la Protection de la Nature et du paysage
LR :	Liste Rouge
MDLR :	Maison De La Rivière
MNT :	Modèle Numérique de Terrain
OFEFP :	Office fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage
OBat :	Ordonnance sur la protection des sites de reproduction de Batraciens d'importance nationale
OPD :	Ordonnance sur les Paiements Directs
OQE :	Ordonnance sur la Qualité Ecologique
REC :	Réseau Ecologique Cantonal
REN :	Réseau Ecologique National
SAU :	Surface Agricole Utile
SCE :	Surface de Compensation Ecologique
SDA :	Surfaces d'Assolement
SDT :	Service de Développement Territorial
SPB :	Surface de Promotion de la Biodiversité (anciennement SCE)
SWOT :	Strengths, weaknesses, opportunities, threats (forces, faiblesses, opportunités, menaces)
TB :	Thèse de Bachelor
TIBP :	Territoires d'Intérêt Biologique Prioritaire
TIBS :	Territoires d'Intérêt Biologique Supérieur
VD :	Vaud

GLOSSAIRE

Anoure	Groupe des amphibiens dépourvu de queue à l'âge adulte.
Anthropique	Qui est d'origine humaine.
Bassin versant	Entité géographique, alimenté en eau uniquement par les précipitations et drainés par son exutoire. Il s'étend à partir de cet exutoire vers l'amont, jusqu'à la ligne de partage des eaux (Oertli & Frossard 2013).
Corridor biologique	Ensemble des habitats nécessaires à la réalisation des cycles vitaux (reproduction, croissance, refuge...) d'une espèce qui sont reliés fonctionnellement entre eux.
Corridor écologique	Zone de passage fonctionnelle, pour un groupe d'espèces inféodées à un même milieu, entre plusieurs espaces naturels. Ce corridor relie donc différentes populations et favorise la dissémination et la migration des espèces, ainsi que la recolonisation des milieux.
Continuum écologique	Ensemble des milieux favorables à un groupe d'espèces et reliés fonctionnellement entre eux constitué de zones nodales (cœurs de massifs forestiers, fleuves, etc.), de zones tampons et des corridors écologiques qui les relient.
Espèce-cible	Se dit d'une espèce sur laquelle est basée une étude dans l'objectif de la favoriser. Son statut de protection est élevé et la favoriser permet de contribuer à aider d'autres espèces à se développer.
Extenso	Exigence de l'agriculture suisse pour des céréales panifiables cultivées sans produits phytosanitaires.
Gravide	Animal en période de gestation.
Mare	Etendue d'eau à renouvellement généralement limité, de taille variable pouvant atteindre un maximum de 5000m ² . Sa faible profondeur qui peut atteindre environ 2m, permet à toutes les couches d'eau d'être sous l'action du rayonnement solaire et aux plantes de s'enraciner sur tout le fond (Sajaloli & Dutilleul, 2001).
Métapopulation	Les populations de certaines espèces ne sont pas indépendantes : de nombreux échanges existent entre elles et permettent la subsistance de l'espèce. Ces populations constituent collectivement une métapopulation. C'est le cas de nombreuses espèces de mares et étangs (cf. amphibiens, libellules), caractérisées par d'importants échanges entre les populations des plans d'eau d'un réseau (Oertli & Frossard 2013).
Nappe phréatique	La première nappe libre rencontrée depuis la surface(Oertli & Frossard 2013).
Réseau écologique	Concept théorique de l'écologie du paysage, il comprend l'ensemble des éléments naturels ou semi naturels présents dans un paysage pouvant être le support de flux de biodiversité. Il est composé de zones nodales, de corridors biologiques (cartographie des réseaux écologiques de Rhône-Alpes).
Réseau hydrographique	Ramification connectées de l'ensemble des cours d'eau et plans d'eau, qui drainent le bassin versant (Oertli & Frossard 2013).
Urodèle	Groupe des amphibiens conservant une queue à l'âge adulte.
Zone nodale	Habitats ou ensemble d'habitats dont la superficie et les ressources permettent l'accomplissement du cycle biologique d'un individu (alimentation, reproduction, survie ; cartographie des réseaux écologiques de Rhône-Alpes).
Zone tampon	Environnement proximal de la mare ou de l'étang, constitué d'une ceinture d'environ 30 à 200 mètres de large (Oertli & Frossard 2013).

SOMMAIRE

1.	Introduction	1
1.1	Contexte	1
1.1.1	Contexte du travail de bachelor	1
1.1.2	Contexte du projet	1
1.2	Problématique	2
1.3	Objectifs.....	4
1.3.1	Objectif global.....	4
1.3.2	Objectifs spécifiques	4
2.	Matériel et méthodes	5
2.1	Site d'étude.....	5
2.1.1	Evolution historique du réseau hydrologique	5
2.1.2	Les amphibiens	9
2.1.3	Choix des espèces cibles	10
2.1.4	Localisation des populations du bassin versant	11
2.1.5	Localisation des autres sites potentiellement favorables aux amphibiens	13
2.2	Méthodes.....	14
2.2.1	Cartographie	14
2.2.2	Inventaire des amphibiens.....	14
2.3	Création d'un réseau écologique	18
2.3.1	Contexte actuel du réseau	18
2.3.2	Localisation des sites selon les paramètres spatiaux	19
2.3.3	Localisation des sites selon les paramètres abiotiques.....	21
2.3.4	Identification des sites favorables à l'aménagement de mares.....	22
2.3.5	Analyse du réseau écologique.....	23
2.3.6	Intégration du projet dans le contexte agricole	23
2.4	Aménagement des habitats aquatiques et terrestres, entretien.....	24
2.4.1	Habitats aquatiques favorables aux espèces cibles	24
2.4.2	Habitats terrestres favorables aux espèces-cibles	26
2.4.3	Aménagement	27
2.4.4	Entretien	30
2.4.5	Mise en œuvre du projet	30
3.	Résultats	31
3.1	Inventaire des sites potentiels	31
3.2	Inventaire des batraciens.....	33
3.3	Identification des sites favorables à l'aménagement de mares.....	36
3.4	Analyse du réseau écologique	37

SOMMAIRE	Choix d'un site pour l'aménagement de la mare pilote – le contexte agricole.	38
3.6	Conception de la mare pilote.....	41
3.6.1	Etat initial.....	41
3.6.2	Etat avec projet.....	45
3.6.3	Projet de détail.....	46
3.7	Entretiens.....	48
4.	Discussion.....	50
5.	Synthèse.....	52
6.	Conclusion.....	53
7.	Références bibliographiques.....	i

LISTE DES FIGURES

Figure 1: carte de situation.....	6
Figure 2: occupation du sol	7
Figure 3: évolution historique du territoire	8
Figure 4: Hyla arborea.....	10
Figure 5: Bufo calamita.....	10
Figure 6: Alytes obstetricans	10
Figure 7:Triturus cristatus	10
Figure 8: matériel nécessaire à l'inventaire des amphibiens.....	17
Figure 9: rose des vents, moyenne annuelle.....	21
Figure 10: étang de Lavigny.....	25
Figure 11: gravière des Mossières.....	25
Figure 12: dépression aménagée dans la zone de battement de la nappe	25
Figure 13: site d'extraction avec talus bien ensoleillé.....	25
Figure 14: le creusement dans la fourchette de battement de la nappe phréatique.....	27
Figure 15: le remodelage de terrain et la rétention d'eau	28
Figure 16: pentes des berges.....	29
Figure 17: principe d'augmentation du linéaire d'interface	29
Figure 18: individu de rainette verte mâle observé aux Sergères le 8 juin 2014	33
Figure 19: ponte de rainette verte observée aux Sergères le 21 mai 2014.....	33
Figure 20: triton palmé, Paudex le 8 juin 2014.....	33
Figure 21: larves de triton palmé, Paudex le 8 juin 2014	33
Figure 22: têtards de grenouille rousse, pont de Lully	34
Figure 23: juvénile de grenouille rousse, pont de Lully	34
Figure 24: les Sembres	40
Figure 25: le Bombernand	40
Figure 26: le Béfou, les ravines strient le terrain.....	40
Figure 27: le Moulin Martinet	40
Figure 28: illustration du site du Bombernand, plan masse, état initial	43
Figure 29: illustration du site, profil	44
Figure 30: carottage de la partie humide du Bombernand	45
Figure 31: illustration du site du Bombernand, plan masse, état avec projet	47
Figure 32: habitats terrestres présents au Bombernand.....	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: statut des espèces recensées dans le bassin versant du Boiron de Morges	9
Tableau 2: généralités sur les espèces-cibles	11
Tableau 3: localisation des amphibiens du BV du Boiron de Morges	12
Tableau 4: sites potentiellement favorables aux amphibiens	13
Tableau 5: capacités de dispersion des espèces.....	19
Tableau 6: zones du territoire à proscrire par espèce	20
Tableau 7: proximité des habitats par espèce.....	20
Tableau 8: localisation des sites selon les paramètres abiotiques et législatifs	22
Tableau 9: plans d'eau idéaux pour les espèces-cibles	24
Tableau 10: types de plans d'eau colonisés par les espèces-cibles	25
Tableau 11: sites terrestres favorables aux espèces-cibles	26
Tableau 12: types d'aménagements d'une mare pour les espèces-cibles	27
Tableau 13: sites conservés pour les inventaires	31
Tableau 14: description des sites inventoriés.....	32
Tableau 15: nombre d'observations des espèces d'amphibiens recensées dans chaque site	35
Tableau 16: analyse multicritères des sites retenus.....	36
Tableau 17: localisation des espèces-cibles en dehors du bassin versant.....	37
Tableau 18: état du réseau écologique de la région élargie.....	37
Tableau 19: parcelles agricoles concernées par le projet.....	38
Tableau 20: évaluation des parcelles agricoles en vue d'y aménager des plans d'eau.....	39
Tableau 21: aménagement adapté à chaque parcelle	39
Tableau 22: connections depuis le Bombernand	42
Tableau 23: habitats terrestres actuels	44
Tableau 24: plantes protégées du Bombernand	46
Tableau 25: habitat aquatique adapté au Bombernand.....	48
Tableau 26: habitats terrestres adaptés au Bombernand	48
Tableau 27: notice d'entretien	49

RÉSUMÉ ET MOTS CLÉS

En Suisse, 78 % des espèces d'amphibiens figurent sur Liste rouge. La cause principale de ce déclin est la disparition des zones humides. Les amphibiens menacés dépendent de milieux pionniers pour leur développement, c'est pourquoi le karch préconise de créer des mares temporaires pour les favoriser.

La thèse de bachelor s'est déroulée sur le bassin versant du Boiron de Morges où neuf espèces d'amphibiens ont été préalablement recensées par le karch. Les espèces-cibles de l'étude - la rainette verte, le crapaud calamite, le triton crêté et l'alyte accoucheur - sont inscrites avec le statut « en danger » sur Liste rouge suisse. Elles ont fait l'objet d'un inventaire complémentaire au cours de cette étude afin d'obtenir une carte de répartition globale. Le réseau écologique a été ensuite analysé à l'aide des systèmes d'information géographique (SIG) en fonction de la capacité de dispersion de chaque espèce, de leur écologie et de l'occupation du territoire. Des zones favorables à l'aménagement de mares ont ensuite été identifiées. L'espèce dont les effectifs sont les plus importants et dont les populations sont les mieux connectées les unes aux autres, est la rainette verte, d'importantes lacunes subsistent néanmoins dans les réseaux de toutes les espèces d'amphibiens présentes.

Au cours du travail, quatre agriculteurs ont exprimés le souhait d'aménager une mare temporaire sur leur terrain dans le cadre de l'Ordonnance sur la qualité écologique (OQE) réseau. L'un de ces terrains, idéalement situé et présentant une humidité naturelle, a servi à la conception d'une mare temporaire pilote pour la rainette verte et le crapaud calamite. L'objectif à terme est de renforcer le réseau écologique des espèces d'amphibiens menacées en aménageant plusieurs mares temporaires dans la région sur les lieux identifiés durant l'étude.

Mots-clefs : amphibiens, rainette verte, crapaud calamite, triton crêté, alyte accoucheur, espèces-cibles, réseau écologique, mare temporaire, habitats terrestres, carte de présence, carte de dispersion, aménagement.

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

1.1.1 Contexte du travail de bachelor

La thèse de bachelor s'effectue après 3 années de formation en gestion de la nature au sein de l'hepia (haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture). Elle représente l'aboutissement de la formation avec l'obtention du bachelor d'ingénieur en gestion de la nature (bachelor of sciences HES-SO). Elle s'inscrit dans un contexte professionnel et sert à démontrer sa capacité à mener un projet dans son intégralité.

La thèse de bachelor représente une démarche évolutive marquée par plusieurs rendus et présentations. Le travail principal se déroule sur 10 semaines et prend fin après le rendu des livrables et la soutenance du projet devant un jury (annexe 1).

1.1.2 Contexte du projet

Le projet de cette thèse de bachelor entre dans le cadre des actions de la fondation de la Maison de la Rivière (MDLR). Le travail est encadré par le Dr Jean-François Rubin, représentant hepia en tant que professeur responsable de biologie à l'hepia et président du Conseil de Fondation de la MDLR, ainsi que par le Dr Jérôme Pellet, conseiller scientifique en tant que biologiste et expert-conseil du karch (centre de coordination pour la protection des amphibiens et reptiles de Suisse).

La MDLR, initialement « Association Truite Léman (ATL) » effectue des suivis piscicoles depuis 1996 et allie actuellement « la recherche fondamentale, la recherche appliquée et la sensibilisation du public ». Ses actions s'étendent sur tout le bassin versant du Boiron de Morges dans l'objectif d'améliorer sa qualité écologique. En 1999, lors des travaux de rénovation de l'autoroute A1 sur la commune de Lully, la MDLR a contribué à l'aménagement de quinze étangs et mares temporaires destinés aux espèces pionnières d'amphibiens présentes dans la région (crapaud calamite, alyte accoucheur, sonneur à ventre jaune, rainette verte; ATL 2007). Les populations d'amphibiens du bassin versant du Boiron de Morges sont inventoriées depuis 1983 par le karch. En revanche aucune démarche globale n'a été menée sur les amphibiens de la région. La répartition des populations est donc connue de manière incomplète et ne permet pas d'appréhender l'état du réseau écologique actuel.

1.2 PROBLÉMATIQUE

La révision de 2005 de la Liste Rouge des amphibiens menacés en Suisse a fait ressortir un constat alarmant. Sur les 18 espèces et complexes d'espèces d'amphibiens considérés en Suisse (2 sont écartées par manque de données), 14 soit 78% d'entre eux sont menacés : ce qui signifie qu'ils connaissent une baisse d'effectifs d'au moins 30% selon les critères et catégorie de l'IUCN (2001). Parmi ces 14 espèces, une est éteinte en Suisse (RE), 9 sont en danger (EN) et 4 sont vulnérables (VU ; Schmidt & Zumbach 2005). « *De plus, les populations sont insuffisamment et mal réparties. Elles peuvent souvent être qualifiées de reliques* » (Berthoud & Perret-Gentil 1976). Les amphibiens représentent donc avec les reptiles, le groupe faunistique le plus menacé de Suisse.

Pendant longtemps les amphibiens ont été ignorés par les naturalistes voire méprisés du grand public (Nöllert & Nöllert 2003). Actuellement c'est un groupe attentivement étudié en Suisse et plusieurs causes de disparitions sont incriminées : pollution de l'environnement, augmentation du rayonnement UV-B, maladies, changements climatiques, introduction d'espèces non autochtones, destruction d'individus isolés et/ populations entières ...(Alford & Richards 1999, Blaustein & Kiesecker 2002, Nöllert & Nöllert 2003). Les amphibiens représentent un groupe extrêmement vulnérable en raison de leur peau perméable et de leur cycle biologique dit « biphasique », en deux phases, l'une aquatique et l'autre terrestre (Zanini 2006).

La raison principale de la disparition locale des amphibiens est la perte et la détérioration d'habitats et la fragmentation du paysage (Dellis and al. 1996 ; Alford & Richards 1999 ; Semlitsch 1998, Semlitsch & Bodie 1998 in Pellet J. & al., 2004). Différentes causes peuvent être imputées comme les drainages, l'intensification de l'agriculture, la densification du réseau routier et l'augmentation du trafic (Pellet & al. 2004a). En Suisse, les milieux les plus touchés sont les milieux humides. Plus de 90% d'entre eux ont disparu sur le Plateau et en altitude et moins de 5% des cours d'eau alpins sont encore naturels (Meyer & Fallo 2009). Les améliorations foncières et les grands travaux entrepris à la fin du 19^{ème} siècle sont responsables de la régulation du niveau des lacs, de la canalisation des rivières ou du drainage des champs. Cette dynamique naturelle perdue (crue, éboulement...) est pourtant la condition sine qua non à l'existence de milieux pionniers dont dépendent directement les espèces d'amphibiens menacées (Meyer & Fallo 2009). « *Les batraciens menacés de Suisse partagent une caractéristique écologique commune: ils se reproduisent dans des plans d'eau temporaires* » (Pellet & Amstutz 2013). Il a en effet été observé que la richesse spécifique des étangs permanents est plus grande mais que les étangs temporaires ou semi-permanents abritent quant à eux des espèces rares (Collinson & al. 1995). Des populations reliques se concentrent dans les milieux anthropiques secondaires : anciens sites d'extraction, places d'arme, ornières le long des forêts et des champs (Nöllert & Nöllert 2003) ou alors dans les milieux humides retranchés dans les forêts le long des rivières (Berthoud & Perret-Gentil 1976). A l'heure actuelle, la survie des espèces menacées dépend essentiellement de l'Homme, de sa capacité à maintenir les zones humides existantes et d'en créer artificiellement (Berthoud & Perret-Gentil 1976, Meyer & Fallo 2009).

Favoriser les espèces d'amphibiens menacées du Plateau suisse consiste avant tout « à *aménager de nouveaux sites de reproduction* »(Pellet & Amstutz 2013) donc des plans d'eau temporaires (en eau une partie de l'année de la fin de l'hiver à la fin de l'été). L'assèchement des mares a pour avantage d'éliminer les organismes indésirables pour le développement des amphibiens, comme les poissons et les larves de coléoptères ou de libellules ainsi que de minéraliser la matière organique. Le caractère pionnier recherché par beaucoup de groupes d'espèces menacées (amphibien, coléoptères, libellules,

orthoptères, couleuvres à collier, plantes vasculaires) est ainsi garantie (Pellet & Amstutz 2013). Les aménagements terrestres à proximité des berges sont également très importants car ils servent de lieux de nourrissage, d'abris et de cache.

Les nouveaux sites de reproduction doivent faire partie d'un réseau d'habitat reliés entre eux par des corridors écologiques afin de permettre leur colonisation spontanée. Le mouvement des individus d'un site à l'autre permet en effet de maintenir la diversité génétique des populations (Calhoun & Hunter, 2003; Semlitsch, 2003 in Ouellet & Assels 2007). « *Outre la conservation des objets existants et fonctionnels, le renforcement et la restauration d'autres éléments du sous-réseau des eaux-libres du canton de Vaud (REC) sont préconisées, notamment aux emplacements d'anciennes zones alluviales* » (Delarze & BEB SA - Bureau d'études biologiques 2012).

1.3 OBJECTIFS

1.3.1 Objectif global

Contribuer à la conservation ou l'amélioration de la biodiversité de la région du bassin versant du Boiron de Morges en étoffant le réseau écologique des espèces d'amphibiens menacées de la région.

1.3.2 Objectifs spécifiques

- i. Identifier et cartographier les sites actuellement favorables aux amphibiens dans le bassin versant du Boiron de Morges ;
- ii. Faire un inventaire des amphibiens présents sur ces différents sites ;
- iii. Proposer des emplacements pour des mares temporaires intermédiaires à créer pour former un véritable réseau ;
- iv. Effectuer toutes les démarches administratives pour la construction d'un de ces plans d'eau ;
- v. Concevoir le plan d'eau et en planifier la création.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Localisation

Le Boiron de Morges se situe dans le canton de Vaud en Suisse. Il prend sa source dans le « Grand Marais » sur la commune de Ballens et se jette dans le lac Léman entre Morges et St-Prex sur la commune de Tolochenaz (Figure 1). Le Boiron de Morges s'écoule sur 16.5 km, son bassin versant fait 31.6 km² et couvre 16 communes. La rivière est à 53% naturelle ou semi-naturelle (36% sont sans informations), il est à noter qu'une partie se trouve sous tuyau. Son altitude moyenne est de 561.6 m (DGE, DIREV - Protection des Eaux 2012). La MDLR est située dans un ancien arsenal non loin de l'embouchure du Boiron de Morges.

Occupation du sol

Le Bassin versant du Boiron de Morges est constitué à 59% de terres agricoles, à 26% de forêts, à 6% de vigne et à 9% de zones urbaines (DGE, 2012 ; Figure 2) Les terres agricoles sont en majorité composées de grandes cultures mais aussi de prairies temporaires et permanentes, d'arboriculture fruitière et de cultures maraîchères.

2.1.1 Evolution historique du réseau hydrologique

Pour permettre à ce vaste territoire agricole d'exister les terrains ont été drainés, les ruisseaux et les zones humides asséchés. L'étude des cartes Siegfried de 1870-1926 permet d'appréhender le réseau hydrographique tel qu'il était il y a un siècle (Figure 3 et annexe 2). En traçant sur la carte CN 25 les cours d'eau et les zones humides disparus, il ressort que la plus grande zone humide du bassin versant (le Grand Marais) a été asséchée sur 3.5km de long et que 45% des rivières ont été drainées. Ces milieux manquent actuellement à de nombreuses espèces animales et végétales. Le canton de Vaud dans l'établissement de son réseau écologique (REC-VD) a fait ressortir les zones qui ont un potentiel historique humide, sèches de nos jours mais n'ayant pas de « *contraintes fortes* » (routes principales, agglomérations, remontées mécaniques, train). Même si ce sous-réseau a subi d'importantes modifications, il « *forme toutefois encore actuellement une des bases les plus importantes du réseau écologique cantonal* » (Delarze & BEB SA - Bureau d'études biologiques 2012). Les autres « *éléments clés sont les zones de marais de grande dimension et le réseau de petits biotopes en liaison avec le réseau hydrographique* » (Delarze & BEB SA - Bureau d'études biologiques 2012)

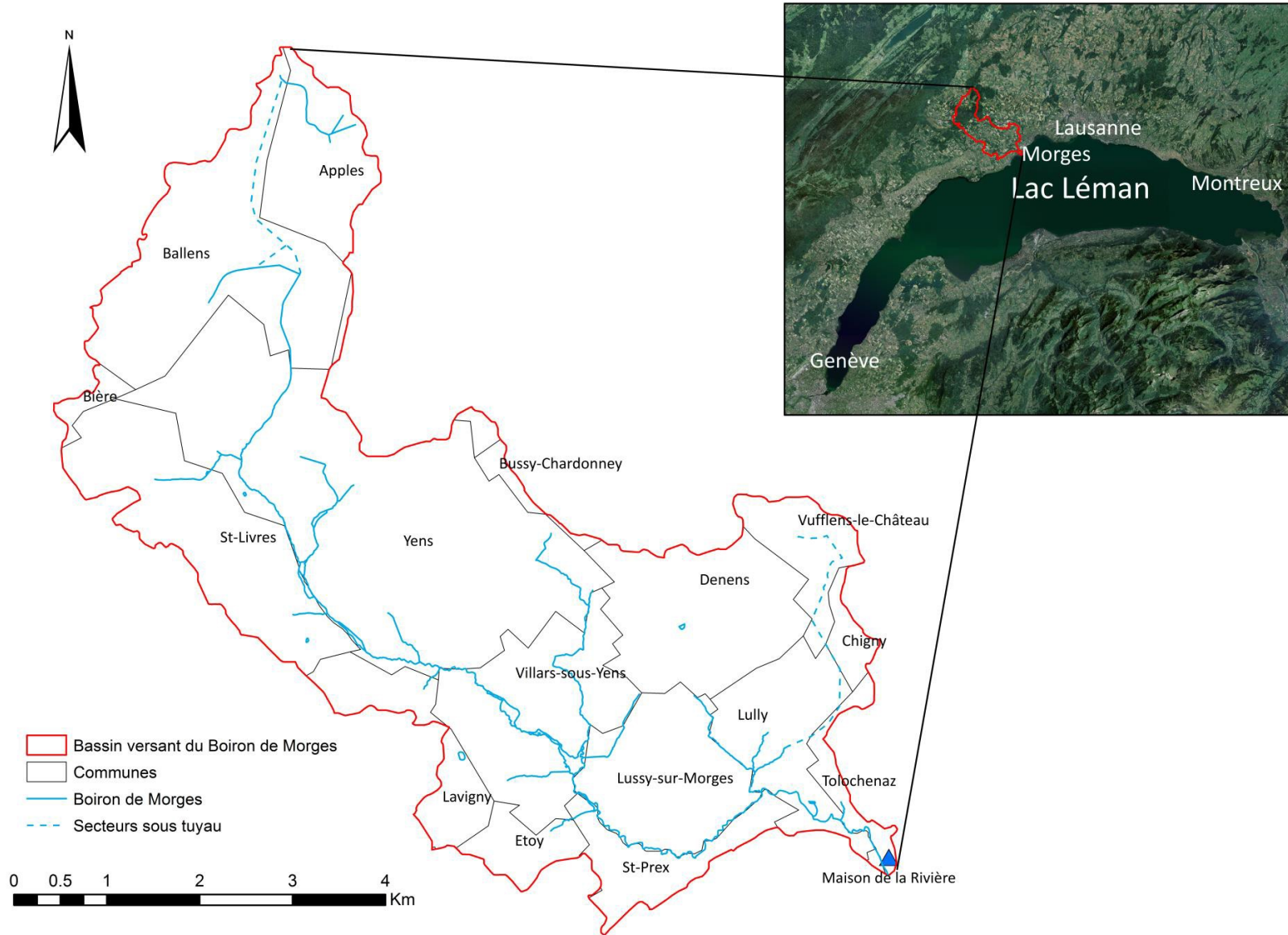


Figure 1: carte de situation
(sde_suisse :DBO.ORTHO_25cm2004, 2006 et 2007, sde_suisse.DBO.VEC200_Hydrography, Commune, modifiée Boxler 2014)

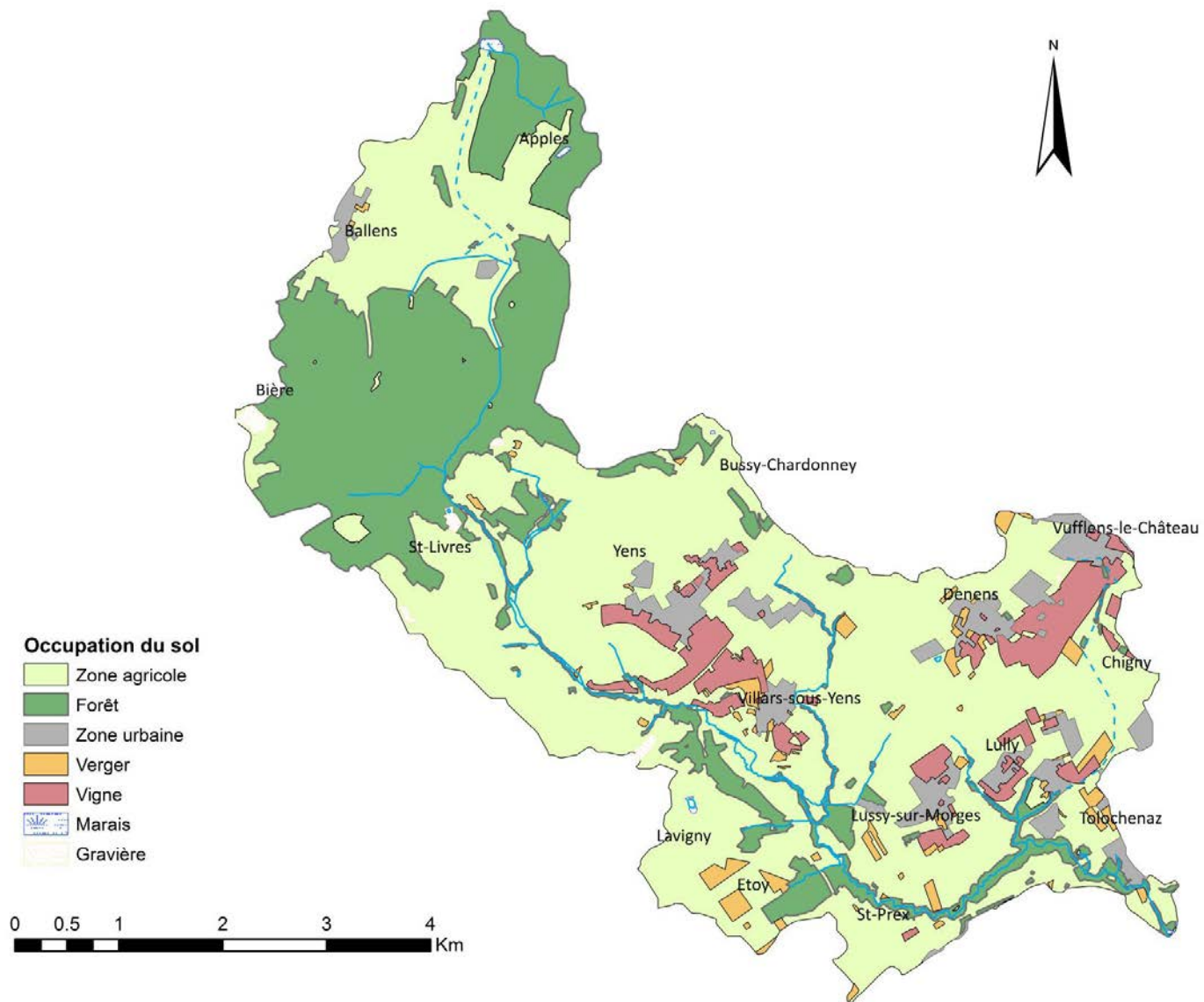


Figure 2: occupation du sol
(sde_suisse.DBO.VEC200_Landcover, Hydrography, modifié Boxler 2014)

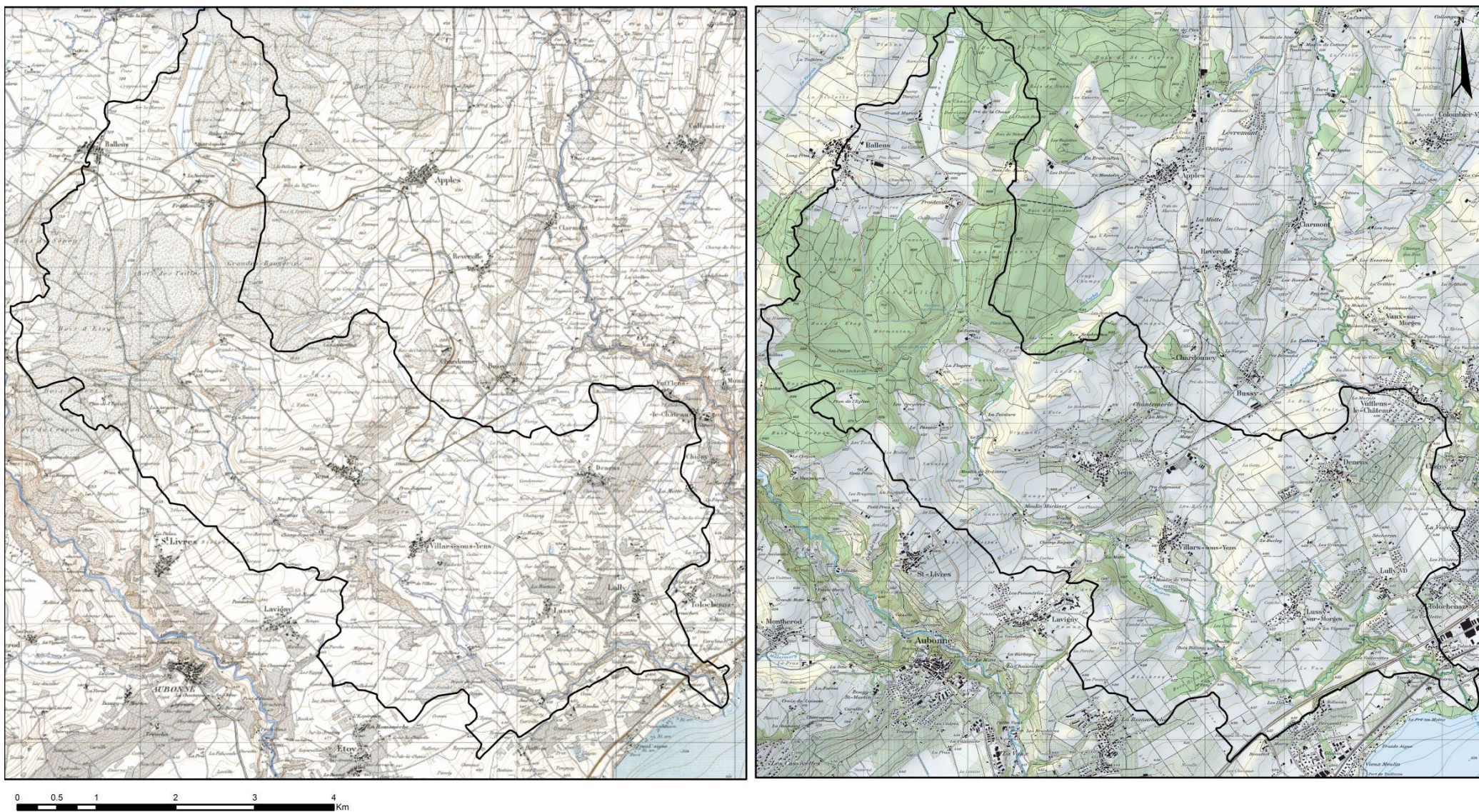


Figure 3: évolution historique du territoire
(à gauche : carte Siegfried 1870-1926, à droite : CN25, 2005, map.géo.admin.ch)

2.1.2 Les amphibiens

Les amphibiens de Suisse sont classés en deux ordres, celui des anoures et celui des urodèles. Les anoures comprennent quatre familles, les ranidés (grenouilles), bufonidés (crapauds), discoglossidés (crapauds), et hylidés (rainettes). Les urodèles comprennent une famille, les salamandridés.

Depuis 1983, le karch a identifié la présence de 10 espèces ou complexe d'espèces d'amphibiens sur le BV du Boiron de Morges. Toutes sont inscrites sur Liste rouge (LR) avec des statuts divers mise à part la grenouille rieuse comprise dans le complexe des grenouilles vertes (Tableau 1). Afin de réaliser le projet avec le plus de précision possible, seules les données des 5 dernières années (2009 à 2013) ont été conservées.

Tableau 1: statut des espèces recensées dans le bassin versant du Boiron de Morges (karch)

Nom latin	Nom vernaculaire	Priorité ¹	Menace
<i>Alytes obstetricans</i> (Laurenti, 1768)	Alyte accoucheur	3	EN (en danger)
<i>Bombina variegata</i> (Linnaeus, 1758)	Sonneur à ventre jaune	3 ²	EN
<i>Bufo bufo</i> (Linnaeus, 1758)	Crapaud commun	4 ³	VU (vulnérable)
<i>Bufo calamita</i> (Laurenti, 1768)	Crapaud calamite	3	EN
<i>Hyla arborea</i> (Linnaeus, 1758)	Rainette verte	3	EN
<i>Lissotriton helveticus</i> (Razoumovsky, 1789)	Triton palmé	4	VU
<i>Mesotriton alpestris</i> (Laurenti, 1768)	Triton alpestre	-	LC (least concern- préoccupation mineure)
<i>Pelophylax kl. Esculentus</i> (Linnaeus, 1758)	Grenouille verte	-	NT (near threatened- quasi-menacé)
<i>Pelophylax ridibundus</i> (Pallas, 1771)	Grenouille rieuse	-	NE (not evaluated)
<i>Rana temporaria</i> (Linnaeus, 1758)	Grenouille rousse	-	LC
<i>Triturus cristatus</i> (Laurenti, 1768)	Triton crêté	3	EN

¹ Les priorités fixées sur la base du degré de menace et de la responsabilité internationale de la Suisse pour une espèce donnée permettent d'intervenir là où les besoins sont les plus marqués, assurant ainsi une gestion efficace des ressources mises à la disposition de la protection des espèces.

² Priorité moyenne

³ Priorité faible

2.1.3 Choix des espèces cibles

En Suisse toutes les espèces d'amphibiens sont protégées par la Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN) et par les Ordonnances qui en découlent (Art 18 LPN 1966, Art 20 OPN 1991 ; Schmidt & Zumbach 2005). Le canton de Vaud a édicté une Liste d'espèces prioritaires et une LR cantonale où apparaissent le triton crêté, le crapaud calamite et la rainette verte pour lesquels des mesures doivent être entreprises ⁴(Neet & Naceur 2000). La LR des amphibiens menacés en Suisse est reconnue par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEP) en tant que texte juridique, source d'information, outil de mise en œuvre des mesures et outil de leur contrôle (Schmidt & Zumbach 2005).

Dans le contexte d'un projet, le guide d'application de l'IBN (Inventaire fédéral des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale) préconise de favoriser en priorité les espèces:

- rares et menacées (y compris les espèces remarquables au niveau régional) ;
- qui ont des exigences particulières au niveau de leur lieu de ponte ;
- qui sont caractéristiques du milieu naturel présent ;
- ou, dont les populations sont particulièrement importantes.

Le choix des espèces-cibles s'est donc porté sur les espèces dont le degré de menace est le plus grand (EN) et dont il est possible d'inventorier les effectifs. Il s'agit de : la rainette verte, du crapaud calamite, de l'alyte accoucheur et du triton crêté (annexe 3). Le sonneur à ventre jaune a été écarté car « ses effectifs sont difficile à évaluer et qu'il est possible de le favoriser facilement en lui aménageant des chapelets de gouilles » (com. pers. Pellet, 2014).



Figure 4: *Hyla arborea*
Andreas Meyer



Figure 5: *Bufo calamita*
Andreas Meyer



Figure 6: *Alytes obstetricans*
Ursina Tobler



Figure 7: *Triturus cristatus* mâle (à gauche) et femelle (à droite) Andreas Meyer

⁴ <http://www.vd.ch>, consulté le 1^{er} avril 2014

Tableau 2: généralités sur les espèces-cibles (Mermod & al., 2010)

Espèce	Cycle vital	Distribution	Déclin
<i>Hyla arborea</i>	Espérance de vie : 4 ou 6 ans Maturité sexuelle : à 2 ans	Régions chaudes du Plateau jusqu'à 650m d'altitude environ.	Forte diminution depuis les dernières décennies, seules quelques populations sont stables en Suisse.
<i>Bufo calamita</i>	Espérance de vie : 7 à 9 ans Maturité sexuelle : entre 2 et 3 ans	Sur le Plateau jusqu'à 700m d'altitude environ.	60% des populations se sont éteintes en moins de 25 ans.
<i>Triturus cristatus</i>	Taux de survie annuel : environ 50%. Maturité sexuelle : à 2-3 ans. Le maintien d'une population dépend fortement d'un succès de reproduction constant.	Jusqu'à 600m d'altitude.	-
<i>Alytes obstetricans</i>	Espérance de vie : 5 à 10 ans Maturité sexuelle : à 2-3 ans. C'est l'unique amphibien indigène à porter des soins parentaux à ses pontes.	Au nord des Alpes, à l'étage collinéen sur le Plateau, dans le Jura et les Préalpes jusqu'à environ 800 m d'altitude.	Recul des effectifs de 50% ces 25 dernières années

2.1.4 Localisation des populations du bassin versant

La distribution des populations d'amphibiens dépend en majorité de paramètres liés au territoire (la forêt, les terrains agricoles, les zones urbaines et les routes) et de la connectivité des populations. « *The multi-scale effect of habitat variable on amphibian distribution has a central importance in conservation* » (Zanini 2006).

Le BV du Boiron de Morges comprend deux sites classés à l'Inventaire des sites de reproduction de Batraciens d'importance Nationale (IBN): l'étang d'Arborex sur la commune de Lavigny et la gravière des Mossières sur la commune de Bière (annexe 4). Ces sites sont régis par l'Ordonnance sur la protection des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale (OBat, 2001) protégés et entretenus au niveau cantonal. Ils revêtent une importance fondamentale pour la préservation des populations d'amphibiens car ils assurent la préservation durable des effectifs en servant de réservoir et de centre de dissémination⁵.

Les inventaires du karch révèlent la présence d'espèces d'amphibiens sur 10 sites du BV du Boiron de Morges (en incluant les sites classés à l'IBN ; annexe 5). Les espèces-cibles ont été identifiées sur 9 de ces sites (Tableau 3).

⁵ <http://www.bafu.admin.ch>, consulté le 7 avril 2014

Tableau 3: localisation des amphibiens du BV du Boiron de Morges (karch 2009-2013)

Localité	Commune	Coord. X/Y	Espèces recensées
Arborex	Lavigny	522026 150818	<i>Hyla arborea</i> / <i>Bufo calamita</i> / <i>Triturus cristatus</i> / <i>Bufo bufo</i> / <i>Ichthyosaura alpestris</i> / <i>Lissotriton helveticus</i> / <i>Pelophylax esculentus</i> / <i>Rana temporaria</i>
Champs-Carroz	Yens	522991 152436	<i>Bufo calamita</i> / <i>Bufo bufo</i> / <i>Bombina variegata</i> / <i>Ichthyosaura alpestris</i>
Montosset	Yens	519020 153700	<i>Hyla arborea</i> / <i>Bufo bufo</i> / <i>Bombina variegata</i> / <i>Ichthyosaura alpestris</i>
Mossières	Bière	517550 154352	<i>Hyla arborea</i> / <i>Bufo calamita</i> / <i>Alytes obstetricans</i> / <i>Bufo bufo</i> / <i>Bombina variegata</i> / <i>Ichthyosaura alpestris</i> / <i>Lissotriton helveticus</i> / <i>Rana temporaria</i>
Moulin Martinet	Yens	520684 152109	<i>Hyla arborea</i>
Paudex ⁶	Ballens/ Yens	519077 155517 518721 154695	<i>Rana temporaria</i>
Plommapau	Apples	522012 154217	<i>Hyla arborea</i>
Sapinière	St-Livres	519148 152364	<i>Hyla arborea</i> / <i>Bufo calamita</i>
Savoret	St-Livres	520124 151880	<i>Hyla arborea</i>
Toches	St-Livres	518903 152943	<i>Bufo calamita</i>

Le plus grand nombre d'espèces (8) a été comptabilisé sur les sites des Mossières et d'Arborex. Les espèces-cibles les plus observées sont la rainette verte et le crapaud calamite. La rainette verte a été inventoriée 56 fois dans 7 localités, le crapaud calamite 17 fois dans 5 localités tandis que le triton crêté n'a été observé qu'1 fois en 2013 à Arborex tout comme le crapaud accoucheur aux Mossières, plusieurs individus ont en revanche été entendus dans la même localité en mai 2014 lors d'une sortie avec le karch.

Les effectifs de la rainette d'Arborex figurent parmi les 6 plus grandes population de Suisse⁷. Le 29 avril 2010, 200 individus adultes y ont été observés et le 28 mai de la même année, un chœur de 230 mâles a également été entendu. Le crapaud calamite est aussi majoritairement présent à Arborex.

⁶ La zone de marais du Paudex sur la commune de Yens et Ballens est classée à l'inventaire des Bas Marais depuis 1994.

⁷ karch, <http://bit.ly/XuR6h7>, consulté le 8 avril 2014

Cependant depuis 2009, les effectifs observés ne dépassent pas les 37 individus adultes (25 avril 2012) alors qu'ils étaient beaucoup plus importants avant ; le 21 avril 2005 par exemple 100 adultes y avaient été recensés. Ces deux espèces sont présentes dans d'autres localités mais les recensements font état de petites populations, au maximum 20 chanteurs de rainette verte et 5 de crapaud calamite. Cela démontre la vulnérabilité des populations présentes dont l'existence dépend de très peu de sites. La préservation et la mise en réseau de ces sites revêtent donc une importance primordiale pour la conservation des amphibiens présents.

2.1.5 Localisation des autres sites potentiellement favorables aux amphibiens

23 autres sites ont été sélectionnés comme potentiellement favorables à la présence d'amphibiens sur le BV du Boiron de Morges après le travail suivant :

- Consultation des recensements du karch et présence d'espèces d'amphibiens, antérieure à 2009 ou présence d'odonates démontrant potentiellement la présence d'eau ;
- Etude des cartes CN25 afin d'y repérer les zones humides où aucune donnée du karch ne figurait ;
- Consultations des professionnels de la région (Philippe Tavel, Damien Robert-Charrue, Jérôme Pellet ; Tableau 4; annexe 6).

Tous les sites sélectionnés ont été visités une première fois de jour afin d'évaluer si des amphibiens étaient en mesure de s'y reproduire (Duguet et al. 2003). Les sites sélectionnés comme tels ont ensuite fait l'objet d'un inventaire (chapitre 2.2.2).

Tableau 4: sites potentiellement favorables aux amphibiens

N°	Localité	Commune	Coord. X/Y
a	Le Grand Marais	Ballens	519826 157962
b	La Chau Devant	Apples	520547 156849
c	Froideville	Ballens	519900 155850
d	Long Praz	Ballens	517921 155948
e	Le Paudex	Ballens/Yens	518938 155122
f	Le Vernay	Yens	519881 154119
g	Les Vernes	Yens	520851 154059
h	Les Sergères	Yens	519444 153465
i	Beillat	Yens	520380 153575
j	Les Toches	St-Livres	518852 152942
k	Moulin au loup	Yens	521500 151646
l	Chaney	Villars-sous-Yens	521900 150850
m	Moulin de Villars	Villars-sous-Yens	522730 150780
n	Le Châtelard	Villars-sous-Yens	522075 150325
o	Bois Girard	Lussy-sur-Morges	523491 151013
p	La Pie	Denens	523659 151577
q	Chatagny	Denens	524147 152037
r	La Croix	Lussy-sur-Morges	523893 150247
s	Pont de Lully	Lully	525589 150018
t	Le Boiron	Lully	525946 149643
u	La Caroline	Tolochenaz	526219 149953
v	Le Pré au Moine	St-Prex	526189 149301
w	Embouchure du Boiron	Tolochenaz	526558 149493

2.2 MÉTHODES

2.2.1 Cartographie

Le travail cartographique a été effectué à l'aide du système d'information géographique Arc GIS 10 sur les fonds de cartes provenant du serveur hepia (orthophotos, cartes nationales, cartes de couverture du sol, réseau hydrographique, axes de communication, MNT). Les délimitations du bassin versant du Boiron de Morges ont été obtenues en sélectionnant tous les bassins versants des affluents du Boiron et en les agrégeant. Chaque donnée collectée a été modifiée en fonction des délimitations requises et des informations souhaitées. Les inventaires ont été géoréférencés sous forme de tableau Excel grâce à leurs coordonnées X/Y. Pour ce travail, les mensurations nationales MN95 et le système de coordonnées au positionnement local CH1903+ a été utilisées.

2.2.2 Inventaire des amphibiens

L'*inventaire* consiste à faire une « analyse qualitative du peuplement batrachologique » (richesse spécifique ; Duguet & al. 2003). Pour l'effectuer il faut tenir compte du cycle des amphibiens et des différences entre les espèces. La majeure partie de ces derniers ont un cycle vital dit complexe mise à part la salamandre noire « *car il comporte une ponte dans l'eau, une phase larvaire aquatique et des phases juvéniles et adulte terrestres* » (Meyer & Fallot 2009). La période privilégiée pour effectuer des inventaires est celle des migrations et des reproductions car tous les individus se regroupent afin de se rendre sur les sites de reproduction. L'essentiel des comptages se fait donc sur les sites de ponte (Hill 2005). En fonction des espèces d'amphibiens les cycles de reproduction sont très différents. Les espèces-cibles de ce projet sont dites « à ponte tardive » car elles ne migrent sur les sites de reproduction que vers la fin du mois d'avril ou le début du mois de mai (Meyer & Fallot 2009).

Cadre des inventaires

Période de l'année

La période de prospection doit correspondre à celle où le plus d'individus de l'espèce visée peut être observé (Karch 2012). Concernant les espèces-cibles de l'étude, il s'agit des mois de mai et juin (com. pers. J. Pellet). Les inventaires ont été menés entre le 14 mai et le 22 juin 2014.

Nombre et moment des visites

Les méthodes sont différentes d'un service à l'autre. Pour couvrir toutes les espèces il faudrait 4 visites entre le mois de mars et de juin (Karch 2012; Malcotti 2008). Pour les espèces à pontes tardives 2 visites suffisent pour évaluer le nombre de chanteurs selon l'Obat (2001). Jérôme Pellet préconise d'en effectuer 3 sans compter la visite préalable de jour. Les visites se font à la tombée de la nuit (Miaud & Muratet 2004). Avec une moyenne de 2 sites visités par soir (1 à 4 sites selon leur taille, leur difficulté et la durée de la nuit), 13 soirées ont été nécessaires pour mener à bien l'inventaire (14, 18, 19, 21, 25, 26, 28 mai et 1^{er}, 2, 6, 8, 9, 22 juin). Chaque site a été inventorié 3 fois avec un intervalle de 7 à 14 jours (en fonction des conditions météorologiques).

Conditions climatiques

Les visites s'effectuent durant des nuits douces (température supérieure à 15°C), sans pluie (gêne la visibilité) et sans vent. Des périodes prolongées de sécheresse, de froid et de vent sont à éviter (Karch 2012, Meyer & Fallo 2009). Les températures de ce printemps ont été particulièrement basses, les inventaires ont donc débuté avec des températures d'environ 10°C pour monter progressivement jusqu'à 25°C. En revanche aucun inventaire n'a été mené lors de pluie ou de vent fort.

Marche à suivre

Les grands étangs peuvent être divisés en plusieurs secteurs de 30m de long sur 1 à 4m de largeur (Malcotti 2008). La durée d'une visite par étang doit durer une heure à une personne et une demi-heure à deux personnes (Karch 2012, Malcotti 2008). Il est préconisé d'effectuer les inventaires à deux personnes durant la nuit pour une question de sécurité (Malcotti 2008). Les inventaires ont toujours été effectués accompagnés, la durée de prospection par plan d'eau était donc d'une demi-heure.

Techniques d'inventaire

« Il existe de très nombreuses méthodes d'échantillonnage des amphibiens » (Duguet & al. 2003). Pour cette étude, ce sont les méthodes en milieu aquatique et communément utilisées par le Karch ou pour l'établissement de la Liste Rouge suisse qui ont été privilégiées. L'inventaire d'amphibiens nécessite le recours à différentes techniques (Miaud & Muratet 2004). « *We always advocate using a combination of techniques to survey a habitat as completely as possible* » (Heyer 1994).

La détection acoustique

Chaque espèce a un cri distinctif. Les espèces comme la rainette verte ou le crapaud calamite ont un cri puissant qui peut être repéré à des centaines de mètres au printemps (Meyer & Fallo 2009). Le chant recensé est celui de l'accouplement, qui culmine en période de reproduction durant la première moitié de la nuit (Meyer & Fallo 2009). « *Le nombre de chanteurs recensés sera doublé pour indiquer l'effectif approximatif de mâles effectivement présents. La proportion de femelles varie entre le tiers et la moitié de la population* » (Ryser & al. 2002). La diffusion d'un chant (à l'aide d'un dictaphone) dans la nature peut provoquer une réponse chez certaines espèces comme la rainette verte (Duguet & al. 2003). Les urodèles n'émettent pas de cri.

La détection visuelle

« *La détermination des amphibiens adultes est généralement aisée. Elle se base sur la morphologie, la pigmentation et les dessins de la peau* » (Meyer & Fallo 2009). La différenciation entre la grenouille rieuse (*Pelophylax ridibundus*) et l'hybride - la grenouille verte (*Pelophylax kl. esculentus*) étant peu aisée, il est courant de les inclure dans un groupe nommé « complexe des grenouilles vertes » (com. pers. Pellet, 2014). Une lampe de forte puissance est utilisée pour balayer la zone et repérer les anoues et urodèles à tous les stades de développement (adultes, subadultes, juvéniles, larves, pontes). Le fond de la mare peut être éclairé pour y repérer les tritons (Meyer & Fallo 2009). Les habitats terrestres immédiats doivent être inspectés pour les juvéniles nouvellement métamorphosés (Miaud & Muratet 2004) et pour certains adultes.

La capture

En cas de doute sur l'espèce, l'individu devra être capturé (Ryser & al. 2002). La capture se fait généralement pour la détermination des larves et de certains tritons (Meyer & Fallo 2009) ou dans des conditions où l'eau est turbide ou envahie par la végétation (Duguet & al. 2003). Les larves sont

déterminées à l'aide du *Fauna Helvetica* 18 du karch (Bühler & al. 2007). Un filet troubleau avec des mailles de 1mm est utilisé (Malcotti 2008). Le filet doit être manié avec soin afin de perturber le moins possible le milieu : des gestes amples d'aller-retour d'1m sont réalisés (Miaud & Muratet 2004). Une fois déterminés, les individus sont immédiatement relâchés (Duguet & al. 2003). La capture à l'aide de nasse s'effectue plutôt dans un objectif de suivi des populations (Miaud & Muratet 2004) elle n'a donc pas été pratiquée pour cette étude.

L'évaluation du succès de reproduction

« Un relevé valable du succès de reproduction est difficile et peut prendre beaucoup de temps selon les espèces » (Ryser & al. 2002). Des observations importantes sont toutefois possibles. La ponte de chaque espèce est distincte et peut donc les révéler. Les tritons pondent leurs œufs dans la végétation aquatiques de manière isolée. Néanmoins ils sont difficiles à repérer et ne constituent pas une bonne technique d'inventaire (com. pers. Pellet, 2014) tandis que les pontes d'anoures forment des grappes ou des cordons présents dans les points d'eau et sont facilement détectables (Miaud & Muratet 2004). Des juvéniles fraîchement métamorphosés peuvent être observés sur les berges (Ryser & al. 2002).

Chaque donnée collectée a été inscrite sur le protocole de terrain du karch. Les individus, dont l'espèce n'a pas pu être déterminée n'ont pas été pris en compte (annexe 7). Par contre, chaque visite y a été inscrite, même en l'absence d'individus observés.

Matériel nécessaire

Le matériel nécessaire aux inventaires est illustré à la Figure 8.

Prescriptions

Autorisation

L'inventaire des amphibiens nécessite la demande préalable d'autorisation de capture et d'utilisation des lampes auprès du service de la faune cantonal. Une autorisation spéciale de capture a été délivrée pour les mois de mai et juin 2014 (annexe 8).

Chitridiomyose

La chitridiomyose est un champignon qui se développe sur la kératine des amphibiens en mettant en péril des populations entières. Pour éviter de la propager, chaque outil utilisé le même soir pour un inventaire a été désinfecté au désinfectant vétérinaire avant de rentrer en contact avec un nouveau milieu (Dejean & al. 2010). Pour les inventaires effectués sur des journées différentes, le matériel a été mis à sécher intégralement (com. pers. Pellet, 2014).



Figure 8: matériel nécessaire à l'inventaire des amphibiens

2.3 CRÉATION D'UN RÉSEAU ÉCOLOGIQUE

Un réseau écologique représente l'ensemble des continuums écologiques à l'échelle d'une région. Les continuums écologiques sont constitués de zones nodales (mares, massifs forestiers...), de zones tampon et de corridors écologiques les reliant fonctionnellement entre eux.⁸ A l'heure actuelle, les métapopulations des espèces menacées ne parviennent pas à exister dans le paysage dominé par l'Homme, les terres nécessaires sont perdues, fragmentées et isolées (McCullough, 1996; Akçakaya & Sjögren-Gulve, 2000; Beissinger & McCullough, 2002 in Pellet & al. 2007). L'aménagement de nouveaux sites de reproduction a pour objectif de rétablir un lien entre des populations isolées (Denton & al., 1997 in Ouellet & Assels 2007).

Les amphibiens et plus particulièrement la rainette verte et le triton crêté sont dépendants non seulement de la connectivité de leurs habitats mais également de la densité des plans d'eau qu'ils occupent. Un réseau dense leur offre une plus grande stabilité face aux fluctuations hydriques (Mermod & al. 2010) à la prédation ou à une contagion éventuelle (Zumbach & Ryser année inconnue). Il est donc conseillé d'aménager de 5 à 10 plans d'eau distants de 300m à 2km selon les espèces visées (Mermod & al. 2010d). Les populations sources, préalablement inventoriées constituent la base de la création des corridors biologiques, qui doivent pouvoir être colonisés naturellement. Les sites sont également localisés en fonction des paramètres abiotiques du territoire auxquels dépendent les espèces-cibles.

2.3.1 Contexte actuel du réseau

Sur le canton de Vaud, un réseau écologique (REC-VD) a été créé sur la base du réseau écologique national (REN) qui « prévoit de mettre en place ces prochaines années une infrastructure écologique » (Delarze & BEB SA - Bureau d'études biologiques 2012). Des sous-réseaux ont été définis selon différents paramètres : les territoires d'intérêt biologique prioritaire (TIBP)⁹, les territoires d'intérêt biologique supérieur (TIBS)¹⁰, les liaisons biologiques d'importance suprarégionale ou régionale¹¹ et les espèces d'intérêt particulier¹². 130 espèces ont été classées d'intérêt supérieur cantonal dont la rainette verte et le triton crêté. Le bassin versant du Boiron de Morges ne comprend pas de hotspot de biodiversité, contrairement à celui de l'Aubonne, par contre tout le tracé de la rivière est considéré comme surface de valeur supérieure ou de surface de continuum. La partie non urbaine de la commune de Lavigny est classée en TIBP globaux ainsi que les lieux dits des Tailles et des Taillaz sur la commune de Yens (annexe 9). Cette volonté cantonale a commencé à prendre forme en 2009 avec le projet de l'Ordonnance sur la qualité écologique (OQE)¹³, débuté dans le périmètre du réseau écologique de Yens.

⁸ <http://www.futura-sciences.com/>

⁹ Surfaces qui abritent une biodiversité et des milieux naturels particulièrement riches et de valeur et autour desquelles le réseau se structure.

¹⁰ Surfaces dont la valeur est supérieure à la moyenne et qui, en fonction de leur taille, peuvent constituer des zones tampon autour des TIBP, des zones relais ou des voies de transit privilégiées.

¹¹ Axes de transit et de dispersion privilégiés entre les territoires d'intérêt biologique prioritaire.

¹² Réparties en trois catégories d'importance dont l'écologie spécifique doit guider la définition des objectifs et mesures de développement du réseau écologique au niveau local, régional ou cantonal.

¹³ <http://www.oqe.ch/>, consulté le 20 février 2014

Le projet était au départ porté par Markus Lüthi et l'est depuis 2014 par Gabriel de la Harpe. Le bureau d'étude en environnement Maillefer et Hunziker est concepteur du projet et a été mandaté car « *les agriculteurs souhaitent développer et redynamiser les surfaces écologiques dans la zone agricole cultivée, rétablir des zones humides par des aménagements simples, mettre en réseau des surfaces de compensations écologiques pour favoriser des couloirs de migration pour la faune, les insectes* ». Ce projet a de nombreuses espèces-cibles dont le triton crêté, le crapaud calamite et particulièrement la rainette verte.

2.3.2 Localisation des sites selon les paramètres spatiaux

Afin d'assurer la colonisation des mares nouvellement créées, le choix de leur localisation est primordial et répond à différents paramètres :

1. La capacité de dispersion de chaque espèce ;
2. La couverture du sol ;
3. La proximité des habitats terrestres ;
4. La perméabilité du territoire.

La capacité de dispersion

La dispersion chez les amphibiens est assurée par les juvéniles et les subadultes. Les adultes effectuent chaque année leur migration saisonnière mais restent en règle générale fidèles à un étang particulier (philopatrie ; Cushman 2006 and Kramer 1973; Joly et al., 2003; Semlitsch, 2003; Colburn, 2004 in Ouellet & Assels 2007). Le crapaud calamite a une excellente capacité de dispersion et colonise des milieux pionniers (Mermod & al. 2010a), la rainette verte est capable de parcourir de grandes distances si ses populations sources sont importantes (Mermod & al. 2010d). Le triton crêté est quant à lui particulièrement attaché à son site de reproduction, certains individus ont été observés à 1km de leur site de reproduction mais leur capacité de déplacement est majoritairement de quelques centaines de mètres (Mermod & al. 2010e). L'alyte accoucheur a des mœurs relativement sédentaires mais colonise facilement de nouveaux plans d'eau (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ; Mermod & al. 2010b).

Tableau 5: capacités de dispersion des espèces (Mermod & al., 2010 ; Pellet & Amstutz, 2013)

Espèce	Capacité de dispersion maximale (km)
<i>Hyla arborea</i>	2
<i>Bufo calamita</i>	3
<i>Triturus cristatus</i>	1
<i>Alytes obstetricans</i>	1.5

La couverture du sol

Les forêts représentent un milieu trop ombragé pour les espèces-cibles mise à part pour les tritons crêtés, les aménagements nécessitent donc en majorité des conditions ouvertes. Sur le BV du Boiron de Morges seuls les milieux naturels et la zone agricole conviennent, car les zones urbaines ne se prêtent pas à l'accueil de la rainette verte et du crapaud calamite et les terrains affectés en vigne et les vergers à l'aménagement d'une mare (Tableau 6).

Tableau 6: zones du territoire à proscrire par espèce (Mermod & al., 2010 ; Pellet & Amstutz, 2013)

Espèce	Zones à proscrire
<i>Hyla arborea</i>	Forêt, Vigne, Zones urbaines
<i>Bufo calamita</i>	Forêt, Vigne, Zones urbaines
<i>Triturus cristatus</i>	Vigne
<i>Alytes obstetricans</i>	Forêt, Vigne

Les habitats terrestres adjacents

Le plan d'eau doit se situer non loin des habitats terrestres. Ceux-ci regroupent les habitats d'estivages (situés proche du lieu de reproduction et utilisés pour s'y réfugier, chasser ou même se reproduire pour le crapaud accoucheur), les habitats d'hivernage (rejoint en fin de période de reproduction pour y passer l'hiver) et les corridors écologiques. La zone adjacente nécessaire est définie selon les besoins biologiques de chaque espèce (Porej & al., 2004 in Ouellet & Assels 2007).

Pour les espèces au cri puissant comme la rainette verte et le crapaud calamite, il est vivement conseillé d'aménager les plans d'eau à plus de 200m des zones d'habitation (zone urbaine et maisons isolées) afin de ne pas générer d'impacts sonores (com. pers. Pellet 2014).

Tableau 7: proximité des habitats par espèce (Mermod & al., 2010 ; Pellet & Amstutz, 2013)

Espèce	Proximité des habitats d'hivernage – forêt (m)	Proximité des habitats d'estivage (m)	Distance avec les zones d'habitation (m)
<i>Hyla arborea</i>	<300	<200	>200
<i>Bufo calamita</i>	Peu inféodés aux forêts	<100	>200
<i>Triturus cristatus</i>	<200	0	0
<i>Alytes obstetricans</i>	Peu inféodés aux forêts	<50	0

La perméabilité du territoire

Le bassin versant du Boiron de Morges comprend des corridors écologiques (berges des rivières, forêts, zones extensives, haies) et des barrières (routes, chemin de fer, grandes rivières, zone bâtie). Les seules barrières, qui peuvent être considérées comme infranchissables par les batraciens dans le BV, sont l'autoroute et les CFF. Néanmoins, l'urbanisation génère un impact négatif important sur les populations (Zanini 2006). L'effet des routes est important sur la mortalité, il est donc important de prendre ce facteur en considération lors de l'aménagement de nouveaux sites et d'éviter qu'un trop grand nombre de routes ne traversent le corridor écologique (annexe 10).

2.3.3 Localisation des sites selon les paramètres abiotiques

Exposition (soleil, vent)

De manière générale les espèces-cibles ont besoin de terrains exposés au soleil et abrités du vent où les plans d'eau peuvent se réchauffer rapidement. Le succès de reproduction de la rainette est meilleure en recevant la lumière directe du soleil, car ses œufs et ses têtards sont moins sujet à la prédation et se développent plus vite (Pellet & al. 2004b). Les œufs et les têtards du crapaud calamite sont également spécialement adaptés aux mares à la température élevée (Mermod & al. 2010a). L'alyte privilégie les terrains exposés au sud sur les substrats minéraux mais apprécie autant les plans d'eau ensoleillés qu'ombragés (Mermod & al. 2010c), tout comme le triton crêté dont les plans d'eau peuvent aussi se trouver en sous-bois (Mermod & al. 2010e). La station météorologique la plus proche du BV se trouve à Changins. La rose des vents indique une prédominance des vents en nord-ouest, sud-ouest et sud-est. Les terrains abrités par une structure paysagère (forêt, haies), doivent donc être privilégiés dans ces axes.

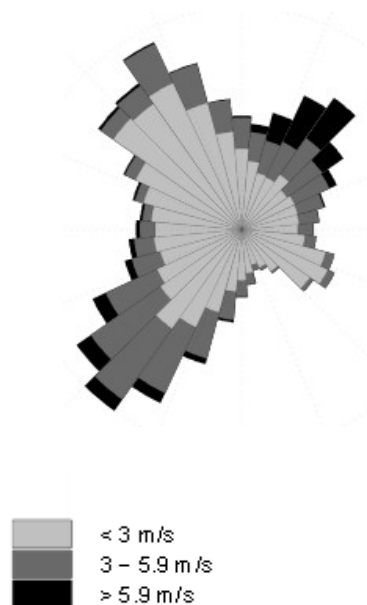


Figure 9: rose des vents, moyenne annuelle (Changins janvier 1981 – décembre 1995).

Alimentation en eau

L'alimentation en eau des mares ne doit pas se faire par la rivière pour plusieurs raisons : sa température est trop basse pour les espèces-cibles, la rivière est source de nutriments et augmente ainsi le risque d'eutrophisation et elle amène des organismes indésirables comme les poissons (com. pers. Pellet, 2014 ; Zumbach & Ryser année inconnue). Les sites sont dans l'idéal alimentés par la nappe phréatique ou l'eau de pluie (Mermod & al. 2010d). Les terrains favorables sont situés dans des dépressions naturellement humides, sur substrat argileux ou proches de la nappe phréatique afin de pouvoir la capter (Mermod & al. 2010d). Le modèle numérique de terrains (MNT) permet de localiser les dépressions du terrain et la perméabilité des sols sont inventoriés sur le site de la Confédération, en revanche il n'existe aucune donnée sur les nappes phréatiques. La législation interdit d'aménager des plans d'eau dans les zones de protection des eaux classées S1 et S2 (Mermod & al., 2010).

Zone tampon

Les eaux de ruissellement peuvent être chargées en produits agrochimiques, ce qui contamine les milieux humides en menaçant la qualité et la santé des amphibiens (Bonin et al., 1997b in Ouellet & Assels 2007). C'est pourquoi il est préférable d'aménager des plans d'eau hors des zones agricoles intensives ou de laisser une zone tampon adjacente à l'habitat aquatique (aquatic buffer ; Ouellet & Assels 2007). La législation suisse définit une zone tampon obligatoire de 6 m autour des milieux aquatiques, devant être gérée de manière extensive (Mermod & al. 2010e). Une zone tampon de 50 m est idéale pour les espèces-cibles (Mermod & al. 2010d).

Tableau 8: localisation des sites selon les paramètres abiotiques et législatifs (Mermod & al., 2010 ; Pellet & Amstutz, 2013)

Exposition soleil	Exposition vent	Alimentation en eau	Aspects légaux
Sud, sud-est	Abrité en sud-ouest, nord-est et nord-ouest	Sur des sites à potentiel humide (dépressions, terrains dont la perméabilité est ralentie ou qui historiquement étaient humides)	En dehors des zones de captage S1 et S2, des régions archéologiques et des zones affectées en décharge. De préférence sur terrain communal et sur des terrains gérés de manière extensive

2.3.4 Identification des sites favorables à l'aménagement de mares

Afin d'identifier les sites se prêtant à l'aménagement de mares temporaires, tous les paramètres énumérés ci-dessus ont été combinés. Cela consiste à faire une analyse multicritères du territoire selon un ordre défini. En écologie des amphibiens, il est courant d'utiliser des zones tampons (buffer) concentriques autour d'un étang donné pour exprimer la distance de dispersion d'une espèce (Zanini 2006 ; ex : 2km chez la rainette verte). Afin de repérer les sites pouvant réellement être colonisés et où l'implantation d'une mare est envisageable, les données du territoire sont intégrées au buffer (occupation du sol, proximité des habitats terrestres, zones protégées et distance aux zones d'habitation). Dans le but d'obtenir des zones répondant aux besoins écologiques de chaque espèce, les données abiotiques sont ajoutées. La rainette verte, le crapaud calamite et l'alyte accoucheur étant tributaires des situations ensoleillées, la couche « ensoleillement » est donc intégrée (aspect_slope) afin de connaître les zones exposées en sud ainsi qu'en sud-est. Concernant les ressources en eau, il n'existe pas de carte sur les nappes phréatiques ni sur les écoulements d'eau sur le BV, c'est pourquoi plusieurs paramètres ont été liés : le potentiel humide historique, la perméabilité du sol (perméabilité ralentie ou très ralentie) mais également dépressions selon le modèle numérique de terrain (MNT). Chaque espèce-cible ayant ses exigences propres, une carte de dispersion personnelle a été créée à cet effet

Une ultime carte regroupant tous les paramètres est constituée afin de mettre en exergue les zones se prêtant le mieux à l'aménagement de nouveaux sites de reproduction.

2.3.5 Analyse du réseau écologique

L'aménagement de mares temporaires est intéressant partout où les sites peuvent être colonisés car cela offre une plus grande stabilité aux populations d'amphibiens. Nous pouvons noter que les sites situés dans des couloirs de déplacement lacunaires sont à privilégier car ils permettent de reconnecter les populations isolées. L'analyse du réseau écologique se base sur la carte de répartition des espèces-cibles. Tous les plans d'eau compris dans la zone de dispersion de l'espèce sont considérés comme potentiellement colonisables et les plans d'eau situés en dehors sont considérés comme isolés. Les paramètres spatiaux ne suffisent pas à connaître les échanges possibles d'un site à l'autre car il manque la notion de perméabilité du territoire, par contre ils donnent une première indication importante. Les espaces sur lesquels une mare sera aménagée doivent par contre être analysés en intégrant tous les paramètres.

La carte du réseau ne doit pas se limiter à des frontières administratives ou hydrologiques mais se faire à l'échelle d'une région. C'est pourquoi toutes les données sur la présence avérée des espèces-cibles dans la région ont été intégrées. Ces données ont été fournies par le garde pêche permanent de la région, Philippe Tavel et le karch.

2.3.6 Intégration du projet dans le contexte agricole

La forte densité de terrains agricoles sur le BV du Boiron de Morges et le projet d'OQE réseau offrent les conditions idéales pour l'intégration du projet en milieu agricole. Des exploitants ont des terrains fréquemment humides ou inondés sur lesquels l'agriculture extensive est difficile à pratiquer. Certains agriculteurs expriment le souhait d'affecter ces terres en milieu extensif et d'y créer des plans d'eau. Le bureau Maillefer et Hunziker a fourni pour ce travail une liste de 6 exploitants dont les terres se situent dans des zones humides. Chacun de ces exploitants a été contacté afin de connaître leurs motivations à participer au projet de création de mare. Les échanges figurent dans le chapitre 3.5.

La création de mares sur des terrains agricoles est en revanche soumise à contrainte. Les surfaces d'assolement (terres cultivables - terres ouvertes, prairies artificielles intercalaires et prairies naturelles arables, SDA) sont protégées de manière cantonale et communale. « *Des surfaces d'assolement peuvent être utilisées à des fins non agricoles mais seulement en présence d'intérêts prépondérants et sur la base d'une pesée complète des intérêts, et à condition que le contingent minimal de surfaces d'assolement à fournir par le canton reste garanti de façon durable* » (Métraux 2013). Les quatre espèces-cible de l'étude apparaissent en revanche dans les « Objectifs environnementaux pour l'agriculture » pour lesquelles dans la mesure du possible l'agriculture contribue à la: « 1. *diversité des espèces et diversité des habitats*, 2. *diversité génétique à l'intérieur de chaque espèce* et 3. *biodiversité fonctionnelle* ». Les plans d'eau situés dans la surface agricole utile (SAU) peuvent être transformés en surface de promotion de la biodiversité (SPB ; SPB de type 11 « Autre, fossés humides, mares et étangs »), ainsi que les habitats terrestres à proximité. Un contrat « nature » peut être passé avec les autorités communales ou cantonales concernant les plans d'eau situés hors de la SAU. Le système IP-Suisse permet d'accumuler des points (jusqu'à 3) pour des mesures spécifiques en faveur d'espèces ou milieux menacés (Mermod & al. 2010d).

2.4 AMÉNAGEMENT DES HABITATS AQUATIQUES ET TERRESTRES, ENTRETIEN

2.4.1 Habitats aquatiques favorables aux espèces cibles

Le guide d'application de l'Obat (2002) préconise les principes suivants pour un aménagement favorable aux amphibiens menacés :





- plusieurs plans d'eau plutôt qu'un seul ;
- surface d'eau totale aussi vaste que possible ;
- diversité maximale parmi les plans d'eau et dans chacun d'eux ;
- température élevée de l'eau (faible profondeur, bon ensoleillement, absence de courant) ;
- absence de poissons ;
- présence de stades de succession précoces (plans d'eau récents) ou de plans d'eau s'asséchant occasionnellement ;
- planification de la gestion de l'eau et des interventions respectant la biologie des batraciens (assèchement et interventions en automne/hiver).

Chaque espèce s'est adaptée à des conditions écologiques propres qui sont recensées dans le Tableau 9. L'aménagement d'un nouveau milieu consistera à tendre le plus possible vers l'imitation de ces conditions.

Tableau 9: plans d'eau idéaux pour les espèces-cibles (Mermod & al., 2010)

Espèce	Surface	Profondeur	Hydropériode
<i>Hyla arborea</i>	100–500 m ² prairies inondables : >1000 m ² . Plus petit au sein d'un complexe d'étangs.	10 à 30 cm le long des rives, max. 1 m au centre. Prairies inondables : 10 à 80 cm	Entre avril et septembre chaque année.
<i>Bufo calamita</i>	50-500m ²	10 à 40 cm	
<i>Triturus cristatus</i>	100–2000 m ²	10 cm à 1 m (au mieux 50cm)	
<i>Alytes obstetricans</i>	50-1'000 m ²	60 à 150 cm	Assèchement tous les 3 à 10 ans.

Tableau 10: types de plans d'eau colonisés par les espèces-cibles (Mermod & all., 2010)

Espèce	Habitat aquatique de plaine	Illustration des habitats
<i>Hyla arborea</i>	<p>Milieux pionniers temporaires avec une grande densité de plans d'eau (prairies humides, forêts claires, sites d'extraction ou places d'armes). Vieux plans d'eau ayant atteint leur climax. plans d'eau situés dans des bas-marais et roselières.</p>	 <p>Figure 10: étang de Lavigny</p>
<i>Bufo calamita</i>	<p>Milieux pionniers temporaires. Paysages ouverts, avec une grande densité de plans d'eau. Sols minéraux et argileux et pauvres en végétation comme les sites d'extraction (exception faite pour les prairies inondables et les berges lacustres).</p>	 <p>Figure 11: gravière des Mossières</p>
<i>Triturus cristatus</i>	<p>Milieux pionniers, temporaires. Grands étangs forestiers, vieux plans d'eau ayant atteint leur climax, avec une mince couche de vase (prairies inondables, fossés). Sites d'extraction (gravières ou glaisières).</p>	 <p>Figure 12: dépression aménagée dans la zone de battement de la nappe Muriel Mermod</p>
<i>Alytes obstetricans</i>	<p>Milieux en eau toute l'année ne s'asséchant qu'exceptionnellement (en automne tous les 3 à 10 ans). Petites gouilles ou grands étangs, plans d'eau pionniers ou fortement végétalisés, permanents ou temporaires. Eau plus fraîche que pour les autres espèces et parfois légèrement courante.</p>	 <p>Figure 13: site d'extraction avec talus bien ensoleillé Andreas Meyer</p>

2.4.2 Habitats terrestres favorables aux espèces-cibles

La création ou la préservation des plans d'eau est primordiale mais ne suffit pas au maintien viable des populations qui doit s'accompagner de l'identification et de la conservation des habitats terrestres (Marsh & Trenham 2000). Elle est une condition essentielle au maintien des populations d'amphibiens (Ouellet & Assels 2007) qui passent la majeure partie de leur vie sur terre ferme (Pellet & Amstutz 2013).

Tableau 11: sites terrestres favorables aux espèces-cibles (Mermod & al., 2010)

Espèce	Site d'estivage	Site d'hivernage
Hyla arborea	Forêts de feuillus, bosquets, mégaphorbiaies, végétation des rives, bandes herbeuses, bosquets, ronciers.	forêts de feuillus, haies et bosquets à l'abri du gel (trous dans le sol, tas de branches, de souches ou tas de pierres).
Bufo calamita	Surfaces rudérales faiblement végétalisées (jachères, sols nus), structures refuges bien ensoleillées (sols sableux, murgiers, tas de bois, souches, haies, grosses pierres).	Les mêmes habitats que pour l'estivage à l'abri du gel.
Triturus cristatus	Bandes herbeuses, tas de bois ou de produits de fauche, souches.	Forêts claires de feuillus (ou forêts mixtes) avec une grande quantité de bois mort au sol (min. 20 m ³ /ha). Trous à l'abri du gel, souches en décomposition, pierres.
Alytes obstetricans	Substrat minéraux bien ensoleillés, glissements superficiels, talus, éboulis, pâturages en pente, rochers, jardins riches en petites structures (murs de pierres sèches, terrasses avec anfractuosités, dalles déchaussées, tas de bois), substrat meuble avec une végétation dense.	Les mêmes habitats que pour l'estivage à l'abri du gel.

2.4.3 Aménagement

Dans le guide de Pro Natura et du karch sur l'aménagement de mares temporaires, quatre méthodes sont recensées, ici par ordre d'adéquation avec les espèces-cibles (Tableau 12 ; Pellet & Amstutz 2013).

1. Le creusement dans la fourchette de battement de la nappe phréatique
2. L'imperméabilisation artificielle
3. La rétention d'eau et le remodelage de terrain
4. Le chapelet de gouilles

Tableau 12: types d'aménagements d'une mare pour les espèces-cibles (Pellet & Amstutz, 2013)

+++ = favorable, ++ = bon, + = satisfaisant

Espèce	Rétention d'eau et remodelage de terrain	Creusement dans la fourchette de battement de la nappe phréatique	Imperméabilisation artificielle gouilles
<i>Hyla arborea</i>	++	+++	+++
<i>Bufo calamita</i>	+	+++	++
<i>Triturus cristatus</i>	+++	+++	++
<i>Alytes obstetricans</i>	+++	++	+++

Le creusement dans la fourchette de battement de la nappe phréatique

C'est la méthode à privilégier pour les espèces menacées. Elle est applicable sur les terrains où le niveau de la nappe varie afin de garantir un assèchement périodique de la mare. Pour connaître le battement de la nappe, trois méthodes sont préconisées (Pellet & Amstutz 2013) :

- Creuser l'étang lors de la période annuelle la plus sèche (généralement entre la fin de l'été et le printemps) et s'arrêter lorsque que le niveau de l'eau est atteint.
- Observer les fluctuations de la nappe sur une année complète à l'aide d'une petite fosse excavée au préalable ou d'un piézomètre (Maillefer et Hunziker).
- Effectuer un carottage de terrain et identifier les fluctuations de la nappe qui sont souvent marquées de « taches de rouille ».

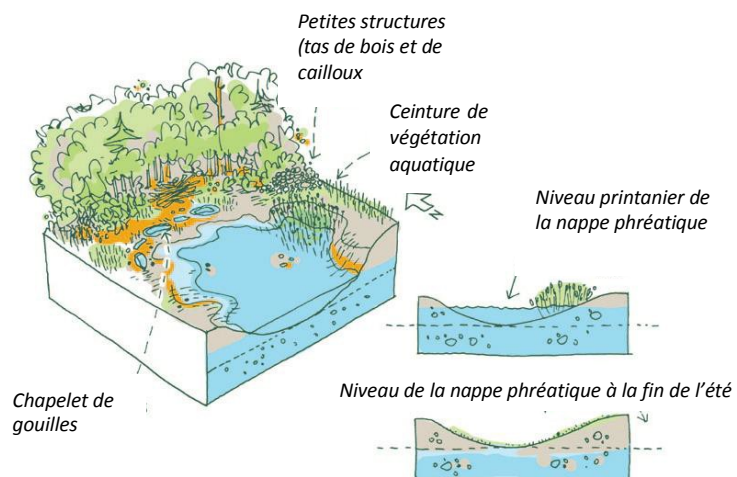


Figure 14: le creusement dans la fourchette de battement de la nappe phréatique, © studio KO, création visuelle (Pellet & Amstutz 2013)

Creuser dans la nappe phréatique nécessite la demande d'une autorisation selon la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux ; Zumbach & Ryser année inconnue).

L'imperméabilisation artificielle

Sur les terrains perméable où la nappe phréatique ne peut être captée, la seule solution reste l'imperméabilisation artificielle (Ryser & al. 2002). Il existe différents systèmes d'étanchéification (bâche étanche, glaise, vase comprimé, béton, chaux, bentonite; Zumbach & Ryser année inconnue) mais « *la solution qui présente le meilleur rapport coût/durabilité est la couche d'imperméabilité synthétique* » (Pellet & Amstutz 2013). En contexte agricole, la réversibilité des ouvrages devant être garantie, ces méthodes ne peuvent être utilisées (com. pers. Maillefer, 2014). Le bureau Maillefer et Hunziker travaille en revanche sur la reconnaissance d'un procédé consistant à enterrer le système d'imperméabilisation sous une couche de terre préalablement décapée, afin que le terrain retienne l'eau mais reste exploitable et donc classé en SDA (Maillefer & Hunziker Bureau d'étude Environnement - SIG date inconnue).

La rétention d'eau et le remodelage de terrain

La rétention d'eau s'effectue sur des terrains argileux ainsi dans des dépressions naturelles. Il est conseillé de remodeler le terrain afin de lui donner de meilleures chances de se remplir d'eau. Une arrivée d'eau doit être garantie en régulant par exemple le système de drainage à l'aide d'une vanne ou en aménageant un ouvrage de retenue aux endroits où l'eau s'évacue. Le bilan hydrique des eaux de pluie peut par contre être suffisant dans certaines régions pour maintenir la mare en eau. L'assèchement annuel se fait alors naturellement. Il est sinon nécessaire pour les terrains imperméables d'aménager une surverse au niveau le plus haut désiré et un système de vidange (exemple : bonde) pour évacuer l'eau annuellement (Zumbach & Ryser année inconnue).

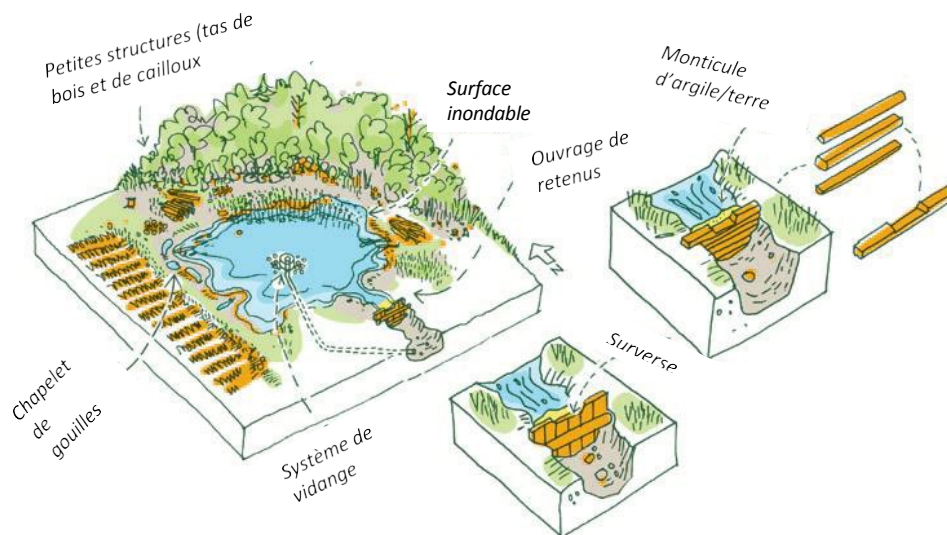


Figure 15: le remodelage de terrain et la rétention d'eau, © studio KO, création visuelle (Pellet & Amstutz, 2013)

Le chapelet de gouilles

Le chapelet de gouilles n'est favorable qu'au sonneur à ventre jaune pour lequel il est conseillé d'en aménager systématiquement lors de la création d'un milieu à condition de se situer dans des zones fortement ensoleillées et à moins de 500 m d'une forêt ou d'une haie dense. Chaque gouille doit faire entre 0,5 et 20 m² et entre 10 et 60 cm de profondeur (Mermod & al. 2010b).

Morphométrie

Les formes régulières et lisses sont à proscrire. Plus l'aménagement est irrégulier et sinueux plus il offre une diversité d'habitats favorables à de nombreuses espèces. Les pentes des berges doivent être douces et faire au maximum 10° (Figure 16). La sinuosité des formes permet également d'augmenter le linéaire des berges (Figure 17) et de varier la profondeur de la mare et d'offrir ainsi des conditions hydriques favorables aux espèces tout au long des variations météorologiques (Zumbach & Ryser année inconnue; Mermod & al., 2010; Oertli & Frossard 2013).

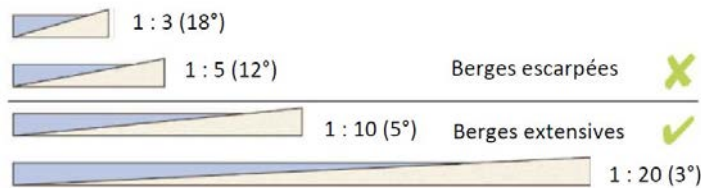


Figure 16: pentes des berges (Pont conservation 2009a in Vermot, 2013)

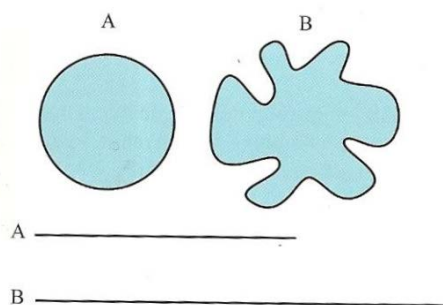


Figure 17: principe d'augmentation du linéaire d'interface par accentuation de la sinuosité du pourtour (Oertli & Frossard, 2013)

Habitats terrestres

La zone tampon de 6m autour du plan d'eau peut être ensemencée avec de l'herbe à semence ou laissée à la colonisation naturelle. Des haies ou bosquets doivent se trouver à proximité, en cas de plantations la végétation indigène à croissance lente est à privilégier. Diverses structures doivent être aménagées à proximité des plans d'eau sur les zones non inondables exposées au soleil et à l'abri de la bise et du gel. Les structures telles que les tas de pierre, de branches, les souches ou les talus sableux doivent faire entre 2 et 4 m³(Pellet & Amstutz 2013).

2.4.4 Entretien

Afin de maintenir les conditions pionnières du plan d'eau, un entretien régulier est nécessaire. Cependant plus ce dernier est vaste et moins il nécessite d'interventions. Afin de ne pas perturber dans leur cycle de reproduction les populations, les entretiens ont lieu en dehors des périodes d'activités des amphibiens, soit entre le mois d'octobre et de janvier. La zone tampon pourra par contre être pâturée ou fauchée dès le 1er septembre. En cas d'accumulation de matière organique dans le plan d'eau et d'enrichissement du milieu, la gestion devra être adaptée en agrandissant par exemple la bande tampon. Un curage peut également être préconisé tous les 3 à 10 ans. Les habitats terrestres doivent être entretenus pour éviter l'embroussaillage : une coupe arbustive peut être menée tous les 3 ans sur les plantes à croissance rapide (Ryser & al. 2002). Il est en règle générale préconisé d'intervenir par tranche d'1/3 de la végétation afin de laisser des zones refuges à la faune.

2.4.5 Mise en œuvre du projet

La création d'un plan d'eau s'effectue selon les étapes suivantes(Mermod & al. 2010c ; annexe 11) :

- La planification
- La réalisation
- Le contrôle

Ce projet correspond à la phase de planification de l'étang, dont les étapes sont décrites en annexe 12 (Pellet & Amstutz 2013) et consistant à mener une étude de faisabilité et un projet de détail.

3. RÉSULTATS

3.1 INVENTAIRE DES SITES POTENTIELS

Deux jours de prospection sur le terrain ont été effectués à vélo les 4 et 5 mai pour visiter les 23 sites potentiellement favorables aux amphibiens. 8 ont été retenus comme « sites de reproduction potentiels ». La condition sine qua non était la présence d'une gouille, d'une mare ou d'un étang (Tableau 13 ; annexe 13).

Tableau 13: sites conservés pour les inventaires

N°	Localité	Type de milieu	Sites conservés
a	Le Grand Marais	Marais	✓
b	La Chaux Devant	Marais	✓
c	Froideville	Prairie fleurie	
d	Long Praz	Ancienne carrière	
e	Le Paudex	Bas marais	✓
f	Le Vernay	Ancienne carrière	
g	Les Vernes	Marais asséché	
h	Les Sergères	Etang	✓
i	Beillat	Forêt marécageuse	
j	Les Toches	Chantier	
k	Moulin au loup	Collecteur d'eau	
l	Chaney	Prairie fleurie	
m	Moulin de Villars	Lisière forestière	
n	Le Châtelard	Prairie fleurie	
o	Bois Girard	Etang	✓
p	La Pie	Forêt humide	
q	Chatagny	Bassin de rétention	
r	La Croix	Etang artificiel, propriété inaccessible	
s	Pont de Lully	Mares et étangs	✓
t	Le Boiron	Etangs artificiels privés	✓
u	La Caroline	Gravière	
v	Le Pré au Moine	Marais asséché	
w	Embouchure du Boiron	Etang	✓

Les sites ainsi sélectionnés se révèlent être pour la majeure partie forestiers (mis à part les étangs privés du Boiron et les deux plans d'eau du Paudex). Etant donné que les espèces-cibles affectionnent les plans d'eau ensoleillés, les chances d'en recenser étaient donc minces. En revanche, appréciant les vieux plans d'eau qui ont atteint leur climax, il n'était pas à exclure d'y trouver la rainette verte ou le triton crêté. D'autres espèces inscrites sur LR pouvaient également être observées. Les espèces en amont du BV (Le Grand Marais, la Chaux Devant, le Paudex, les Sergères) sont en limite d'aire de répartition des espèces-cibles car ils se situent à plus de 600m d'altitude.

Tableau 14: description des sites inventoriés

Sites		Description (selon la typologie Delarze et al. 2008 si existant)			
Localité	N°	Habitat aquatique	Habitat terrestre	Niveau hydrique	Alt.
Le Grand Marais	1	Grande étendue d'eau sans végétation, avec bois mort	Aulnaie noire, <i>Alnion glutinosae</i> 6.1.1	En eau durant les 3 sorties	669
La Chaux Devant	2	Etang sans végétation, vase au fond et beaucoup de bois mort	Aulnaie noire, <i>Alnion glutinosae</i> 6.1.1	A sec lors de la 3 ^{ème} visite	693
Le Paudex	3a	Bras de rivière déconnecté, eau sans végétation, couche d'humus	Forêt mixte d'épicéa et de feuillus et Aulnaie noire, <i>Alnion glutinosae</i> 6.1.1 (Derron 1992)	A sec lors de la 3 ^{ème} visite	683
	3b	Petite mare de type <i>Lemnion</i> 1.1.3, avec beaucoup de végétation flottante	Prairie à molinie et grandes laîches (Derron 1992)	En eau durant les 3 sorties	
	3c	Petite mare avec végétation fixée (<i>Carex</i>)		Pratiquement à sec lors de la 3 ^{ème} visite	
	3d	Bras de rivière déconnecté, eau sans végétation, couche d'humus	Surface boisée et Aulnaie noire, <i>Alnion glutinosae</i> 6.1.1 (Derron 1992)	A sec lors de la 3 ^{ème} visite	
Les Sergères	4	Etang avec beaucoup de végétation fixée (<i>Phragmites australis</i>)	Forêt secondaire de robiniers, <i>Robinion</i> 6.3.9	En eau durant les 3 sorties	630
Bois Girard	5	Etang avec bois mort et couche épaisse de vase	Saulaie blanche, <i>Salicion albae</i> , 6.1.2	En eau durant les 3 sorties	473
Pont de Lully	6a	Etang profond de type <i>Lemnion</i> 1.1.3, avec végétation fixée (<i>Phragmites australis</i>) et flottante (<i>Nymphaea alba</i>) et une épaisse couche de vase.	Frênaie humide, <i>Fraxinion</i> 6.1.4	Etang connecté à la STEP de Lully. En eau durant les 3 sorties	406
	6b	Mare de type <i>Lemnion</i> 1.1.3, avec une épaisse couche de vase		Site situé sous le pont de l'autoroute A1. En eau durant les 3 sorties	
	6c	Mare de type <i>Lemnion</i> 1.1.3 avec une épaisse couche de vase		Site situé sous le pont de l'autoroute A1. En eau durant les 3 sorties	
	6d	Mare de type <i>Lemnion</i> 1.1.3 avec une épaisse couche de vase		Pratiquement à sec lors de la 3 ^{ème} visite	
	6e	Etendue d'eau sans végétation, beaucoup de bois mort et couche d'humus	Forêt de feuillus de type <i>Galio-Fagenion</i>	Niveau hydrique réduit lors de la 3 ^{ème} visite.	
	6f	Etendue d'eau sans végétation, beaucoup de bois mort et couche d'humus		Niveau hydrique réduit lors de la 3 ^{ème} visite	
Le Boiron	7a	Bassin en béton avec de la végétation fixée (<i>Iris pseudacoris</i>)	Jardin privé exploité en prairie fleurie	En eau durant les 3 sorties	377
	7b	Etang profond de type <i>Nymphaeion</i> 1.1.4 avec imperméabilisation artificielle		En eau durant les 3 sorties	
Embouchure Boiron	8	Etang de type <i>Lemnion</i> 1.1.3, avec une épaisse couche de vase	Forêt de feuillus de type <i>Galio-Fagenion</i>	En eau durant les 3 sorties	373

3.2 INVENTAIRE DES BATRACIENS

L'inventaire des batraciens révèle la présence de 5 espèces ou complexe d'espèces sur les 8 sites sélectionnés. Seulement une espèce-cible a été identifiée ; la rainette verte aux Sergères sur la commune de Yens les 21 et 28 mai et le 8 juin 2014. Deux mâles ont été observés (Figure 18) tandis qu'un chœur a été entendue durant les trois sorties et le nombre de chanteurs évalués à ≤ 6 . Selon le calcul de Ryser & al. (2002), cela correspond à une population de 18 à 24 individus (le nombre de chanteurs est doublé et l'effectif des femelles correspond au tiers ou à la moitié de la population). Trois pontes ont été trouvées, prouvant ainsi le succès de reproduction de l'espèce (Figure 19).



Figure 18: individu de rainette verte mâle observé aux Sergères le 8 juin 2014



Figure 19: ponte de rainette verte observée aux Sergères le 21 mai 2014

4 des 8 sites, comprennent des tritons palmés, qui est une espèce inscrite comme vulnérable (VU) sur la LR suisse (Figure 20). Sur le bas marais du Paudex, plusieurs dizaine de larves ont été capturées (Figure 21). Le triton alpestre a été observé sur le même nombre de sites que le triton palmé alors qu'il est inscrit avec une préoccupation mineure (LC) sur la LR. La grenouille rousse est l'espèce la plus observée sur les différents sites (5/8). Sa reproduction est explosive sur l'un des étangs du Pont de Lully où les têtards se comptent en centaines de milliers (figure 23).



Figure 20: triton palmé, femelle en bas et mâle en haut, Paudex le 8 juin 2014



Figure 21: larves de triton palmé, Paudex le 8 juin 2014

La période durant laquelle se sont déroulés les inventaires a correspondu à celle où les larves de certaines espèces comme la grenouille rousse, ont changée d'habitat, sortant du milieu aquatique pour se diriger vers le milieu terrestre (Figure 22).



Figure 22: têtards de grenouille rousse, pont de Lully (étang « e ») le 1er juin 2014



Figure 23: juvénile de grenouille rousse, pont de Lully

Le complexe des grenouilles vertes se retrouve sans surprise dans les sites en bord du lac Léman et dans les étangs privés dont le niveau hydrique est stable toute l'année.

Le site où les 5 espèces d'amphibiens ont été recensées durant cette étude est celui des Sergères. Les milieux les plus pauvres en amphibiens sont Le Grand Marais et la Chaux Deville situés en amont du BV et les étangs de la propriété privée «le Boiron » (Tableau 15; annexe 14 et 15).

Tableau 15: nombre d'observations des espèces d'amphibiens recensées dans chaque site (Boxler, 2014)

3 = 100% d'observation de l'espèce (3/3 visites), 2 = 75% (2/3 visites), 1 = 25% (1/3 visites), - = 0% (pas d'observation de l'espèce)

R : reproduction (pontes, larves, juvéniles)

N°	Sites Localité	Espèces										
		<i>Hyla arborea</i> ¹	R	<i>Lissotriton helveticus</i> ²	R	<i>Ichthyosaura alpestris</i> ³	R	<i>Rana temporaria</i> ⁴	R	Complexe grenouilles vertes	R	
1	Le Grand Marais	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
2	La Chaux Devant	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
3	Le Paudex	-	-	1	2	2	-	2	3	-	-	-
4	Les Sergères	3	3	2	-	3	-	-	3	-	1	-
5	Bois Girard	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	-
6	Pont de Lully	-	-	3	-	2	-	3	3	3	-	-
7	Le Boiron	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-
8	Embouchure Boiron	-	-	3	1	-	-	-	-	3	-	-

¹ Rainette verte (Linnaeus, 1758)

² Triton palmé (Razoumovsky, 1789)

³ Triton alpestre (Laurenti, 1768)

⁴ Grenouille rousse (Linnaeus, 1758)

Les résultats de l'inventaire ont été combinés aux données du karch afin d'obtenir la carte de présence de toutes les populations d'amphibiens recensées depuis 2009 sur le BV du Boiron de Morges (annexe 16). De cette carte ont été extraites les données concernant les espèces-cibles (annexe 17). Le crapaud calamite, le triton crêté et l'alyte accoucheur n'ont pas été recensés durant cette étude, leur présence reste donc inchangée (5 stations pour le crapaud calamite, 1 pour l'alyte accoucheur et le triton crêté). 1 site supplémentaire a par contre été découvert durant l'étude pour la rainette verte : ce qui augmente le nombre de stations connues à 8. Les espèces-cibles se situent toutes au centre du BV, la population la plus en amont se trouve aux Mossières et la plus en aval à Lavigny, excluant ainsi les deux extrémités du BV de leur aire de dispersion.

3.3 IDENTIFICATION DES SITES FAVORABLES À L'AMÉNAGEMENT DE MARES

Sur la base de la présence des populations, une carte de dispersion personnelle a été créée pour chaque espèce-cible en fonction de la possibilité d'y aménager une mare (annexe 18). Cette carte est le résultat d'un cheminement cartographique décrit en annexe 19. Le BV peut être potentiellement colonisé à plus de 2/3 par le crapaud calamite et à environ 1/3 par la rainette verte. L'alyte accoucheur et le triton crêté sont quant à eux cantonnés à leur unique site de ponte. Les aires de dispersion des 4 espèces ont ensuite été agencées pour donner une carte de dispersion globale (annexe 20). Etant donné que l'alyte accoucheur et le triton crêté se trouvent sur des sites éloignés, aucune zone n'est identifiée comme étant susceptible d'accueillir les 4 espèces. En revanche des zones autour de la gravière des Mossières et de l'étang d'Arborex peuvent accueillir 3 des espèces. La majeure partie des zones identifiées sont colonisables par la rainette verte et le crapaud calamite, tandis que le reste peut pour l'essentiel n'être atteint que par le crapaud calamite. La carte de dispersion globale a été utilisée comme un emporte-pièce pour découper les paramètres abiotiques de la région (annexe 21). Tous les paramètres combinés ont donné naissance à une carte d'analyse multicritères des zones, regroupés en 6 catégories (annexe 22, Tableau 16).

Tableau 16: analyse multicritères des sites retenus

3 espèces = la rainette verte, le crapaud calamite et le triton crêté ou l'alyte accoucheur

2 espèces = la rainette verte et le crapaud calamite

1 espèce = le crapaud calamite ou la rainette verte ou triton crêté

Classification	Nb d'espèces pouvant coloniser le site au regard des paramètres spatiaux	Respect des paramètres abiotiques
1	3	Respects de tous les paramètres.
2	3	Pas de garantie sur l'alimentation en eau (nécessité d'imperméabilisation artificielle).
3	3	Pas de garantie sur l'ensoleillement directe (nécessité d'ouvrir le milieu).
4	2	Respects de tous les paramètres.
5	2	Pas de garantie sur l'alimentation en eau.
6	1	Respects de tous les paramètres.

Environ 35 zones ont été identifiées comme favorables à 3 espèces-cibles (une quinzaine de zones en catégories 1, une douzaine en catégorie 2 et environ 8 en catégorie 3). Plus d'une centaine se prête à l'installation de 2 espèces (catégorie 4 et 5) et de vastes zones à 1 espèce (catégorie 6). Toutes les populations des espèces-cibles ont été identifiées au centre du BV, ce qui signifie que les sites favorables à l'aménagement d'une mare sont également centrés et que pour augmenter l'aire de dispersion de ces espèces il est nécessaire de densifier leur réseau.

3.4 ANALYSE DU RÉSEAU ÉCOLOGIQUE

La région considérée pour l'analyse du réseau s'étend de la commune de Pampigny à Pizi soit un territoire de près de 200km². 14 autres sites de reproduction des espèces-cibles ont été identifiés (Tableau 17, annexe 23). Seules les présences avérées ont été prises en compte et non les présences potentielles. Le seul site identifié à ce jour pour le triton crêté est Arborex, limitant toute possibilité de concevoir un réseau pour cette espèce.

Tableau 17: localisation des espèces-cibles en dehors du bassin versant (Tavel, 2014, karch 2009-2014)

Espèce	Localité	Commune	Coord. X/Y
<i>Hyla arborea</i>	Epine	Apples	521544 155460
	Le Plan	Aubonne	518452 150490
	Le Mont	Lavigny	520100 150100
	Les Bons	Mollens	518111 157865
	Arboretum	Aubonne	517886 151348
	Camp Romain	Bière	516285 152927
	La Gingine	Pizy	515462 149313
	La Barbayre	Lavigny	520661 150085
	Les Monods	Ballens	519'533 158316
	Le Bon	Gimel	514684 150972
<i>Bufo calamita</i>	Epine	Apples	521544 155460
	La Gingine	Pizy	515462 149'313
	Savorex	Féchy	518646 148'483
	Planchamp	Pampigny	521701 159491
	Les Courbes	Pampigny	523'308 159827
<i>Triturus cristatus</i>	-		
<i>Alytes obstetricans</i>	Fontaine	Saint-Livres	519286 150423
	Les Bons	Mollens	517975 157852

Globalement les populations de rainette verte se révèlent les mieux connectées, chacun des 8 sites de reproduction situés au sein du BV est relié au minimum à un autre site. Un noyau dur de liaisons est formé par 12 sites à cheval sur le BV de l'Aubonne et du Boiron de Morges et 6 sites sont autonomes. Les connections des sites de reproduction du crapaud calamite sont moins nombreuses, au maximum 3 sites sont connectés entre eux et 5 sont complètement isolés. Aucune connexion n'est possible à l'heure actuelle pour l'alyte accoucheur pour qui les sites sont trop éloignés des Mossières.

Tableau 18: état du réseau écologique de la région élargie

Espèce	Nb de sites totaux dans la région	Nb de liaisons possibles	Nb de liaisons lacunaires
<i>Hyla arborea</i>	18	22	15
<i>Bufo calamita</i>	10	4	10
<i>Triturus cristatus</i>	1	-	-
<i>Alytes obstetricans</i>	3	0	2

3.5 CHOIX D'UN SITE POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA MARE PILOTE – LE CONTEXTE AGRICOLE.

Sur les 6 agriculteurs contactés dans le cadre du projet, 4 ont répondu favorablement au projet de création d'une mare sur leur parcelle (Tableau 19). Par soucis de préservation des données personnelles, le contact des exploitants n'est pas diffusé, il peut être demandé au bureau Maillefer et Hunziker ou à moi-même.

Tableau 19: parcelles agricoles concernées par le projet (géoplanet.ch)

N° parcelle	Localité	Coord. X/Y	Alt. (m)	Affectation	Type de sol	Protection
833	Les Sembres	521793 154276	635	Surface d'assolement (SDA), Zone agricole ou équivalente - Qualité I	Sols un peu frais. Limons silteux, assez profonds	-
1025 826	Béfou	520580 153752	638		Sols frais à un peu frais. Limons sableux, assez profonds	-
811	Bombernand	521567 153121	626		Sols un peu frais. Limons silteux, assez profonds	-
403	Moulin Martinet	520330 152263	527	-	Surfaces marginales et pentes	-

Les 4 parcelles se situent sur la commune de Yens. Elles peuvent toutes être colonisées par la rainette verte et le crapaud calamite. Le triton crêté et l'alyte accoucheur sont en revanche trop éloignés. Chaque terrain est situé dans une dépression humide ou inondée une partie de l'année. Les parcelles de Bombernand, des Sembres et de Moulin Martinet sont affectées en SPB. Le Béfou est quant à lui cultivé en blé Extensio mais inondé chaque année en hiver et de ce fait traversé de ravines (figure 26). Une description plus détaillée de ces sites se trouve en annexe 24 sous forme de SWOT (Forces, faiblesses, opportunités, menaces).

Les terrains qui se révèlent les plus pertinents pour l'aménagement d'une mare sont le Béfou et le Bombernand car ils se situent dans des couloirs de déplacements lacunaires. De tels aménagements permettraient donc de créer de nouvelles connections entre les populations d'amphibiens. Les sites des Sembres et du Moulin Martinet se situant proche de sites de reproduction, ne joueraient pas ce rôle. Par contre y aménager une mare permettrait de densifier les sites déjà existant, rendant ainsi moins vulnérables les populations s'y trouvant. Le Tableau 20 a pour objectif de donner une vision d'ensemble des forces et des faiblesses de chaque site à la lumière des critères énumérés tout au long de ce travail. Les facteurs avec une importance haute ne peuvent être palliés, ceux avec une importance moyenne peuvent l'être mais difficilement et les facteurs avec une importance basse représentent une difficulté supplémentaire à la création du milieu.

Tableau 20: évaluation des parcelles agricoles en vue d'y aménager des plans d'eau

+++ = excellent, ++ = bon, + = moyen, - = problématique

Facteurs	Les Sombres	Béfo	Bombernand	Moulin Martinet	Importance
Volonté des exploitants	+++	+++	+++	+++	Haute
Possibilité de colonisation ¹	+++	+++	+++	+++	
Ensoleillement	-	+++	+++	+	
Connectivité ²	-	+++	+++	-	
Densification des habitats	+++	+++	+++	+++	Moyenne
Perméabilité du territoire ³	++	++	-	+++	
Alimentation en eau	+	+	+++	+	
Proximité des habitats d'hivernage	+++	+++	++	+++	
Présence d'habitats d'estivage	+	-	+++	+++	
Topographie ⁴	+++	+++	+++	-	Basse
Affectation ⁵	-	-	-	+++	
Exploitation ⁶	+	+	+++	+++	
Exposition au vent	++	+++	-	+	

¹ par la rainette verte et le crapaud calamite

² connection de plusieurs plans d'eau supplémentaires

³ couloirs et barrières

⁴ en dépression

⁵ affecté en SDA

⁶ agriculture biologique, extensive ou intensive

Tableau 21: aménagement adapté à chaque parcelle

Localité	Aménagements
Bombernand	Rétention d'eau et remodelage de terrain
Béfo	Imperméabilisation artificielle (réversible)
Les Sombres	Imperméabilisation artificielle (réversible)
Moulin Martinet	Rétention d'eau et remodelage de terrain ou imperméabilisation artificielle (réversible)

« Renforcement du réseau écologique des batraciens du bassin versant du Boiron de Morges (VD)»



Figure 24: les Sembres



Figure 25: le Bombernand



Figure 26: le Béfou, les ravines strient le terrain



Figure 27: le Moulin Martinet

3.6 CONCEPTION DE LA MARE PILOTE

Choix du site

Le SWOT et la visite des terrains démontrent que le site le plus approprié à l'aménagement de la première mare est le Bombernand. En plus des avantages énumérés dans le tableau, la zone est vaste et laisse la possibilité de créer plusieurs aménagements.

3.6.1 Etat initial

Analyse multicritères

Dans la démarche cartographique, le site du Bombernand a été classé en catégorie 5 car le site peut être colonisé naturellement par la rainette verte et le crapaud calamite ; en outre ensoleillé en sud, sud-est. L'alimentation en eau n'avait pas été déterminée par cette approche, la visite sur le terrain a permis de constater son humidité naturelle, haussant ainsi le site en catégorie 4 (Tableau 16).

Analyse du réseau

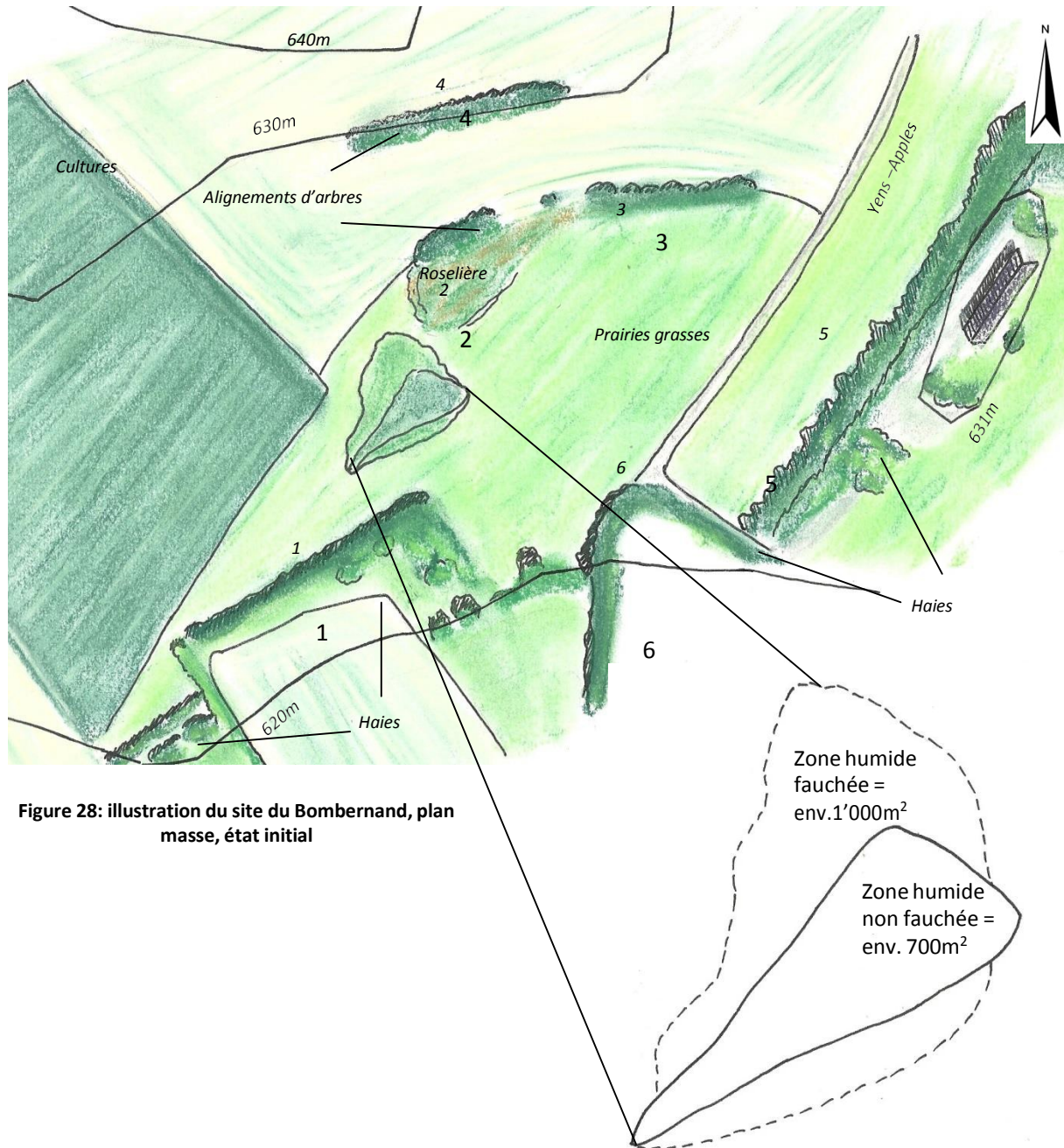
Le site du Bombernand est très bien localisé en termes d'amélioration du réseau écologique : y créer une mare permettrait de connecter de nouvelles populations de rainettes vertes et de crapauds calamites (annexe 25). Il existe cependant un problème, sa situation au sein d'une zone agricole intensive éloignée de la forêt et de la rivière. Les seuls éléments faisant office de couloir écologique sont les alignements d'arbres, les bosquets et les haies (Tableau 22). Concernant la rainette verte, le site pourra être considéré comme connecté à Arborex une fois lié au Moulin Martinet ; et aux Mossières une fois lié aux Sergères ou au Montosset. Pour le crapaud calamite, le site pourra être considéré comme connecté à Arborex une fois lié à Champ-Carroz et aux Mossières une fois lié aux Toches ou à la Sapinière.

Tableau 22: connections depuis le Bombernand

Espèce	Sites environnants	Colonisation possible	Parcours envisageable	Distance (km)	Dénivelé (m)	Part des structures paysagères (km)	Autres surfaces	Obstacles
<i>Hyla arborea</i>	Plommapau		Par le haut via le Bon et les Sembres	1.6	16	0.6	Zone agricole ZA	1 route secondaire - RS
			Par le bas via Chantemerle et les Bâches	2.0		1.0	ZA	1 RS
	Moulin Martinet		Via le Boironnet et le Moulin de St-Livres	3.5	8	2.5	ZA	2 RS 1 rte principale - RP
			Via le Praillon	1.6		0.2	ZA (0.8km) Zone urbaine-ZU (0.6km)	2 RP, 1 RS
Sergères			Par le haut via les Vernes et le Vernay	3.2	13	2.4	ZA	2 RS 1 RP
Montosset			Par le haut via les Vernes et le Vernay	3.2	34	2.4	ZA	2 RS 1 RP
<i>Bufo calamita</i>	Epine		Via les Sembrettes et les Bougeries	2.5	24	1.7	ZA	1 RS
	Champ-Carroz	mais trop de barrières	Via Chantemerle et le Vieux Moty	2.2	-94	1.0	ZA	1 rte nationale 2 chemins de fer (BAM) 1 RS
	Toches		Via Beillat et Passoir	3.8	55	1.8	ZA	2 RP 3 RS
	Sapinière		Via Beillat et Passoir	3.8	25	1.8	ZA	2 RP 3 RS

Description du site :

La dépression humide est située sur une prairie grasse gérée extensivement. Elle est constituée de deux parties entretenues différemment. La végétation de la partie centrale est gardée haute, tandis que celle de la partie externe est fauchée. La zone humide totale correspond à une surface d'environ 1'700m².



La majeure partie des terrains entourant le site sont des grandes cultures et la forêt se situe à plus de 700m. En revanche les habitats terrestres sont nombreux et diversifiés, dans un périmètre de 300m ils représentent plus de 2.7ha et 30 espèces de végétaux. Ils sont donc suffisants pour servir à la fois de site d'hivernage et d'estivage à condition de diversifier les structures existantes (Tableau 23).

Tableau 23: habitats terrestres actuels

N° (figure 31)	Habitat	Espèces présentes	Surface (m ²)
1	Haie	Dominance de <i>Thuja (Thuja occidentalis)</i> , <i>Sambuca nigra</i> , <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Crataegus sp.</i> , <i>Salix sp.</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Rosa canina</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Acer campestre</i> , <i>Rubus sp.</i> , <i>Geranium robertianum</i> ...	6'800
2	Roselière	<i>Phragmites australis</i>	1'400
3	Alignement d'arbres avec Ourlet mésophile	Dominance de <i>Crataegus sp.</i> , <i>Sambuca nigra</i> , <i>Prunus cerasus</i> , <i>Epilobium sp.</i> , <i>Rubus sp.</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Rumex obtusifolius</i> ...	900 Densité : 19 arbres
4	Alignement d'arbres sénescents	<i>Crataegus sp.</i> ...	700 Densité : 15 arbres
5	Haie	<i>Picea abies</i> , <i>Acer campestre</i> , <i>Crataegus sp.</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Corylus avellana</i> ...	10'000
6	Haie	<i>Cornus sanguinea</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Populus tremula</i> , <i>Crataegus sp.</i> , <i>Rosa canina</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Acer campestre</i> , <i>Carpinus betulus</i> ...	7'500



Figure 29: illustration du site, profil

Alimentation en eau :

La zone est continuellement humide à l'exception des périodes estivales sèches. L'exploitant précédent a tenté d'assécher la zone en remblayant la surface avec de la terre mais l'humidité est restée malgré tout. Un carottage de terrain révèle la forte teneur en argile du sol, démontrant l'imperméabilité du sol en surface (Figure 30). Afin de s'assurer que l'humidité est due à la pluie et non à la nappe phréatique qui remonte, le terrain doit être observé après une forte pluie. Si le terrain est inondé immédiatement, alors la pluie est imputée, si le terrain n'est inondé que plus tard alors c'est la nappe qui remonte. Dans ce cas de figure il s'agit d'une alimentation pluviale.



Figure 30: carottage de la partie humide du Bombernand

3.6.2 Etat avec projet

Acteurs du projet :

Exploitant : Cédric Métral, exploitant de la parcelle agricole.

Propriétaire : Anne-Lise Guignard.

Conseil scientifique : karch.

Responsable de projet : la Maison de la Rivière

Espèces visées :

Les espèces visées sont la rainette verte et le crapaud calamite et tout le cortège floristique et faunistique des milieux humides temporaires présent dans la région. Les données de Philippe Tavel révèlent déjà la présence potentielle de la rainette verte et du crapaud calamite dans la roselière. Il préconise de créer une mare peu profonde pour favoriser leur expansion. L'objectif est de densifier l'offre en sites de reproduction pour ces espèces et de parvenir à relier les populations de rainettes vertes de Plommapau dans un premier temps. Dans un deuxième temps, ce sera celles du Moulin Martinet, de Montosset et des Sergères et les populations de crapauds calamites de Champ-Carroz et de l'Épine finalement celle de la Sapinière et des Toches.

Choix de l'aménagement :

Pour considérer le terrain comme imperméable, la couche d'argile doit atteindre 50 à 80cm sous la creuse projetée. L'aménagement à prescrire dans ce genre de cas est le remodelage de terrain. Avant de décider les modalités d'aménagement, des plans de situation (échelle 1:500, 1:1000 ou 1:2000) doivent être établis par un géomètre breveté.

Contraintes identifiées :

La parcelle n'est classée dans aucune zone de protection, mais est affectée en SDA et par ce fait protégée par le service de développement territorial (SDT). Pour un remodelage de terrain aucune autorisation de changement d'affectation ne doit être entreprise.

La zone inondée présente actuellement des communautés de plantes spécialisées dont 3 sont inscrites sur LR selon Infoflora (Tableau 24). La déplantation de ces espèces nécessite l'aval de la DGE.

Tableau 24: plantes protégées du Bombernand (Info Flora, 2010)

Espèce	LR suisse	LR régionale
<i>Carex lepidocarpa</i> Tausch	LC	NT
<i>Chaerophyllum temulum</i> L.	LC	NT
<i>Eleocharis uniglumis</i> (Link) Schult.	NT	VU

Budget:

Les sources de financement sont à définir avec les autorités concernées et les associations prenant part au projet. La contribution OQE réseau pour l'aménagement d'une mare a été évaluée à 10'000CHF. Une demande de financement et de suivi peut également être faite auprès du karch à travers le projet « 1001 étangs »¹⁴ et Pro Natura à travers le projet « cité d'eau »¹⁵. Le canton de Vaud n'a pas encore de projets de création de mares, l'aménagement pilote pourrait lancer sa participation.

Aspects sociaux-légaux

Une convention sur la protection de la nature est généralement passée entre l'exploitant, la commune et le canton concernant les modalités d'entretien. L'accord dure 6 ans après quoi les objectifs sont réévalués¹⁶. La justification de la déplantation de la flore protégée prend ses sources dans l'art. 22 de la LPN stipulant que « l'autorité cantonale compétente peut, à des fins scientifiques, pédagogiques et thérapeutiques, et sur des territoires déterminés, permettre des exceptions pour la récolte et la déplantation de plantes protégées ainsi que pour la capture d'animaux ». La faisabilité du projet se trouve en annexe 26.

3.6.3 Projet de détail

Le projet de détail se trouve à l'état de plan en annexe (27-29). Le projet étant destiné à la rainette verte et au crapaud calamite, les aménagements résultent de la combinaison des exigences écologiques des 2 espèces. Le plan d'eau sera créé avec des pentes et des profondeurs irrégulières afin de convenir à la fois au crapaud calamite qui affectionne les milieux ne dépassant pas les 500m² et la rainette qui nécessite de plus grands espaces.

¹⁴ <http://bit.ly/1pVV35d>, consulté le 5 août 2014

¹⁵ <http://www.pronatura.ch/projet-cites-deau>, consulté le 5 août 2014

¹⁶ <http://www.karch.ch>, consulté le 3 août 2014

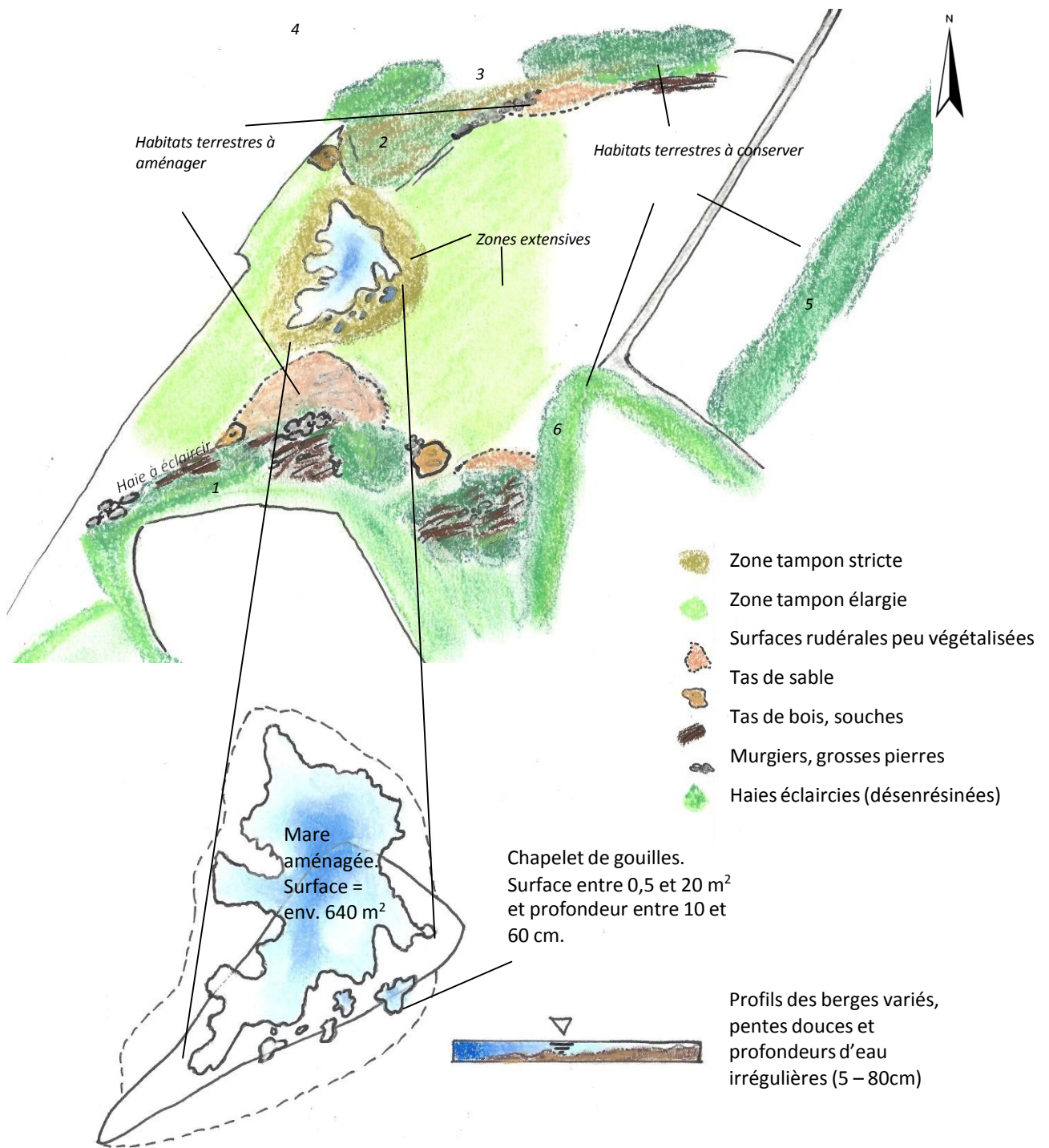


Figure 31: illustration du site du Bombermand, plan masse, état avec projet

Tableau 25: habitat aquatique adapté au Bombernand (Mermod & al., 2010)

Surface	Profondeur	Type de conception	Aspects techniques	Choix des machines
50 - >1000 m ²	10 à 80 cm	Remodelage de terrain.	Passage lorsque le terrain est humide. Compaction à l'aide de passages répétés.	Rétro pelleteuse de 16t à pneu munis d'un godet orientable pour la creuse des gouilles.

Tableau 26: habitats terrestres adaptés au Bombernand

Habitats terrestres existants	Habitats terrestres à créer
Forêts de feuillus, bosquets, mégaphorbiaies, bandes herbeuses, bosquets, haie, ronciers.	Surfaces rudérales faiblement végétalisées (jachères, sols nus), structures refuges bien ensoleillées (sols sableux, murgiers, tas de bois, souches, grosses pierres).

Il est possible d'aménager les habitats terrestres dans les endroits où ils ne compromettent pas l'exploitation de la surface. Les choix de l'emplacement et de la quantité se font donc en collaboration avec l'exploitant. La majeure partie des habitats peuvent être constitués au fil de l'entretien des terrains environnants. Les murgiers composés avec les pierres retirées des champs, les tas de souches et de bois au cours de la coupe des haies et des bosquets. Seul le sable n'étant pas disponible sur le terrain doit être importé. Les estimations des coûts du projet se trouvent en annexe 30.

3.7 ENTRETIENS

Afin de continuer à être considérée dans la SAU, la parcelle doit être exploitée. Elle peut être inscrite en SBP comme « pré à litière ». L'entretien de la mare et des habitats terrestres peut être effectué par l'agriculteur (Pellet & al. 2007). La fréquence d'intervention dépend des conditions locales (Mermod & al. 2010d). Toutefois comme indiqué dans le Tableau 27, il existe un certain nombre de recommandations.

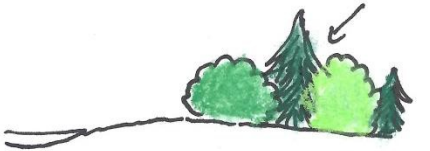



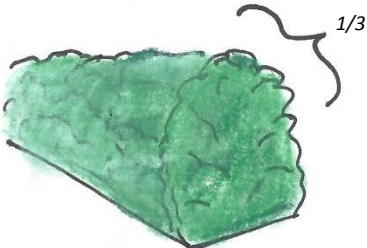
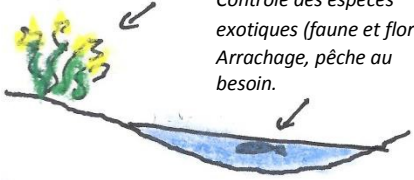
Evaluation des coûts

Les coûts des aménagements aquatiques et terrestres ont été évalués respectivement à 10'300 CHF TTC (annexe 31) et près de 65'000 pour l'entretien courant sur 10 ans.



Figure 32: habitats terrestres présents au Bombernand

Tableau 27: notice d'entretien (Pellet & Amstutz, 2013; Mermod & al., 2010)

Entretien	Fréquence	Période	Complément
<p>Eclaircissage des haies, coupe de résineux</p> 	-	Au début du projet	
<p>Mise en place des habitats terrestres (murgiers, tas de bois).</p> 	-	Au fil de l'exploitation.	Eviter de « nettoyer » les haies et les alignements d'arbres.
<p>Pâturage ou fauche des herbages.</p> 	1x/1-3 ans. Règle de la « gestion en biotopes tournants », entretien d'1/3 de la surface à chaque fois.	Dès le 1 ^{er} septembre.	Coupe à la motofaucheuse et non au conditionneur ou à l'épareuse qui sont trop dommageables pour la faune. Hauteur de coupe à 12 cm minimum. Le produit de fauche doit être exporté.
<p>Entretien du plan d'eau.</p> 	Fauche : 1x/3-10 ans. Règle de la « gestion en biotopes tournants », entretien de 2/3 de la surface.	Entre octobre et janvier.	Curage si nécessaire. Le substrat peut être utilisé pour les structures refuge.
<p>Entretien des haies</p> 	1x/3-5 ans. Règle de la « gestion en biotopes tournants ».	Entre mi-juin et fin août.	Laisser les branches au sol.
<p>Contrôle des espèces exotiques (faune et flore). Arrachage, pêche au besoin.</p> 	1x/2 ans	Au printemps.	Mettre les plantes en décharge.

4. DISCUSSION

Inventaire des sites potentiels

Même si la recherche de milieux aquatiques s'est faite avec le plus de rigueur possible, il n'est pas à exclure d'avoir manqué des sites de reproductions des batraciens dans le bassin versant. D'autant plus que la majeure partie d'entre eux ont une forte variabilité hydrique, pouvant s'assécher et se remettre en eau durant un laps de temps très court. La troisième visite en juin a d'ailleurs été marquée par l'assèchement des zones humide de la Chaux-Devant et en partie du Paudex. Pour la suite du projet il est important de collecter toutes les informations sur des zones humides non encore connues.

Il est à noter que la majeure partie des plans d'eau inventoriés se trouvent en situation forestière : ils sont donc soumis à un ombrage constant et une accumulation de matière organique importante. Ces conditions peuvent convenir à plusieurs espèces d'amphibiens majoritairement communes comme la grenouille rousse mais pas aux espèces-cibles qui ont besoin de milieux plus ouverts et pionniers. Dans certains cas de figure comme sur le bas marais du Paudex, ces conditions peuvent être créées facilement en curant certains plans d'eau en phase d'atterrissement. Les carrières ou gravières en cours ou fin d'exploitation représentent également des milieux précieux pour les amphibiens menacés. La gravière de la Caroline aurait pu représenter un milieu favorable si elle n'avait pas été intégralement remblayée et drainées, d'où l'importance de passer un contrat nature avec les exploitants.

Inventaire des batraciens

La combinaison de toutes les méthodes d'inventaires et les trois visites consécutives s'est révélée pertinente pour faire la présence-absence des espèces d'amphibiens et avoir une idée de leur densité. La majeure partie des espèces a en effet été observée les trois fois consécutives. La rainette verte a par exemple été entendu tout de suite et les trois fois, les pontes ont été aussi été trouvées les trois fois et des individus ont été observés la troisième fois, il aurait donc été difficile de ne pas remarquer sa présence. Les méthodes se révèlent par contre intrusives. Beaucoup de plans d'eau sont très grands ou turbides, ils nécessitent donc de marcher sur le fond et de donner des coups de filet aléatoirement, les milieux impactées sont donc brassés et les espèces s'y trouvant perturbées. La puissance de la lampe torche peut également impacter les individus si elle n'est pas adaptée au moment de la capture.

L'inventaire ayant été basé sur l'écologie des espèces-cibles (site et période de reproduction), si certaines espèces n'ont pas observées durant la campagne comme le crapaud commun ou le sonneur à ventre jaune, cela ne signifie pas qu'elles ne sont pas présentes dans la région mais que la période et le choix du site ne leur correspondait pas forcément. Les raisons pour lesquelles ni le crapaud calamite, le triton crêté ou l'alyte accoucheur n'ont été recensés sont sûrement multiples : les sites inventoriés ne correspondaient pas à leur écologie ; ce sont des espèces extrêmement étudiées par le karch ou Pro Natura, et leur présence sur un site leur échappe rarement et pour finir le triton crêté a été observé sur un site seulement dans toute la région et l'alyte sur trois seulement, ce qui démontre leur grande rareté. Effectuer les inventaires sur des sites où la présence d'espèces « en danger » était peu probable a par contre permis d'inventorier le triton palmé qui est une espèce « vulnérable ». Etant présent en grand nombre dans les sites situés en aval du bassin versant, des actions peuvent être menées dans les environs pour le favoriser à long terme.

Identification des sites favorables à l'aménagement de mares et analyse du réseau

Le travail cartographique est intéressant car il permet d'obtenir une vision globale du territoire, il est par contre théorique et ne peut remplacer une approche de terrain. La couche « occupation du sol » est grossière. Les haies denses peuvent servir d'habitat d'hivernage aux amphibiens mais elles ne sont pas intégrées dans la couche « forêt », les zones présentes dans le périmètre alentour sont donc exclues. Les couches sur l'imperméabilité du sol, les dépressions et le réseau hydrographique historique ne suffisent pas à connaître le potentiel d'alimentation en eau des sites, qui ne pourra être connu qu'en effectuant une fosse.

La carte du réseau écologique est basée sur les déplacements théoriques des amphibiens, la topographie n'est pas intégrée et il est difficile à l'échelle d'une carte de repérer des barrières pouvant se révéler insurmontables pour les amphibiens. A terme ces déplacements peuvent être étudiés et les échanges entre les populations appréhendés.

L'un des paramètres déterminants à l'aménagement d'un plan d'eau est la volonté des propriétaires, exploitants ou communes à le réaliser. Ce facteur ne transparaît évidemment pas dans les cartes mais constitue la suite du travail.

La création de mares temporaires sur les sites identifiés est importante mais ne suffit pas à constituer un réseau écologique. Elle doit impérativement s'accompagner d'un travail global sur les corridors biologiques et la création de structures paysagères propres à permettre le déplacement des amphibiens sur les territoires. Cette réflexion étant menée par le projet OQE réseau, la suite du travail devra se faire en étroite collaboration avec le bureau Maillefer et Hunziker. Dans un premier temps tous les agriculteurs dont les sites présentent des problèmes d'inondations et qui semblent favorables aux espèces-cibles peuvent être abordés pour y créer un aménagement. Puis les sites privés ou communaux pourront également faire l'objet de recherches. Créer une mare sur le Swingolf de Lavigny par exemple, permettrait de favoriser la rainette, le crapaud calamite et le triton crêté, rendant les populations moins vulnérables face aux sécheresses estivales précoces.

Conception de la mare pilote

L'avantage du choix du Bombernand comme site d'aménagement de la future mare est la volonté de l'agriculteur de voir naître le projet et le fait qu'il sera la personne à entretenir le milieu. La naissance de la mare pilote dépendra des autorisations accordées mais toutes les conditions sont réunies pour que le projet puisse aboutir.

Les plans et coupes réalisés dans ce travail concernant les modalités d'aménagement de la mare et des habitats terrestres sont à prendre comme schémas de principes. L'important est de respecter les paramètres morphologiques souhaités pour le plan d'eau et surtout de lui donner le plus de diversité possible. Cette mission reviendra au machiniste. Il est en général conseillé de se trouver sur place au moment des travaux pour expliquer le résultat escompté au machiniste et cette recherche « d'irrégularité ». L'aménagement de la mare peut être la bonne occasion de sensibiliser le public aux enjeux actuels liés aux amphibiens à travers la réalisation des petits aménagements comme les murs, les tas de bois ou les gouilles par exemple. L'école de Yens pourrait être contactée afin de voir si un module sur la nature et les amphibiens ne pourrait pas être intégré au programme avec comme apport pratique le suivi du projet.

5. SYNTHÈSE

Le travail mené sur les amphibiens du bassin versant du Boiron de Morges a permis d'arriver aux conclusions suivantes :

- Le territoire s'est asséché durant le siècle dernier et le BV a perdu ces plus grandes zones de Marais et 45% de ces rivières.
- Le réseau des zones humides disparues représentent toujours un potentiel humide à l'heure actuelle.
- 9 espèces ou complexes d'espèces sont présents sur le bassin versant du Boiron de Morges dont 5 sont classés avec le statut « en danger » sur la Liste rouge suisse.
- Les populations sont localisées sur 17 sites de reproduction à travers le BV. Les espèces-cibles sont quant à elles principalement circonscrites au centre du BV.
- Les sites d'Arborex et des Mossières, classés à l'IBN représentent les plus importantes sources de dispersion des populations.
- Un projet d'OQE réseau a été développée dans la région de Yens et la volonté politique existe de mettre en œuvre des actions pour les amphibiens de la région.
- La rainette verte est l'espèce-cible dont les effectifs sont les plus grands et le nombre de sites occupés dans la région le plus important (18), vient ensuite le crapaud calamite (10).
- L'alyte accoucheur n'est présent que sur 3 sites et il n'y a pas de possibilité de connexion entre les populations. Le triton crêté n'est présent que sur un site.
- 12 populations de rainettes vertes sont liées, tandis que maximum 3 populations de crapaud calamite le sont.
- Il est possible de favoriser 3 espèces-cibles sur un même site, la rainette verte, le crapaud calamite et le triton crêté ou l'alyte accoucheur.
- Beaucoup de zones se prêtent à l'aménagement d'une mare pour la rainette verte et le crapaud calamite.
- Des agriculteurs rencontrent des problèmes d'eau sur leur parcelle et souhaitent y aménager une mare. 4 d'entre eux ont été contactés et 3 terrains se prêtent à l'aménagement d'un plan d'eau pour les espèces-cibles. 1 des sites est en revanche trop ombragé.
- L'aménagement d'une mare sur la parcelle du Bombernand et du Béfou permettrait de connecter de nouvelles populations de rainette verte et de crapaud calamite.
- La parcelle du Bombernand se prête facilement à l'aménagement d'un plan d'eau car elle est alimentée en eau, située dans une dépression, exposée en plein sud et entourée de structures paysagères variées. L'agriculteur pourrait assurer l'entretien.
- La création du plan d'eau pourrait se faire en collaboration avec la Maison de la Rivière, le karch, Pro Natura et la commune de Yens.
- Le projet pourrait prendre une forme pédagogique et son suivi proposé dans les écoles de la région.

6. CONCLUSION

L'analyse du réseau écologique des batraciens du bassin versant du Boiron de Morges permet de démontrer le fort potentiel de la région en termes de conservation des amphibiens. Le territoire abrite en effet plus de la moitié des espèces d'amphibiens du pays dont cinq sont menacées, l'une des six plus grandes populations de rainettes vertes ainsi que deux sites de reproduction d'importance nationale. On constate en revanche, que les effectifs de certaines espèces menacées comme l'alyte accoucheur et le triton crêté sont faibles et qu'aucun échange entre les individus n'est possible. Même chez les espèces dont les effectifs sont plus importants, comme le crapaud calamite ou la rainette verte, certaines populations restent isolées.

L'action principale à mener pour favoriser ces espèces, est de créer des mares temporaires leur servant de site de reproduction. Les zones à privilégier requièrent d'être colonisables naturellement par les individus, de se trouver dans un axe de liaison lacunaire et de correspondre à l'écologie des espèces visées. Les aménagements doivent également s'intégrer au contexte anthropique qui est ici dominé par des terres agricoles.

Il existe à l'heure actuelle, une volonté politique fédérale et cantonale forte de protéger les espèces menacées à travers la création de réseaux. Pro Natura et le karch encouragent vivement de créer des milieux humides en fournissant des conseils et en allouant des budgets.

En parallèle, des agriculteurs font face à des problèmes d'inondations sur leurs parcelles. Une mare temporaire a donc été conçue dans le cadre de ce travail pour la rainette verte et le crapaud calamite sur une parcelle agricole régulièrement inondée.

L'objectif à termes est d'aménager suffisamment de milieux humides pour permettre à toutes les populations d'être connectées les unes aux autres.

7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Sources écrites

- Alford A., Richards J. 1999. Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 30(1):133–65
- ATL. 2007. L'Echo des truites Bulletin de l'Association Truite – Léman, n°7
- Berthoud G, Perret-Gentil C. 1976. *Les Lieux humides et les batraciens du canton de Vaud*. Lausanne, 188p.
- Blaustein A. R, Kiesecker M. 2002. *Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations*. *Ecol. Lett.* 5(4):597–608
- Bühler C, Cigler H, Lippuner M, Zumbach S. 2007. Fauna helvetica 18. Larves d'amphibiens. Détermination
- Collinson H, Biggs J, Corfield A, Hodson J, Walker D, & al. 1995. *Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities*. *Biol. Conserv.* 74(2):125–33
- Cushman A. 2006. *Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus*. *Biol. Conserv.* 128(2):231–40
- Dejean T, Miaud C, Ouellet M. 2010. *La chytridiomycose: une maladie émergente des amphibiens*. 134 : 27-46, France
- Delarze R, BEB SA - Bureau d'études biologiques. 2012. *Réseau Ecologique-Analyse au niveau cantonal (REC-VD)*. Service des forêts, de la faune et de la Nature Centre de conservation de la nature 67p.
- Delarze R, Gonseth Y, Galland P. 2008. *Guide des milieux naturels de Suisse : écologie, menaces, espèces caractéristiques*. Bussigny 424p.
- Derron M. 1992. *Le Marais du Paudex* (commune de Yens VD) Evolution de la flore et de la végétation entre 1977 et 1988. Bulletin du Cercle Vaudois de Botanique N°21, Université de Lausanne p. 59-84
- Direction Générale de l'Environnement (DGE), DIREV - Protection des Eaux. 2012. *De source sûre. La qualité des cours d'eau vaudois*.
- Duguet R, Melki F, all. 2003. Les amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. ACEMAV, Mèze 480p.
- Heyer W. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Washington etc: Smithsonian Institution Press 364p.
- Hill D. 2005. *Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring*. Cambridge University Press
- karch. 2012. BIOP Wirkungskontrolle Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung, Anleitung zur Feldarbeit 2012 6p.
- Maillefer & Hunziker Bureau d'étude Environnement - SIG. date inconnue. *Création de plans d'eau temporaires pour la rainette verte*. Yverdon-les-Bains 8p.
- Malcotti E. 2008. *Proposition de méthodes d'échantillonnage des amphibiens pour évaluer la biodiversité des étangs de la Dombes (France, Ain)*. Thèse de bachelor. hepia 53p.

Marsh D, Trenham P. 2000. *Metapopulation Dynamics and Amphibian Conservation*. Department of Biology, Washington and Lee University, Lexington, Duluth, USA

Mermod M, Zumbach S, Aebischer A, Leu T, Lippuner M, Schmidt S. 2010a. *Notice pratique pour la conservation du crapaud calamite *Bufo calamita**. karch, Neuchâtel 21p.

Mermod M, Zumbach S, Borgula A, Krummenacher E, Lüscher B, et al. 2010b. *Notice pratique pour la conservation du sonneur à ventre jaune *Bombina variegata**. karch, Neuchâtel 26p.

Mermod M, Zumbach S, Borgula A, Lüscher B, Pellet J, Schmidt B. 2010c. *Notice pratique pour la conservation du crapaud accoucheur *Alytes obstetricans**. karch, Neuchâtel 25p.

Mermod M, Zumbach S, Lippuner M, Pellet J, Schmidt B. 2010d. *Notice pratique pour la conservation de la rainette verte et de la rainette italienne *Hyla arborea* & *Hyla intermedia**. karch, Neuchâtel 23p.

Mermod M, Zumbach S, Pellet J, Schmidt B. 2010e. *Notice pratique pour la conservation du triton crêté *Triturus cristatus* & *T. carnifex* et du triton lobé *Lissotriton vulgaris**. karch, Neuchâtel 24p.

Métraux B. 2013. *Surfaces d'assèchement*. Département de l'intérieur, Services du développement territorial, Canton de Vaud

Meyer A, Fallot P. 2009. *Les amphibiens et les reptiles de Suisse*. Bern: Haupt Verlag 336p.

Miaud C, Muratet J. 2004. *Identifier les oeufs et les larves des amphibiens de France*. Paris: Institut national de la recherche agronomique. Quae ed.200p.

Neet C, Naceur N. 2000. *Liste Rouge VD, espèces animales menacées d'extinction du canton de Vaud*. Etat de Vaud, Centre de conservation de la faune et de la nature, St-Sulpice 20p.

Nöllert A., Nöllert C. 2003. *Guide des amphibiens d'Europe : biologie, identification, répartition*. Lonay: Delachaux et Niestlé 383p.

Oertli B, Frossard P-A. 2013. *Mares et étangs : écologie, gestion, aménagement et valorisation*. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes 480p.

Ouellet M, Assels A. 2007. *Principes de conservation et d'aménagement des habitats des amphibiens revue de littérature et recommandations suggérées pour la rainette faux-grillon de l'ouest (*Pseudacris triseriata*)*. Québec: Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

Pellet J, Amstutz R. 2013. *Réaliser des plans d'eau temporaires pour les amphibiens menacés*. Contribution à la protection de la nature en Suisse. 36/2013, Pro Natura, Bâle 35p.

Pellet J, Fleishman E, Dobkin D, Gander A, Murphy D. 2007. *An empirical evaluation of the area and isolation paradigm of metapopulation dynamics*. Biol. Conserv. 136(3):483–95

Pellet J, Guisan A, Perrin N. 2004a. *A Concentric Analysis of Urbanization on the Threatened European Tree Frog in an Agricultural Landscape*. University of Lausanne 8p.

Pellet J, Hoehn S, Perrin N. 2004b. *Multiscale determinants of tree frog (*Hyla arborea* L.) calling ponds in western Switzerland*. Biodivers. Conserv. 13(12):2227–35

Zanini F. 2006. *Amphibian conservation in human shaped environments : landscape dynamics, habitat modeling and metapopulation analyses*. Lausanne

Zumbach A, Ryser J. année inconnue. *Aménagement d'un étang*. karch, lieu inconnu

Autres sources d'information

Textes législatifs

Fédéraux:

Schmidt B., and Zumbach S. (2005). Liste Rouge des amphibiens menacés en Suisse (Berne : OFEFP, Karch).

451 Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN) du 1^{er} juillet 1966 (Etat le 1^{er} octobre 2013). Source : RO 1966 1694. 24 p.

814.20 Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991 (Etat le 1^{er} janvier 2011). Source : RO 1992 1860. 34p.

700 Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) du 22 juin 1979 (Etat le 1^{er} mai 2014) source : RO2014 899; FF 2010 959)

910.13 Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture (OPD) du 23 octobre 2013 (Etat le 1^{er} janvier 2014). Source : RO 2013 4145. 110p.

451.1 Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPN) du 16 janvier 1991 (Etat le 1^{er} janvier 2014). Source : RO 1991 249. 30 p.

451.34 Ordonnance sur la protection des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale (OBat) du 15 juin 2001 (Etat le 1^{er} février 2010). Source : RO 2001 2273. 12 p.

451.33 Ordonnance sur la protection des bas-marais d'importance nationale du 7 septembre 1994 (Etat le 1^{er} janvier 2014). Source : RS 1 3, RO 1988 352. 40p.

451.36 Ordonnance sur les parcs d'importance nationale (Oparcs) du 7 novembre 2007 (Etat le 1^{er} janvier 2008). Source : RO 2007 5823.

OFEV 2011 : Liste des espèces prioritaires au niveau national, état 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1103 : 132 p.

OFEV et OFAG 2008 : Objectifs environnementaux pour l'agriculture. A partir de bases légales existantes. Connaissance de l'environnement n° 0820. Office fédéral de l'environnement, Berne : 221 p.

Cantonaux :

700.11.1 Règlement d'application de la loi du 4 décembre 1985 sur l'aménagement du territoire et les constructions (RLATC) du 19 septembre 1986, 28 p.

Neet C., and Naceur N. (2000). Liste Rouge VD, espèces animales menacées d'extinction du canton de Vaud (St-Sulpice : Etat de Vaud, Centre de conservation de la faune et de la nature).

Mise en réseau selon l'Ordonnance sur la qualité écologique (OQE). Directives vaudoises pour l'élaboration des projets. Canton de Vaud. Octobre 2004. Morges. 32p.

Plan directeur cantonal, entrée en vigueur le 15 juin 2013. Canton de Vaud. 411 p.

Espèces prioritaires du canton de Vaud, date et auteurs inconnu.

Sources internet :

<http://www.karch.ch/>, consulté le 5 avril 2014

<http://www.maisondelariviere.ch/>, consulté le 15 mars 2014

<http://map.admin.ch/>, consulté le 2 mars 2014

http://map.geo.admin.ch/?zoom=4&X=146348.65&Y=540279.39&layers_indices=5&lang=fr&topic=ec&h&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers=ch.swisstopo.hiks-siegfried, consulté le 10 mars 2014

<http://www.geoplanet.vd.ch/>, consulté le 5 mars 2014

<http://www.geoplanet.vd.ch/pdcn/index.php>, consulté le 5 mars 2014

<http://www.oqe.ch/>, consulté le 20 février 2014

<http://www.vd.ch>, consulté le 1^{er} avril 2014

<http://www.vd.ch/themes/environnement/faune-et-nature/>, consulté le 1^{er} mars 2014

<http://www.vd.ch/autorites/departements/decs/agriculture/>, consulté le 5 mars 2014

<http://www.vd.ch/themes/environnement/faune-et-nature/nature-et-paysage/reseau-ecologique-rec/>, consulté le 5 mars 2014

<http://www.pronatura.ch/news-reader-mc-franzoesisch-vollstaendig/items/pro-natura-amenage-plus-de-100-nouvelles-mares-et-appelle-les-communes-romandes-en-renfort>, consulté le 5 avril 2014

<http://www.bafu.admin.ch>, consulté le 7 avril 2014

<http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/umwelt/12035/12050/index.html?lang=fr>, consulté le 7 avril 2014

<https://www.bd-maps.eu/>, consulté le 13 avril 2014

<http://campus.hesge.ch/epcn/publications-ponds.asp>, consulté le 3 juin 2014

<http://www.futura-sciences.com>, consulté le 17 juin 2014

http://www.meteoswiss.admin.ch/web/fr/climat/climat_en_suisse/tableaux_des_normes/direction_vent.html, consulté le 25 juin 2014

<http://www.agriculture.ch/fr/infos/plantes/cereales/>, consulté le 19 juillet 2014

<http://www.sgtuffiere.ch/sables-et-graviers-tuffiere-sa.html>, consulté le 4 août 2014

« Renforcement du réseau écologique des batraciens du bassin versant du Boiron de Morges (VD) »

Communications personnelles :

Jérôme Pellet : entretiens et communication de janvier à juillet 2014

Philippe Tavel : rencontre du 8 mai 2014.

Alexandre Maillefer : rencontre du 8 juillet 2014

Walter Frei : téléphone du 23 juillet 2014

Crédits photographiques :

Les images qui n'ont pas de source dans le texte sont des photographies personnelle

