

**Étude télémétrique de l'utilisation de l'habitat et des préférences  
thermiques de la couleuvre vipérine (*Natrix maura*) et de la  
couleuvre tessellée (*Natrix tessellata*), proposition de mesures de  
gestion et d'aménagements favorisant *Natrix maura* dans la  
région Lémanique du Lavaux**



Thèse de Bachelor présentée par

**Luc Rebetez**

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

Août 2011

Conseiller scientifique

**M. Sylvain Ursenbacher**

Représentant hepia

**M. Claude Fischer**

Responsable de la filière  
Gestion de la Nature

**M. Patrice Prunier**

## Remerciements

Il me tient à cœur de remercier tout particulièrement **Sylvain Ursenbacher** pour m'avoir permis de faire ce travail. Son soutien, ses nombreux conseils avisés, sa disponibilité ainsi que sa sympathie m'ont porté dans ma tâche.

Je désire aussi remercier chaleureusement les personnes qui ont contribué à ce travail :

- **Jessica Gull** pour avoir pratiqué les implantations des émetteurs, ainsi que pour son implication dans le suivi sanitaire post-implantatoire.
- **Claude Fischer** pour l'encadrement de ce travail à l'hepia.
- **Alain Dubois** pour son aide à l'utilisation du logiciel ArcGis.
- **Pierre-André et Mirosława Rebetz** pour leur relecture attentive.
- **Annick Aeberhard** pour son soutien.

## Glossaire

**Climax** : Stade d'évolution ultime des écosystèmes caractérisé par une couverture arborée dense. État optimal d'équilibre écologique en l'absence de tout bouleversement.

**Domaine vital** : Superficie géographique où un animal exerce des déplacements ordinaires. Les migrations et déplacements exceptionnels ne sont pas comptés dans le domaine vital.

**Dynamique naturelle de renouvellement** : Succession d'événements qui bouleversent un écosystème à un stade évolué et le ramène à un stade pionnier.

**Espèce** : Groupe naturel d'individus descendant les uns des autres, caractérisés par de fortes ressemblances génétiques, morphologiques, physiologiques et par leur interfécondité.

**Fitness** : Concept en théorie de l'évolution qui décrit la valeur adaptative d'un individu, d'une population ou d'une espèce.

**Habitat** : Milieu caractérisé par un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques, propre à la vie d'une espèce animale ou végétale.

**Monitoring** : Activité qui consiste à suivre l'évolution d'un sujet dynamique en temps réel.

**Néophyte naturalisée** : Espèce de plante introduite qui s'adapte aux conditions écologiques du lieu d'introduction jusqu'à s'y reproduire.

**Niche trophique** : Utilisation globale qu'une espèce fait des ressources alimentaires de son milieu.

**Station** : Espace géographiquement limité défini par l'uniformité de ses facteurs écologiques.

Sources : connaissances personnelles, Le Petit Robert 2011, Wikipedia

# Index

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Contexte et problématique.....</b>	<b>2</b>
2.1	<i>Problématique .....</i>	2
2.2	<i>Secteur d'étude .....</i>	3
2.3	<i>Espèces.....</i>	3
2.4	<i>Compétition .....</i>	6
2.5	<i>Objectifs.....</i>	7
<b>3</b>	<b>Méthode.....</b>	<b>7</b>
3.1	<i>Capture et marquage .....</i>	8
3.2	<i>Critères de définition des habitats .....</i>	10
3.3	<i>Protocole .....</i>	12
3.4	<i>Relevés.....</i>	13
3.5	<i>Matériel.....</i>	15
3.6	<i>Traitement statistique .....</i>	16
<b>4</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>17</b>
4.1	<i>Température .....</i>	17
4.2	<i>Critères environnementaux .....</i>	18
4.3	<i>Critères stationnels.....</i>	23
4.4	<i>Espèces végétales .....</i>	27
4.5	<i>Domaines vitaux.....</i>	29
<b>5</b>	<b>Synthèse et discussion des résultats .....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Propositions de mesures de conservation de la vipérine.....</b>	<b>32</b>
6.1	<i>Protection et gestion adéquate des habitats favorables .....</i>	33
6.2	<i>Maintien des campagnes d'avulsion .....</i>	34
6.3	<i>Communication et sensibilisation .....</i>	34
6.4	<i>Considération de la vipérine dans les aménagements et chantiers futurs.....</i>	35
<b>7</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>38</b>
8.1	<i>Communications personnelles : .....</i>	39
8.2	<i>Sites internet.....</i>	39
<b>9</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>40</b>

## Table des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Comparaison des différences et similarités entre couleuvre vipérine et couleuvre tessellée.....	6
<b>Tableau 2</b> : Poids de capture et relâche des individus.....	9
<b>Tableau 3</b> : Répartition du nombre de relevés en fonction des espèces et des individus .....	13
<b>Tableau 4</b> : Proportion des relevés en fonction du temps atmosphérique. ....	14
<b>Tableau 5</b> : Relations de côtoiement significatif entre espèces étudiées et espèces végétales.	28
<b>Tableau 6</b> : Surface des domaines vitaux par individu.....	29
<b>Tableau 7</b> : Synthèse des résultats significatifs retenus, comparaison des préférences entre vipérine et tessellée. ....	30

## Table des graphiques

<b>Graphique 1</b> : Comparaison des températures corporelles. ....	17
<b>Graphique 2</b> : Comparaison de préférence de densité d'anfractuosités. ....	19
<b>Graphique 3</b> : Comparaison des préférences de substrat immergé de diamètre supérieur à 50cm, le résultat est fortement influencé par 594 (v). ....	20
<b>Graphique 4</b> : Comparaison des préférences de recouvrement du substrat immergé de diamètre inférieur à 2cm.....	21
<b>Graphique 5</b> : Comparaison de préférence de recouvrement en végétation de type buissonnante de hauteur inférieure à 3m.....	22
<b>Graphique 6</b> : Comparaison des différences de résidence en termes d'altitude. ....	23
<b>Graphique 7</b> : Comparaison des préférences en matière d'orientation de la station .....	24
<b>Graphique 8</b> : Comparaison en matière de préférence de pente de la station .....	25
<b>Graphique 9</b> : Comparaison des valeurs Landolt pour l'indice d'humidité de station. ....	25
<b>Graphique 10</b> : Comparaison des valeurs Landolt pour l'indice nitrophile de station. ....	26
<b>Graphique 11</b> : Comparaison des valeurs Landolt pour l'indice de continentalité de station. ....	27

## Table des figures

<b>Figure 1</b> : Répartition de la couleuvre vipérine en Suisse (MEYER A. & al 2009).....	2
<b>Figure 2</b> : Répartition de la couleuvre tessellée en Suisse (MEYER A. & al 2009) .....	2
<b>Figure 3</b> : Couleuvre vipérine .....	3
<b>Figure 4</b> : Couleuvre tessellée.....	4
<b>Figure 5</b> : Comparaison des écailles de la tête (ARNOLD N., OVENDEN D., 2002) .....	5
<b>Figure 6</b> : Mise en évidence de la blessure constatée sur l'individu vipérine 443. ....	9
<b>Figure 7</b> : Cicatrisation de l'ouverture d'implantation de l'individu vipérine 422.....	10
<b>Figure 8</b> : Traces d'usure sur les écailles ventrales juste sous l'émetteur.....	10

## Table des annexes

<b>Annexe 1</b> : <i>Carte de situation générale</i> .....	1
<b>Annexe 2</b> : <i>Procédure de calibration des émetteurs et courbes de régression</i> .....	2
<b>Annexe 3</b> : <i>Procédure d'implantation</i> .....	3
<b>Annexe 4</b> : <i>Conditions de détention</i> .....	4
<b>Annexe 5</b> : <i>Protocole de relevé recto et verso</i> .....	5
<b>Annexe 6</b> : <i>Saisie des températures corporelles</i> .....	6
<b>Annexe 7</b> : <i>Photographies du matériel</i> .....	7
<b>Annexe 8</b> : <i>Fiche technique du constructeur de l'émetteur</i> .....	8
<b>Annexe 9</b> : <i>Correspondance des catégories relevées et catégories d'analyse</i> .....	9
<b>Annexe 10</b> : <i>Tableaux des résultats statistiques des variables environnementales</i> .....	10
<b>Annexe 11</b> : <i>Tableau des résultats statistiques des variables stationnelles</i> .....	11
<b>Annexe 12</b> : <i>Liste des espèces végétales déterminées et leurs coefficients Landolt</i> .....	12
<b>Annexe 13</b> : <i>Répartition des espèces végétales par espèce de couleuvre</i> .....	13
<b>Annexe 14</b> : <i>Tableau de récapitulation des critères retenus et éliminés</i> .....	14
<b>Annexe 15</b> : <i>Carte des localisations et des domaines vitaux</i> .....	15
<b>Annexe 16</b> : <i>Carte des localisations et des domaines vitaux, agrandissement secteur Epesses</i>	16
<b>Annexe 17</b> : <i>Planning indicatif des périodes d'intervention</i> .....	17
<b>Annexe 18</b> : <i>Aménagement annexe type</i> .....	18

## Résumé

Les reptiles connaissent des temps difficiles. En effet, en Suisse plus des trois quarts sont répertoriés sur la Liste Rouge des espèces en danger. Dans ce contexte, des efforts de conservation sont mis en œuvre. La couleuvre vipérine (*Natrix maura* LINAEUS, 1758) fait partie des espèces cibles dont un effort de conservation est en place.

Les couleuvres tessellées (*Natrix tessellata* LAURENTI, 1768) et vipérines sont toutes deux présentes sur le site riverain entre Epesses et Treytorrens dans le Lavaux. Ces deux espèces de serpents sont écologiquement proches et semblent partager la même niche trophique. La couleuvre tessellée, espèce introduite, semble être une meilleure compétitrice et exerce une pression sur la population de couleuvres vipérines. Si rien n'est entrepris, on peut craindre que cette dernière disparaisse du site de Lavaux.

Dans l'objectif de préserver cette population de couleuvre vipérine, une comparaison d'utilisation de l'habitat entre couleuvres tessellées et vipérines peut mener à des solutions de gestion et des propositions d'aménagements favorisant l'espèce autochtone.

Ce travail s'est attaché à effectuer des relevés de critères environnementaux, stationnels ainsi que thermiques de 5 couleuvres tessellées et 3 couleuvres vipérines, durant 7 semaines de mai à juin 2011. Ces serpents ont été suivis par télémétrie grâce à un émetteur implanté dans chacun des sujets. Les relevés ont suivi un protocole développé spécialement pour cette recherche. À la fin de l'étude, 595 relevés ont fourni tout un corpus de données. L'essentiel de ces données seront ensuite analysées par un test statistique ANOVA, accompagné d'un test post Hoc de Tukey.

Les résultats ainsi obtenus ne mettent pas en avant de différences flagrantes d'utilisation des habitats, ni de différences de comportement thermique. Cependant, un certain nombre de tendances sont observées. La couleuvre tessellée affectionne les stations plutôt continentales, supporte des pentes relativement raides, orientées Sud et comportant une certaine couverture de végétation arbustive. Elle semble, de plus, pouvoir se contenter d'habitats minéraux colmatés. La couleuvre vipérine affectionne quant à elle les stations plus humides et nitrophiles et d'orientation Sud-Ouest. Les surfaces minérales doivent comporter des anfractuosités pour être favorables à la vipérine.

Sur cette base, des aménagements et des techniques de gestion ont été proposés afin de favoriser la couleuvre vipérine. La poursuite de l'extraction des tessellées du site, la sensibilisation du public, la gestion des habitats et la prise en compte de la couleuvre vipérine dans tout projet de chantier en font partie.

# 1 Introduction

En Suisse, les reptiles sont particulièrement menacés. En effet, selon MONNEY & MEYER (2005), « sur les 19 taxons présents en Suisse, 79% figurent sur la Liste Rouge des espèces menacées ». Ils ajoutent que l'évolution entre 1994 et 2005 démontre que le statut des espèces concernées n'a, non seulement pas changé, mais au contraire la situation des espèces de plaine continue à se dégrader. Si actuellement des mesures visant à améliorer l'état des populations de reptiles tentent d'infléchir cette tendance, ces interventions ne permettent pas d'observer une amélioration notable des populations visées.

Les causes du déclin des reptiles sont nombreuses et peut-être pas encore toutes connues ou documentées. Toutefois une évidence s'impose, la disparition et la fragmentation des habitats des reptiles sont les principales raisons d'extinction des populations. En effet, l'essentiel des causes de pression sur les populations de reptiles sont imputables aux activités d'origine anthropique. Ainsi, l'aménagement et l'exploitation du territoire et des ressources nécessaires au bon déroulement d'activités sociales et économiques occasionnent des impacts négatifs sur les écosystèmes naturels. Cela induit des conséquences négatives directes ou indirectes sur les espèces végétales et animales naturellement présentes sur les sites en question et éventuellement sur les sites voisins connectés.

Un exemple supplémentaire de perturbation des écosystèmes naturels est la relâche d'espèces exotiques, sciemment ou accidentellement. Les interactions entre ces espèces introduites et les espèces indigènes écologiquement proches ne sont pas toujours bénéfiques pour cette dernière. En effet, l'espèce introduite n'est souvent plus limitée par le complexe antagoniste présent dans son écosystème d'origine. Ses populations vont donc connaître de fortes croissances et parfois changer tout un écosystème. Le problème est décuplé lorsqu'il s'avère que l'espèce indigène est une moins bonne compétitrice que l'espèce introduite proche. Celle-ci va alors prendre le dessus et finir par éradiquer l'espèce indigène à long terme. Ce type d'espèce introduite est alors qualifiée d'invasive.

Ce travail concerne et vise à favoriser l'espèce indigène native, *Natrix maura* LINAEUS, 1758, au détriment d'une espèce invasive introduite, *Natrix tessellata* LAURENTI, 1768, dans le Lavaux, cela grâce à l'étude de l'utilisation de l'habitat de chaque espèce à travers un ensemble de critères environnementaux et stationnels.

Des travaux de recherches ont déjà eu lieu sur le site, on peut citer, entre autres, GIANO K. (2011) et MAZZA G. (2007) qui ont précédé cette étude. Ce travail s'inscrit donc dans leur continuité. En effet, le site de Lavaux a pour caractéristique d'abriter une population de chacune des couleuvres citées ci-dessus et en fait donc un endroit idéal pour l'étude de leurs relations interspécifiques.

## 2 Contexte et problématique

### 2.1 Problématique

La couleuvre vipérine (*Natrix maura*), présente sur le site, est l'objet principal de cette recherche. En effet, cette dernière est une des espèces de serpent étant le plus en danger en Suisse ; elle est inscrite sur la Liste Rouge des reptiles menacés en Suisse (MONNEY J.-C., MEYER A. 2005).

Cela la place au centre de nombreuses recherches et plans de gestion qui visent à pérenniser les populations actuelles. En effet, les prévisions ne sont pas optimistes. Monitorées depuis 1996, les parcelles témoins ont démontré une forte régression de la couleuvre vipérine (URSENBACHER S., MONNEY J.-C . 2010).

Dans son aire de répartition en Suisse (voir figure 1), la région du Lavaux, située en zone riveraine du Léman, abrite une réserve de population de vipérines encore pérenne, mais en fort déclin. Selon URSENBACHER S. & al. (2006), une des raisons invoquées à ce déclin est une compétition avec une population de couleuvres tessellées (*Natrix tessellata*) introduite à plusieurs reprises dès les années 1920 (MORTON, 1925).



Figure 1 : Répartition de la couleuvre vipérine en Suisse (MEYER A. & al 2009)

La couleuvre tessellée est aussi une espèce inscrite sur Liste Rouge. Cependant, son aire de répartition naturelle (voir figure 2) ne comprend pas la région lémanique riveraine et sa présence dans le Lavaux est donc problématique et indésirable. Bien que protégée à l'échelle Suisse, la couleuvre tessellée peut être ainsi assimilée à une espèce invasive à une échelle locale, dans la région riveraine du Lavaux.



Figure 2 : Répartition de la couleuvre tessellée en Suisse (MEYER A. & al 2009)

## 2.2 Secteur d'étude

Le site d'étude se situe dans le canton de Vaud, sur le district de Lavaux-Oron, à cheval sur la commune d'Epesses et la commune de Puidoux, plus précisément, entre la plage d'Epesses et le village de Treytorrens. Une carte de situation est consultable à l'annexe 1.

## 2.3 Espèces

Les deux espèces de serpents étudiés, la couleuvre vipérine et la couleuvre tessellée, font partie de la famille *Colubridae*, de la sous-famille *Natricinae* et du genre *Natrix*. Elles sont donc très proches, autant au niveau de leur morphologie que de leur écologie. Cela sera approfondi dans ce chapitre. Pour faciliter la compréhension, un résumé des différences et similarités entre ces deux espèces se trouve à la fin du chapitre (voir point 2.3.3).

### 2.3.1 Couleuvre vipérine

Bénéficiant du statut « en danger critique d'extinction » (CR) sur la Liste Rouge des reptiles menacés de Suisse, la couleuvre vipérine (figure 3) est le serpent indigène dont l'aire de distribution est la plus restreinte. On ne la trouve que dans la région Sud-Ouest de la Suisse, dans les cantons de Genève, Vaud et Valais (HOFER U. & Al. 2001).



Figure 3 : Couleuvre vipérine

L'aire de répartition de la couleuvre vipérine atteint une limite nord-est en Suisse. Ceci explique en partie son abondance limitée dans notre pays. Hors de Suisse, elle est commune dans l'Europe de l'Ouest (Espagne, Portugal, France, et Italie). On la trouve de même au nord de l'Afrique jusqu'à la Libye (ARNOLD N., OVENDEN D., 2002).

La morphologie des couleuvres vipérines diffère très légèrement de celle des tessellées, elles sont généralement plus petites. De plus, pour discriminer de façon quasi certaine une vipérine d'une tessellée, il faut compter les écailles labiales et postoculaires. Ainsi, chez la vipérine, les 3e et 4e écailles labiales touchent l'œil. Généralement, ce dernier est entouré de 2 écailles postoculaires. Les motifs en forme d'ocelles présents sur les flancs sont souvent plus prononcés (ARNOLD N., OVENDEN D., 2002).

Les femelles adultes mesurent généralement plus de 80cm, les mâles environ 60cm. Les juvéniles fraîchement éclos mesurent, quant à eux, 15 à 17cm (MEYER A. & al. 2009). Le poids des individus est fortement variable en fonction des proies éventuellement fraîchement dégluties et des saisons. En effet, les couleuvres perdent, par exemple, beaucoup de poids durant l'hibernation et accumulent des ressources avant la ponte.

Semi-aquatique, la couleuvre vipérine se nourrit principalement de poissons et d'invertébrés aquatiques. Il semble qu'elle chasse aussi des amphibiens, des vers de terre et même de petits mammifères (ARNOLD N., OVENDEN D., 2002). Cependant, une des propriétés du site d'étude est que les amphibiens en sont quasiment absents. Les serpents aquatiques, tels que les couleuvres faisant l'objet de cette recherche, doivent alors se satisfaire de la faune piscicole à disposition (URSENBACHER S., com. personnelle). Peu après la sortie d'hibernation, les individus chassent essentiellement le chabot qui est un petit poisson de fond piètre nageur. Puis, ayant pris du poids, de plus

grosses proies, plus pélagiques, deviennent alors accessibles. Parmi elles, on peut citer la perche ou le gardon.

La couleuvre vipérine hiberne de début novembre à la mi-avril. Sur le site d'étude, elle utilise souvent les structures du vignoble du Lavaux pour hiberner (URSENBACHER S., com. personnelle). Les refuges d'hibernation se trouvent généralement à moins de 50m de l'eau (KRAMER E., STEMLER O., 1992).

En juin-juillet, les femelles pondent de 3 à 16 œufs, 7 en moyenne (ARNOLD N., OVENDEN D., 2002). La ponte est déposée dans des trous proches de la berge, dans des composts ou des tas de matière végétale en décomposition ou parfois dans les interstices de murs. Les femelles ne se reproduisent pas chaque année, leur cycle de reproduction est plutôt bisannuel. L'éclosion des petits ovipares a lieu au bout de 6 à 13 semaines. La maturité sexuelle est atteinte à 3 ans chez le mâle et de 4 à 5 ans chez la femelle (MEYER A. & al. 2009) (VACHER J.-P., GENIEZ M., 2010).

Ses cycles d'activité journalière se limitent à une alternance de thermorégulation, de chasse active ou passive (à l'affût) et d'évitement de températures trop extrêmes (KRAMER E., STEMLER O., 1992). La couleuvre vipérine est aussi active la nuit, mais pas de manière homogène ; elle observe un gradient d'activité qui augmente au fil de la saison. L'activité de nuit est essentiellement tournée autour de la chasse active, car les proies, alors au repos, sont attrapées avec bien plus de facilité (SCALI S. & al. 2001).

### 2.3.2 Couleuvre tessellée



Figure 4 : Couleuvre tessellée

La couleuvre tessellée (figure 4), aussi semi-aquatique, est moins menacée que la vipérine, elle bénéficie du statut « en danger » (EN) sur la Liste Rouge des reptiles menacés de Suisse. On trouve des populations autochtones au Tessin.

De même que l'aire de répartition de la vipérine, celle de la tessellée atteint une limite nord en Suisse. À plus large échelle, on la trouve couramment dans la majeure partie de l'Italie et de la péninsule des Balkans, en Autriche et en Europe de l'Est. On la retrouve même en

Asie centrale, au nord-ouest de la Chine et au Pakistan (ARNOLD N., OVENDEN D., 2002).

En Suisse, la couleuvre tessellée n'est pas naturellement présente au nord des Alpes. Dans le secteur de Treytorrens, région concernée par cette étude, les individus introduits depuis les années 1920 sont principalement originaires du Tessin, mais aussi d'Italie et d'Iran (URSENBACHER S. com. personnelle).

Contrairement aux vipérines, les tessellées ont un museau légèrement plus long. Si cela reste très difficilement visible à l'œil nu, c'est en comptant les écailles labiales que cela

semble plus évident : les 4e et 5e écailles labiales touchent l'œil, on observe de plus généralement 3 à 4 écailles postoculaires.

Les femelles adultes peuvent aisément dépasser 1m de long, les mâles atteignent environ 75cm. Les juvéniles, fraîchement éclos, mesurent 15-20cm (MEYER A. & al. 2009).

La couleuvre tessellée semble avoir des cycles d'activité semblables à la couleuvre vipérine. On dénote cependant une différence des périodes d'hibernation. En effet, la tessellée hiberne de la mi-novembre à la fin mars et sort donc d'hibernation avec un mois d'avance.

Les femelles pondent annuellement dès la fin mai entre 5 à 37 œufs. La ponte a lieu dans une fissure, sous une pierre ou dans de la matière végétale en fermentation. La maturité sexuelle est atteinte à 3 ans pour les mâles et les femelles, soit environ 1 an plus tôt que chez la vipérine (ARNOLD N., OVENDEN D., 2002) ;(VACHER J.-P., GENIEZ M., 2010) ;(KRAMER E., STEMMLER O., 1992).

Le régime alimentaire de la couleuvre tessellée est semblable à celui de la vipérine. Elle se nourrit donc principalement de poissons et plus rarement, sur d'autres sites, d'amphibiens (METZGER A. & al, 2009).

La couleuvre tessellée est active la nuit, pour les mêmes raisons que la vipérine. On observe un maximum de son activité nocturne en été. Elle semble moins craindre les extrêmes de températures que la couleuvre vipérine et peut volontiers aller chasser en eaux plus profondes.

### 2.3.3 Résumé synthétique

Les différences des caractéristiques physiques entre tessellée et vipérine sont visibles sur la figure 5.

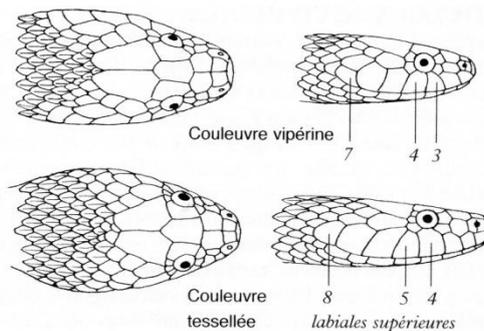


Figure 5 : Comparaison des écailles de la tête (ARNOLD N., OVENDEN D., 2002)

Le tableau 1 résume de manière synthétique les différences et similarités générales entre les deux espèces.

	<b>Couleuvre vipérine</b>	<b>Couleuvre tessellée</b>
<b>Statut en Suisse</b>	en danger critique d'extinction	en danger
<b>Répartition</b>	S-O Europe / N Afrique	S Suisse / Europe de l'Est, Asie
<b>Taille [cm]</b>	♀>80 / ♂~60	♀>100 / ♂~75
<b>Taille juvéniles [cm]</b>	15 - 17	15 - 20
<b>Nourriture</b>	Poisson	Poisson
<b>Sites de ponte</b>	anfractuosités et compost	anfractuosités et compost
<b>Nombre d'œufs</b>	3 - 16	5 – 37
<b>Période active</b>	mi-avril – début novembre	mi-mars – mi-novembre
<b>Période de ponte</b>	juin	fin-mai
<b>Cycles de reproduction</b>	généralement bisannuel	généralement annuel
<b>Maturité sexuelle</b>	♀ 4 à 5 ans / ♂ 3 ans	~3 ans

**Tableau 1** : Comparaison des différences et similarités entre couleuvre vipérine et couleuvre tessellée.

## 2.4 Compétition

Les relations interspécifiques entre ces deux espèces ne sont pas simples à mettre en évidence. Une éventuelle compétition spatiale entre les deux couleuvres étudiées n'a encore jamais été démontrée (MAZZA G., 2007) ;(GIANO K., 2011). Cependant, une certaine compétition trophique semble exister (URSENBACHER S. & al. in press). La différence de taille entre les deux espèces entraîne une différence de prédation qui permet à la tessellée d'avoir accès à un plus large panel de proies. Le chevauchement des niches trophiques, induisant une certaine compétition, n'est probablement pas constant. Il a lieu principalement en début de saison lorsque la seule proie disponible est le chabot (METZGER C. & al., 2009). La couleuvre tessellée sort d'hibernation environ 1 mois avant la vipérine. Elle prend donc une certaine avance dans son développement physique et est plus compétitive, en ce qui concerne la prédation, que la vipérine. À sa sortie d'hibernation, celle-ci est alors plus lesté et doit trouver des proies à sa taille. Le nombre de chabots constituant une ressource limitée, la tessellée a pu se servir bien avant et en diminuer la quantité disponible. En début de saison, la vipérine doit donc potentiellement développer un effort de capture supérieur à la tessellée.

Le phénomène de compétition au détriment de la vipérine est accentué par le fait que les couleuvres tessellées ont une taille plus conséquente, ont un meilleur succès de reproduction, pondent plus d'œufs et ont probablement un meilleur taux de survie des juvéniles. Ces facteurs semblent procurer un meilleur « fitness » à la population de tessellée qui paraît donc plus compétitive que la vipérine (URSENBACHER S. com. personnelle).

Il a été observé sur le site de Lavaux que, même si les variations annuelles sont fortes, la croissance de la population de couleuvres tessellée a une incidence significative sur celle de la population de couleuvres vipérine. Plus elle augmente, plus la croissance de population de vipérine est freinée (URSENBACHER S. & al., in prep). De ce fait, des campagnes d'avulsion de la couleuvre tessellée ont été mises en place par le KARCH (Centre de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles de Suisse) dès 2007 et ont encore lieu actuellement plusieurs fois par année.

## 2.5 Objectifs

Inscrit dans l'effort à long terme de pérenniser les populations de couleuvres vipérines en Suisse, ce travail vise à apporter de nouvelles données concernant son écologie. Les moyens déployés pour la recherche scientifique ont pour but de mettre en avant d'éventuelles différences d'utilisation de l'habitat entre couleuvre vipérine et couleuvre tessellée. Cela à travers le suivi d'un échantillon d'individus de chaque espèce capturés, marqués et localisables par la technique de la radiotélémétrie. L'étude de leur comportement de préférences d'habitat sera décrite en considérant des critères environnementaux et stationnels. Cela est nécessaire pour comprendre les comportements des serpents spécifiques au site de Lavaux. Dans un deuxième temps, sur la base des résultats obtenus et des conclusions de travaux précédents, il s'agit de proposer des types d'aménagements et de techniques de gestion favorisant l'espèce *N. maura*.

## 3 Méthode

Afin de suivre les individus marqués à travers leurs déplacements, en provoquant le minimum de dérangement possible, la méthode de radiotélémétrie a été choisie. Cette méthode consiste en l'implantation d'émetteurs radio miniaturisés dans le corps des individus suivis. Ces émetteurs sont ensuite localisables très précisément grâce à un récepteur muni d'une antenne directionnelle. Comme chaque émetteur possède une fréquence d'émission propre, il constitue donc un moyen d'identification efficace des individus.

Il est important de relever, d'après READING C. J., JOFRE G. M. (2009), qu'un avantage de cette méthode est qu'on n'influe peu, voire pas, sur le comportement de préférence de l'habitat de l'animal, pour autant qu'il ait bien supporté l'implantation de l'émetteur. De plus, chaque individu est localisable facilement, même s'il est caché dans la végétation ou dans une anfractuosité.

Chaque émetteur est thermosensible et transmet la température corporelle du serpent dans son signal. Ainsi, il est aisé de relever cette variable sans dérangement ni équipement supplémentaire que celui nécessaire au radiopistage décrit au point 3.5. La température est transmise par la rapidité des pulsations du signal. Les émetteurs ont donc été calibrés à l'aide d'une chambre climatique avant d'être implantés. La procédure de calibrage des émetteurs est consultable sur l'annexe 2 (ATS, 2000). Le calcul de la température corporelle du serpent se fait sur la base de l'équation des courbes de régression exponentielles (voir annexe 2) issues du calibrage des émetteurs.

Les données environnementales et végétales des habitats utilisés sont relevées grâce à un protocole spécialement développé pour cette recherche. Cet aspect est approfondi au

point 3.3. De manière à décrire finement l'habitat utilisé par les sujets, il a été décidé de prendre en considération une surface circulaire de 2m de rayon ayant pour centre la localisation de l'individu. Un certain nombre de variables ont été relevées, comme décrites au point 3.2.

Les nombreuses données environnementales et de végétation relevées sont traitées statistiquement, comme décrit au point 3.6. Les résultats discutés et pondérés, additionnés des conclusions de travaux précédents, servent de base à la proposition de mesures de gestion et d'aménagements favorisant la couleuvre vipérine.

### 3.1 Capture et marquage

La capture des individus est faite à la main, en arpentant les zones prédéfinies comme favorables. Chaque lieu de capture est relevé en prenant pour référence les panneaux kilométriques bordant les voies CFF. De cette façon, les individus marqués sont relâchés à l'endroit précis où ils ont été capturés.

La première séance de capture a eu lieu le 13 avril 2011. Les 5 individus tessellées (fréquences d'émetteur en kHz : 413, 545, 555, 563 et 604) et 1 vipérine (fréquence d'émetteur 594), sont issus de cet effort de capture. La deuxième séance de capture a eu lieu le 6 mai 2011, 2 vipérines (fréquences d'émetteur : 422 et 443) sont alors ajoutées au nombre d'individus suivis. Les efforts de capture ont été constants durant 7 heures pendant les deux séances de capture. De nombreux individus (principalement des tessellées) ont été attrapés, les individus femelles retenus pour le marquage ont été sélectionnés sur un poids de plus de 80g et de façon le plus homogène possible entre les deux espèces.

Les premières implantations ont eu lieu du 18 au 20 avril 2011, à la Kleintierklinik du Tierspital de Zurich par le Dr. Gull. La deuxième séance d'implantation a eu lieu au même endroit, le 12 mai 2011. La procédure d'implantation est consultable sur l'annexe 3.

Les individus implantés ont été gardés en observation de bonne rémission durant une semaine avant leur remise en liberté. Les conditions de détention sont décrites sur l'annexe 4. À la page suivante, le tableau 2 présente les poids des individus capturés et juste avant relâche, le poids de l'émetteur est soustrait. On remarque des pertes de poids générales, cela est imputable au fait que durant leur détention, les serpents n'ont pas été nourris.

Espèce	Individu	Date capture	Poids capture [g]	Date relâche	Poids relâche [g]	Différence de poids [g] / %
Vipérine	422	06/05/2011	180	18/05/2011	178	2 / 1.1
Vipérine	443	06/05/2011	131	18/05/2011	112	19 / 14.5
Vipérine	594	13/04/2011	86	27/04/2011	86	0 / 0
Tessellée	545	13/04/2011	158	27/04/2011	129	29 / 18.4
Tessellée	555	13/04/2011	134	27/04/2011	129	5 / 3.7
Tessellée	604	13/04/2011	122	27/04/2011	117	5 / 4.1
Tessellée	563	13/04/2011	103	27/04/2011	90	13 / 12.6
Tessellée	413	13/04/2011	89	27/04/2011	84	5 / 5.6

**Tableau 2** : Poids de capture et relâche des individus

Suite au marquage, aucun épisode de prédation ou de mort directement imputable à l'émetteur n'a été observé. De manière générale, aucune mort d'individu n'est intervenue durant toute la durée des relevés. Tous les individus marqués n'ont pas été recapturés, mais les individus 563 et 443 l'ont été lors d'une séance de vérification de bonne rémission menée le 30 juin 2011. En compagnie du Dr. Gull de la Kleintierklinik du Tierspital de Zurich, des radiographies ainsi que des échographies ont été réalisées sur les deux individus. Ces examens n'ont pas permis de mettre en évidence de flagrants impacts négatifs internes imputables, ni à l'opération, ni à l'émetteur.

Cependant, comme nous pouvons l'observer sur la figure 6, l'individu vipérine 443 portait une blessure probablement due au frottement de l'émetteur sur les écailles ventrales. Il se pourrait donc que le diamètre de l'individu ait été légèrement trop faible au moment de l'implantation pour supporter le volume de l'émetteur. La blessure a été observée par le Dr. Gull qui ne l'a pas qualifiée d'anodine, mais non critique pour la survie de l'individu.



**Figure 6** : Mise en évidence de la blessure constatée sur l'individu vipérine 443.

L'individu vipérine 422 a été capturé a posteriori (5 juillet 2011) et photographié par mes soins. On peut voir sur la figure 7 (page suivante) que l'ouverture d'implantation est très bien cicatrisée. On remarque cependant sur la figure 8 qu'une écaille ventrale semble usée, de même que pour l'individu 443 cité ci-dessus, bien que moins profondément.



**Figure 7 :** Cicatrisation de l'ouverture d'implantation de l'individu vipérine 422



**Figure 8 :** Traces d'usure sur les écailles ventrales juste sous l'émetteur

La capture tôt dans la saison implique que les animaux, fraîchement sortis d'hibernation, ont eu peu de temps pour se nourrir et prendre du poids ainsi que du diamètre. De ce fait, nous pouvons observer des blessures imputables à l'émetteur. Il est à noter que ce type de blessure n'a pas été observé sur les couleuvres tessellées recapturées.

### 3.2 Critères de définition des habitats

Pour rappel, la description des habitats dans lesquels un individu a été localisé a été effectuée dans un rayon de 2m ayant pour centre l'individu localisé. La description a été possible grâce à la définition de critères. Ceux-ci ont été fixés suite à des reconnaissances effectuées sur le terrain, lors des campagnes de capture, et inspirés du protocole de relevé utilisé par MAZZA G. (2007). Comme décrit ci-dessous, les critères visent à définir le contexte environnemental de l'observation ainsi que le contexte stationnel.

Chaque critère est dissocié en catégories. Cela est nécessaire en termes d'efficacité et de standardisation des relevés. L'organisation des catégories est visible sur le protocole, voire point 3.3.

#### 3.2.1 Critères environnementaux

- **Surface minérale**

Le recouvrement général du substrat minéral est relevé et défini par différentes catégories de granulométrie, adaptées de GOBAT et al. (2003), ainsi que par la densité des anfractuosités. Sur le site, il n'est pas rare de trouver des murs colmatés et des surfaces bétonnées. Leur proportion a aussi été relevée, lorsque présente.

Utilisées comme lieux de thermorégulation, ces surfaces à très haute valeur de restitution thermique permettent aux animaux, notamment en retour de chasse, de remonter rapidement en température.

- **Surface d'eau**

Les couleuvres semi-aquatiques peuvent passer un temps non négligeable dans l'eau ou à proximité immédiate, car c'est le seul milieu accueillant leur réserve de proies. La surface d'eau a été relevée, ainsi que la caractérisation de la benne lacustre. Celle-ci est définie par la zone riveraine immergée peu profonde, visible depuis le bord. Elle est caractérisée dans sa longueur ainsi que dans sa granulométrie, de même que les surfaces minérales non immergées.

La végétation subaquatique n'a pas été prise en compte, car elle est totalement absente sur tout le pourtour riverain. Il est important de relever que les modalités de ce travail, notamment en termes de durée, m'ont forcé à faire des choix. Ainsi, les habitats terrestres ont été décrits avec bien plus de précision, car plus facilement appréhendables. Les habitats aquatiques n'ont été décrits (voir ci-dessus) que sommairement.

- **Surface d'humus**

Lorsque présente, la surface d'humus, recouvert ou non par la végétation, a été relevée. Les couleuvres semblent utiliser fréquemment ces surfaces souvent densément végétalisées avec quelques « trous » de surface nue. Ce type d'habitat offre un certain tampon thermique chaud et humide favorable, où l'animal peut très facilement se camoufler, s'exposant partiellement, et régulant ainsi sa température corporelle.

Sur le site d'étude, la végétation qui pousse sur les surfaces d'humus constitue une mosaïque de superficies à végétation herbacée, buissonnante, arbustive et arborée. Les multiples combinaisons de taux de recouvrement des différentes strates offrent une certaine diversité des structures de ce type d'habitats qu'il s'agit aussi de décrire.

- **Recouvrement végétal**

La couverture végétale a été relevée, puis caractérisée en fonction du recouvrement par strate : la strate herbacée, la strate buissonnante constituée par les ligneux inférieurs à 3m et la strate arbustive et arborée constituée de ligneux supérieurs à 3m. Une catégorie supplémentaire, plantes rampantes, a été ajoutée, car il est connu que les couleuvres étudiées les utilisent par exemple pour ressortir du lac (URSENBACHER S., communication personnelle).

Le recouvrement végétal permet aux couleuvres de se soustraire à l'attention des prédateurs, tout en permettant l'accès à l'ensoleillement partiel ou total, en fonction de l'exposition sur ou sous la végétation.

### **3.2.2 Critères stationnels**

La station de chaque localisation a été définie grâce à plusieurs variables :

- **La pente**

La pente est évaluée en degrés [°] avec pour référence l'horizontale à 0° et la verticale à 90°. L'outil utilisé pour évaluer la pente a été un rapporteur muni d'un fil de plomb (voir matériel 3.5).

- **L'altitude**

L'altitude est relevée grâce à un appareil GPS (voir matériel 3.5). Elle sera exprimée en mètres avec pour référence le niveau des océans comme point 0.

Cette méthode s'est avérée peu adaptée en raison de la grande marge d'erreur de l'appareil GPS en matière d'altitude. Dans un prochain travail, il serait probablement plus adapté de considérer l'altitude en prenant le niveau du lac Léman pour repère.

- **L'orientation**

L'orientation est évaluée en degrés Nord [°N] grâce à une boussole (voir matériel 3.5). La répartition de la graduation est la suivante : le Nord=0[°N], l'Est=90[°N], le Sud=180[°N] et l'Ouest=270[°N].

- **Les espèces végétales dominantes par strates**

Les strates considérées sont les mêmes que définies à la page précédente pour le recouvrement végétal. Cette variable est plus précise que celle du recouvrement végétal, car il s'agit de la méthode de Braun-Blanquet (1928), qui consiste à relever les principales espèces par strates, d'évaluer leur coefficient d'abondance&dominance ainsi que leur hauteur moyenne.

### **3.2.3 Les espèces végétales**

La végétation dominante relevée permet d'affiner le diagnostique stationnel. En effet, les valeurs Landolt, associées à chaque espèce végétale, pondérées par les coefficients d'abondance&dominance, permettent d'obtenir des indices en matière d'humidité, réaction (pH), nutriments, lumière, température et continentalité d'une station. La liste des espèces déterminées et leurs coefficients Landolt sont disponibles à l'annexe 12.

L'analyse des relations entre groupes d'espèces de couleuvres et espèces végétales peut éventuellement renseigner sur une préférence d'espèces végétales par l'une ou l'autre des espèces. Il y a peu de chances que des différences intergroupes fondamentales soient mises en évidence. Cela pourrait cependant constituer une base de suggestion d'espèces végétales qui seront à privilégier ou à éviter dans le cadre d'aménagements de plantation censés avantager une espèce de couleuvre par rapport à l'autre.

## **3.3 Protocole**

Critères et variables ont été relevés grâce à un protocole, consultable en annexe 5, spécialement créé pour cette recherche. Il se base sur le protocole utilisé par MAZZA G. (2007), ainsi que sur le cours de méthode de relevé de la végétation de CIARDO F. (2008).

Le protocole permet aussi de relever des variables qui n'ont pas de relations directes avec la caractérisation des habitats, mais qui peuvent avoir leur intérêt dans l'étude des relations interspécifiques des deux couleuvres. L'heure, la date de la localisation, la fréquence d'émetteur (synonyme d'individu), la température ambiante, les coordonnées GPS de la localisation, la qualité d'ensoleillement, la visibilité et le comportement de l'animal, ainsi que sa température corporelle, ont été relevés. Cette dernière est relevée par la mesure du temps de 10 pulsations de signal successives. Trois mesures sont

effectuées, leur moyenne fait office de valeur finale pour le calcul de la température corporelle (voir point 3).

Les critères et variables ont été divisés en plusieurs catégories visibles sur le protocole en annexe 5. Cela est nécessaire de façon à appréhender les milieux relevés avec plus de facilité et de manière standardisée. De plus, le temps passé sur le terrain étant une des contraintes, cela permet un travail plus rapide.

Un champ pour les remarques a été réservé pour toute observation intéressante dépassant le cadre du protocole. Par exemple, lorsque d'autres individus non marqués étaient observables lors d'une localisation, le nombre d'individus, l'espèce, le sexe et le comportement étaient si possible relevés.

### 3.4 Relevés

Les relevés ont eu lieu du 23 mai 2011 au 7 juillet 2011, soit durant 7 semaines. Ils ont généralement eu lieu du lundi au jeudi, le vendredi étant dévolu à la saisie des données. Ponctuellement, des relevés ont été effectués durant les week-ends. Durant les 7 semaines de relevés de terrain réalisés, 595 relevés ont été accomplis. La répartition du nombre de relevés par espèces et par individus est visualisable sur le tableau 3.

Relevés en tout	Relevés par espèces		Relevés par individus	
595	Vipérine	225	422	77
			443	74
			594	74
	Tessellée	370	413	72
			545	75
			555	75
			563	76
			604	72

**Tableau 3** : Répartition du nombre de relevés en fonction des espèces et des individus

Dans l'intention d'obtenir des données représentatives, les relevés de données sur le terrain ont eu lieu à des heures différentes, par conditions météorologiques variables, de jour comme de nuit. La proportion des différents types de temps et du nombre de relevés est visible sur le tableau 4 (page suivante), dont les catégories méritent d'être décrites. Un ensoleillement plein est relevé lorsqu'aucun nuage ne cache une partie du soleil. Un ensoleillement nul est relevé lorsqu'il fait jour, mais que la nébulosité ou un obstacle tel qu'une montagne cache complètement le soleil. Un ensoleillement partiel est relevé lorsque la qualité d'insolation est diminuée par une nébulosité ou un obstacle qui ne cache pas la totalité du rayonnement solaire. Lorsqu'aucune lumière issue du soleil n'est perceptible, la qualité « nuit » a été relevée. La qualité « pluie » a été utilisée lorsque des précipitations étaient observables durant le relevé. Les relevés de jour ont été plus nombreux, car l'hypothèse que les serpents sont plus actifs de jour que de nuit a été suivie.

Conditions d'ensoleillement	Nombre de relevés	% des relevés
Plein	280	47
Partiel	107	18
Nul	125	21
Pluie	48	8
Nuit	35	6

**Tableau 4 :** *Proportion des relevés en fonction du temps atmosphérique.*

Afin de disposer d'un maximum de données, les localisations ont été menées de manière intensive à chaque sortie, avec un effort de localisation constant. Chaque localisation a entraîné le remplissage d'une feuille de protocole. De plus, l'environnement général de chaque nouvelle localisation faite après un déplacement de l'animal a été photographié.

Les relevés GPS permettent d'obtenir un nuage de points spécifique par individu. Cela rend possible le calcul du domaine vital de chaque individu suivi. La technique utilisée pour le calcul des surfaces a été celle des polygones convexes minimaux (MCP). Cette dernière est moins précise que la méthode des Kernels, elle reste cependant plus simple à mettre en place. Il est important de préciser que les domaines vitaux présentés dans cette étude ne comprennent que la partie terrestre. En effet, pour des raisons de temps et de faisabilité, les relevés de localisation n'ont été effectués qu'à terre.

En supplément aux relevés standards par localisation, la température corporelle a été relevée simultanément, pour tous les individus. Cela n'est possible que dans un laps de temps variant de 5 à 10 minutes en fonction de l'audibilité du signal et des déplacements nécessaires. En effet, il n'est pas indispensable d'être à proximité immédiate d'un animal marqué pour percevoir le signal radio. Ces relevés thermiques ont été effectués de 2 à 4 fois par sorties, un exemplaire de relevé thermique est consultable en annexe 6.

La majorité des espèces végétales relevées ont été déterminées sur place. Parfois, la reconnaissance au niveau de l'espèce a cependant nécessité une attention supplémentaire par le recours à un ouvrage de détermination de référence (LAUBERT K., 2007).

Les obstacles au bon déroulement des relevés ne sont pas nombreux, mais on peut relever le fait que côtoyer les voies de chemin de fer est dangereux et nécessite une attention constante. De plus, le site est relativement bruyant, sirènes de bateaux, hélicoptères traitant les vignes, passage d'avions militaires ou de tourisme, vagues, trains et route cantonale engendrent une gêne au niveau de l'entente du signal, spécialement lors du chronométrage des températures corporelles. En effet, lorsque l'individu écouté se trouve à une certaine distance, dans une anfractuosité ou dans de la végétation dense, voire tous à la fois, le signal reçu peut être à peine audible, même à distance relativement réduite. Le recours à un casque d'écoute branché sur le récepteur diminue ce problème, sans le résoudre totalement.

## 3.5 Matériel

### 3.5.1 Émetteur

Le modèle d'émetteur implanté est R1680 fabriqué par Advanced Telemetry Systems® (ATS) (voir annexe 7). D'après la fiche technique du constructeur consultable en annexe 8, cet émetteur pèse 3,6g, il est thermosensible et prévu pour fonctionner de -20°C à 40°C avec une précision satisfaisante. Le signal est propagé par une antenne souple de 210x0.7 [mm]. Il émet un certain nombre de pulsations qui est variable de 30 à 45 pulsations par minute en fonction de la température. L'émetteur est garanti 115 jours et la pile d'alimentation est prévue pour durer 230 jours.

### 3.5.2 Récepteur

Le récepteur utilisé est le modèle australis 26k fabriqué par Titley Scientific Electronics® (voir annexe 7). Son affichage à cristaux liquides rétro éclairé permet une visualisation aisée de la fréquence ainsi que de la puissance du signal même de nuit. Sa légèreté, ainsi que sa taille, le rendent pratique pour une utilisation sur le terrain. 100 fréquences peuvent être enregistrées dans la mémoire de l'appareil. Celui-ci est doté d'un haut-parleur et de deux ports pour des écouteurs. Le branchement de l'antenne est de type connecteur BNC.

### 3.5.3 Antennes

Deux types d'antennes directionnelles, fabriquées par Titley Scientific Electronics®, ont été utilisés pour recevoir le signal émis par les émetteurs. La première antenne de type Yagi à trois éléments (voir annexe 7) mesure 102,5x69cm dépliée. Elle permet une acquisition du signal à grande distance.

La deuxième antenne est de type « loop » (voir annexe 7). Elle permet l'acquisition du signal à courte distance avec plus de précision que l'antenne Yagi. Sa précision permet de déterminer la position exacte d'un émetteur invisible avec une précision de 10cm.

### 3.5.4 GPS

L'appareil GPS utilisé pour marquer le lieu de l'observation est le modèle GPSMAP 60CSx fabriqué par Garmin® (voir annexe 7). Il permettra de relever les coordonnées des observations de serpents et d'en déduire les domaines vitaux des individus suivis.

### 3.5.5 Chronomètre

Le chronomètre est de marque Intertronic®, modèle IO13-0411 (voir annexe 7). Il permettra de mesurer la température corporelle des serpents observés en chronométrant le temps de 10 pulsations.

### 3.5.6 Thermomètre

Le thermomètre utilisé est une station météo à horloge atomique par radiotransmission. Fabriquée par Oregon scientific®, modèle BAR206 (voir annexe 7).

### 3.5.7 Boussole

Une boussole a été utilisée afin d'évaluer l'orientation de la station. La graduation de l'instrument était en degrés [°] (voir annexe 7).

### 3.5.8 Rapporteur et fil de plomb

Un rapporteur associé à un fil de plomb permet d'évaluer la pente avec une erreur d'environ +/- 5° (voir annexe 7).

## 3.6 Traitement statistique

Le traitement statistique des données environnementales relevées vise à mettre en lumière des différences entre couleuvres vipérines et tessellées. Les catégories relevées sur le terrain ont dû être adaptées afin qu'elles soient analysables par le programme informatique « R ». Un tableau des correspondances entre catégories et valeurs utilisées pour le traitement statistique est consultable sur l'annexe 9. Le traitement statistique est effectué en plusieurs étapes :

### 1. Calcul des moyennes

Chaque variable environnementale a été comparée par groupe d'espèces de serpent, de façon à calculer une moyenne des mesures ainsi que leur variance.

### 2. ANOVA et test post Hoc de Tukey

Analyse de la variance, est un test statistique basé sur le calcul des moyennes. Il permet de comparer les différences intergroupes entre couleuvres vipérines et couleuvres tessellées. Son application met en évidence la significativité de chaque variable environnementale ou indice stationnel.

Étant donné que le pool d'individus étudié est statistiquement faible (8 individus), les résultats peuvent être influencés par les comportements individuels extrêmes. Ainsi, pour vérifier cela, il convient d'analyser les résultats de l'ANOVA plus en profondeur.

Le test post Hoc de Tuckey permet de voir l'influence d'un individu sur le résultat du groupe, mais aussi de comparer les comportements des individus intergroupes. On peut ainsi pondérer des résultats obtenus comme très significatifs dans l'ANOVA s'ils sont fortement influencés par des comportements individuels extrêmes.

Le processus de traitement statistique des données stationnelles a été le même que celui des données environnementales décrit ci-dessus. Cependant, les données issues des relevés d'abondance et dominance des espèces végétales ont dû être pondérées. En effet, l'abondance et la dominance de l'ensemble de la végétation d'une station ne sont pas égales pour chaque espèce végétale. Pour pallier à ce problème, la prise en compte d'un coefficient Landolt propre à une espèce de plante doit être mise en relation avec l'abondance et la dominance de l'espèce en question relevée sur le terrain. La méthode de pondération mise en place met en relation le coefficient Landolt et le taux de recouvrement en pour cent de la surface par espèce végétale.

Pour l'étude des différentes espèces végétales déterminées et relevées, il a été appliqué un test du  $\chi^2$  de Pearson afin de mettre en évidence une éventuelle préférence d'une espèce de couleuvre pour des espèces végétales. À nouveau, l'influence des comportements individuels a été comparée aux résultats des tests statistiques ressortis comme significatifs.

## 4 Résultats

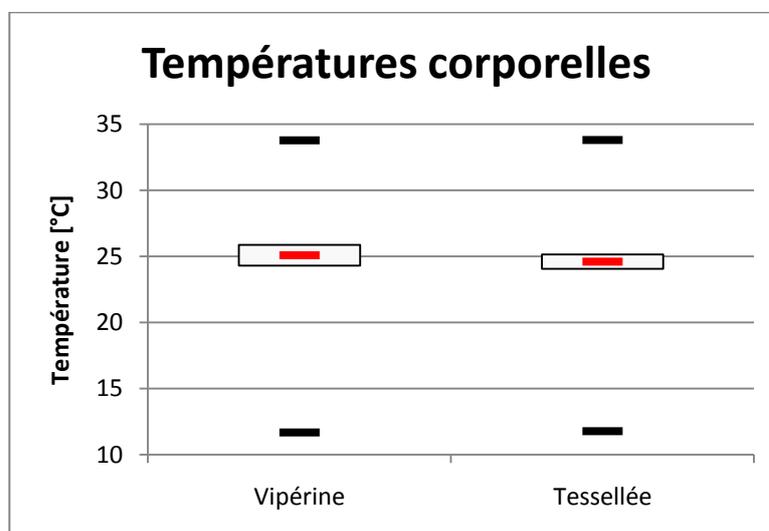
Dans ce chapitre, la présentation des résultats sera effectuée sur la base des traitements de significativité de l'ANOVA, pondérés et argumentés par les comportements individuels issus du test post Hoc de Tukey. Les individus seront nommés par leur fréquence (voir tableau 2). Afin de faciliter la lecture, lorsque cela n'est pas explicite, la fréquence sera directement suivie de l'espèce entre parenthèses : (v) pour les couleuvres vipérines et (t) pour les couleuvres tessellées.

Les critères dont les résultats ANOVA et test post Hoc de Tukey sont retenus comme significatifs seront illustrés par des graphiques. Ces graphiques sont de type boîte à moustache : les marques noires représentent les valeurs extrêmes minimales et maximales. Le rectangle vide à bords fins représente l'intervalle de confiance à 95% pour la moyenne. Le trait rouge représente la moyenne.

Les tableaux des valeurs moyennes et des ANOVA des variables environnementales sont consultables en annexe 10. Les tableaux des variables stationnelles sont consultables en annexe 11.

### 4.1 Température

Les températures corporelles relevées n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les deux groupes (ANOVA:  $F_{1,553}=1.025$   $p=0.312$ ). La moyenne des vipérines est supérieure de  $0.49^{\circ}\text{C}$ . Cependant, comme nous pouvons le voir sur le graphique 1 à la page suivante, l'intervalle de confiance à 95% entre vipérine et tessellée correspond à peu de choses près, tout comme les valeurs extrêmes.



Graphique 1 : Comparaison des températures corporelles.

## 4.2 Critères environnementaux

### 4.2.1 Surface minérale

La différence des moyennes est de 0.53 point. Elle ressort comme significativement plus importante pour la vipérine (ANOVA:  $F_{1,592}=20.867$   $p<0.05$ ). L'analyse des comportements individuels met en lumière de fortes variations individuelles ainsi que des similitudes intergroupes. Par exemple, 443 (v) est significativement proche de 545 (t). Ainsi, ce critère semble ne pas jouer de rôle déterminant.

### 4.2.2 Substrat scellé

Non significatif dans les résultats d'ANOVA (ANOVA:  $F_{1,551}=2.675$   $p=0.103$ ).

### 4.2.3 Substrat bloc >50cm

On observe une différence des moyennes de 0.3 point. Cette variable est exprimée comme significativement favorable à la tessellée (ANOVA:  $F_{1,529}=4.069$   $p=0.044$ ). Pourtant, elle reste très influencée par les comportements individuels. Par exemple, les seuls individus significativement semblables sont 443 (v) et 563 (t), des deux espèces. De plus, le critère est influencé par les caractéristiques physiques du site. En effet, la grande majorité du pied de berge est constitué de ce type de matériel minéral et n'offre aux animaux le choix d'une granulométrie différente que ponctuellement. On ne considèrera donc pas ce critère comme déterminant.

### 4.2.4 Substrat pierre 10-50cm

La différence des moyennes est de 0.21 point, significativement favorable à la tessellée (ANOVA:  $F_{1,529}=4.335$   $p<0.038$ ). Après analyse du test de Tukey, on relève que tous les individus ont cependant de fortes divergences et similitudes intergroupes. Ce critère semble donc ne pas constituer un caractère véritablement déterminant.

### 4.2.5 Substrat galets 2-10cm

Non significatif dans les résultats d'ANOVA (ANOVA:  $F_{1,530}=0.018$   $p=0.892$ ).

### 4.2.6 Substrat sable <2cm

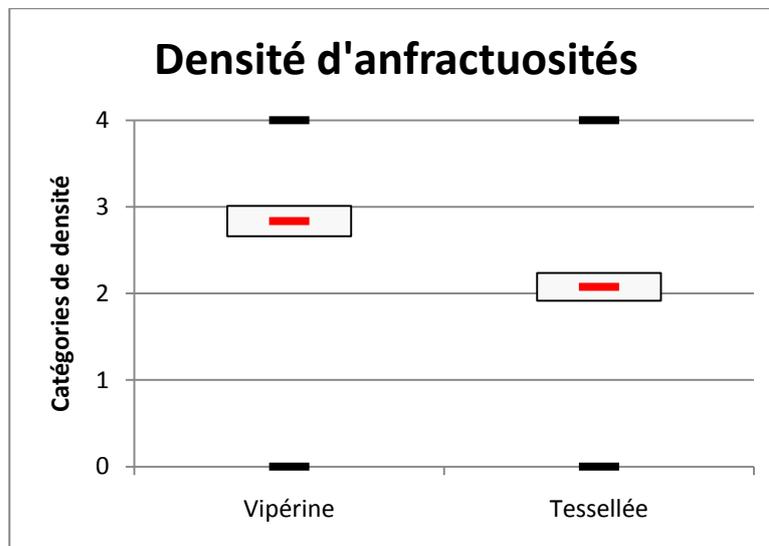
La différence des moyennes de 0.36 point ressort comme significative, en faveur de la tessellée (ANOVA:  $F_{1,530}=26.085$   $p<0.05$ ). Au niveau individuel, les résultats des tessellées subissent une forte influence de 413 (t). Les comparaisons inters spécifiques démontrent des similitudes fréquentes entre les deux groupes. Ce critère ne sera pas considéré comme déterminant.

### 4.2.7 Anfractuosités

La différence des moyennes de 0.76 point est significativement en faveur de la vipérine (ANOVA:  $F_{1,555}=76.496$   $p<0.05$ ). 422 (v) et 594 (v) sont significativement semblables. De plus, 555 (t) et 604 (t) sont significativement semblables. En addition, 413 (t) et 563 (t) ne sont pas significativement différentes. Pour conclure, 443 (v), 413 (t), 545 (t), 563 (t) ne sont pas significativement différentes. Les autres ayant des comportements significativement différents.

À la lumière de l'analyse individuelle, et comme nous pouvons le voir sur le graphique 2 (page suivante), il semble que ce critère montre une certaine homogénéité intra groupes ainsi que des différences intergroupes. Relevant que les deux valeurs les plus élevées

sont les vipérines 422 et 594, nous pouvons en déduire que les couleuvres vipérines observées montrent une certaine préférence pour les milieux minéraux avec des densités d'anfractuosités de 4 à 6 par m<sup>2</sup>, contre 1 à 3 par m<sup>2</sup> pour la tessellée.



Graphique 2 : Comparaison des préférences de densité d'anfractuosités.

#### 4.2.8 Substrat surface humus

Non significatif dans les résultats d'ANOVA (ANOVA:  $F_{1,592}=0.465$   $p=0.496$ ).

#### 4.2.9 Surface eau

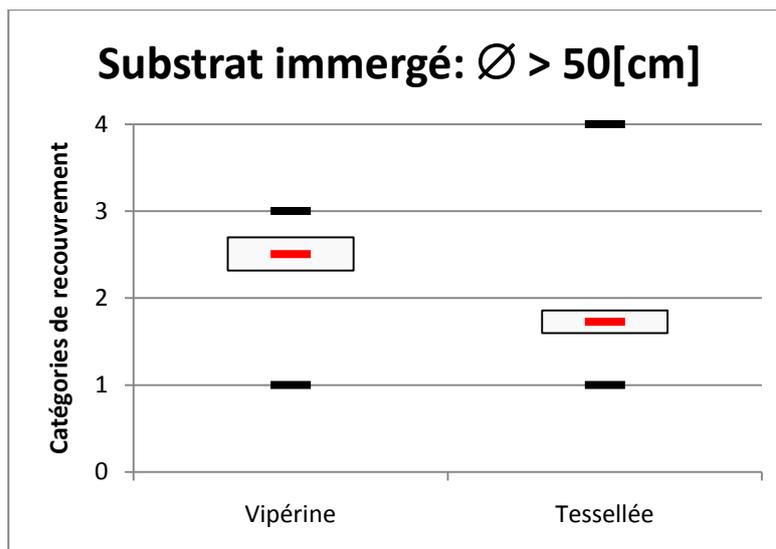
Avec une différence des moyennes de 0.35 point, cette variable ressort comme significative en faveur de la tessellée (ANOVA:  $F_{1,587}=21.078$   $p<0.05$ ). Cependant, chaque vipérine est significativement semblable à une tessellée. De plus, on remarque de fortes différences inter-individus. Ce critère n'est donc pas considéré comme déterminant.

#### 4.2.10 Longueur de benne lacustre

Non significatif dans les résultats d'ANOVA (ANOVA:  $F_{1,593}=0.012$   $p=0.914$ ).

#### 4.2.11 Substrat immergé bloc de diamètre supérieur à 50cm

On considère une différence des moyennes de 0.78 point, significativement en faveur de la vipérine (ANOVA:  $F_{1,216}=45.210$   $p<0.05$ ). Quelques similitudes intragroupes sont remarquables, 422 (v) et 443 (v) sont significativement semblables. 594 (v) est significativement différente de tous les autres individus avec une valeur élevée qui influence le résultat général des vipérines. De plus, les individus 563 (t), 413 (t) et 545 (t) ne sont pas significativement différents. Les vipérines ont des valeurs aux deux extrêmes, mais 422 (v) et 443 (v) ont les deux valeurs les plus faibles. Ce critère semble ne pas être déterminant dans son ensemble, mais on peut discerner une certaine tendance, voir graphique 3 (page suivante). Selon nos résultats, la vipérine aurait donc une subtile tendance à préférer les substrats subaquatiques en proportion de moins de 25% de recouvrement de blocs de plus de 50 centimètres de diamètre.



**Graphique 3** : Comparaison des préférences de substrat immergé de diamètre supérieur à 50cm, le résultat est fortement influencé par 594 (v).

#### 4.2.12 Substrat immergé pierres de diamètre de 10 à 50cm

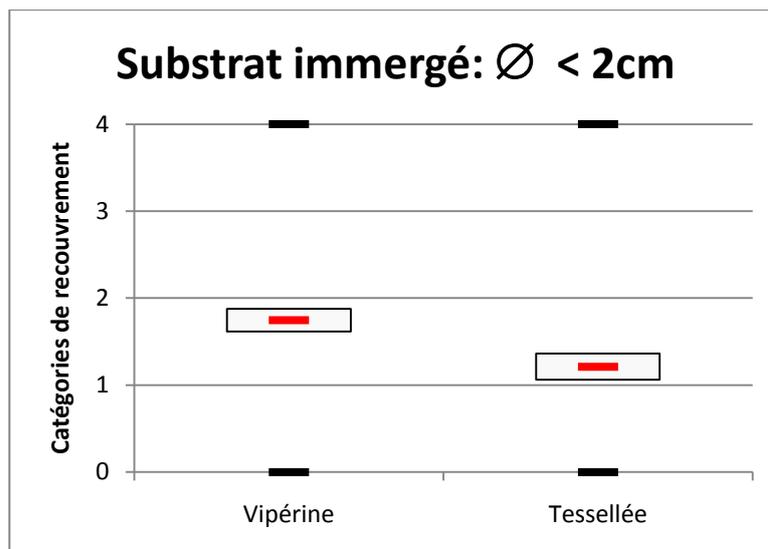
La différence de moyennes de 0.8 point ressort comme significativement en faveur de la tessellée (ANOVA:  $F_{1,217}=34.389$   $p<0.05$ ). La couleuvre 594 (v) est significativement différente des autres individus tessellés et non significativement de 413 (t) et 443 (v). Plus généralement, on dénote des similarités entre tessellés et vipérines. Ainsi, cette variable ne sera pas considérée comme déterminante.

#### 4.2.13 Substrat immergé galets de diamètre de 2 à 10cm

Avec une différence des moyennes de 1.03 point, cette variable est significativement en faveur de la tessellée (ANOVA:  $F_{1,216}=56.381$   $p<0.05$ ). L'individu 594 (v) a des comportements significativement différents de : 413 (t), 443 (v), 555 (t), 604 (t). Ses résultats sont non significatifs avec le reste du pool d'individus suivis, l'individu 594 (v) semble donc isolé concernant cette variable. De manière plus générale, les résultats individuels de cette variable sont caractérisés par des comportements hétéroclites, les vipérines ayant des résultats aux deux extrêmes. Ainsi, cette variable ne sera pas considérée comme un critère déterminant.

#### 4.2.14 Substrat immergé de diamètre inférieur à 2cm

La différence des moyennes de 0.54 point est significativement en faveur de la vipérine (ANOVA:  $F_{1,216}=20.333$   $p<0.05$ ). On remarque cependant des divergences au niveau individuel. Par exemple, 422 (v) est significativement semblable à 413 (t), 563 (t) et 604 (t). Cependant, 443 (v) et 594 (v) ont toutes deux des valeurs extrêmes. Ainsi, si on ne considère pas cette variable comme un critère réellement déterminant, nous pouvons déceler une petite tendance, illustrée par le graphique 4 (page suivante), à la préférence de la présence d'une surface d'un peu moins de 25% de sable immergé pour les vipérines.



**Graphique 4** : Comparaison des préférences de recouvrement du substrat immergé de diamètre inférieur à 2cm.

#### 4.2.15 Recouvrement végétal général

La différence des moyennes de 0.43 point est significative en faveur de la tessellée (ANOVA:  $F_{1,592}=17.701$   $p<0.05$ ). Chaque individu est significativement différent de chaque autre, tel que 594 (v), tous groupes confondus. À l'exception cependant de 422 (v) et 443 (v) qui sont significativement semblables, tout comme 545 (t) et 563 (t). Cependant, on observe de fortes divergences individuelles et interspécifiques. Cette variable ne sera donc pas considérée comme déterminante.

#### 4.2.16 Recouvrement de la strate herbacée

On observe une différence des moyennes de 0.26 points, significative en faveur de la vipérine (ANOVA:  $F_{1,590}=4.897$   $p=0.027$ ). Cependant, au niveau individuel, on remarque des ressemblances significatives, mais seulement interspécifiques : 413 (t) et 422 (v) et 545 (t) ou 563 (t) et 443 (v) ou 594 (v) et 604 (t). Cette variable ne semble donc pas jouer de rôle déterminant.

#### 4.2.17 Hauteur de la strate herbacée

Non significatif selon les résultats de l'ANOVA intergroupe (ANOVA:  $F_{1,569}=1.789$   $p=0.182$ ).

#### 4.2.18 Recouvrement des plantes rampantes

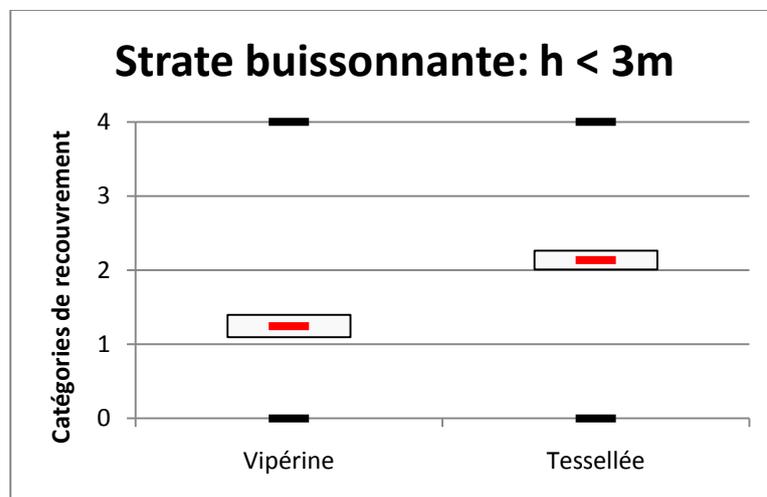
La différence des moyennes de 0.36 points est significative en faveur de la tessellée (ANOVA:  $F_{1,590}=9.765$   $p=0.002$ ). Les individus 422 (v) et 594 (v) sont significativement différents des autres individus. Cela tout en étant significativement différent entre eux deux. De plus, 443 (v) est significativement semblable à 555 (t) et 604 (t). Les autres individus tessellées étant essentiellement significativement différents entre eux. On observe donc de très fortes divergences individuelles. Cette variable ne semble, elle non plus, pas constituer de critère déterminant.

#### 4.2.19 Hauteur des plantes rampantes

Avec une différence des moyennes de 0.53 points significativement (ANOVA:  $F_{1,536}=94.144$   $p<0.05$ ) en faveur de la vipérine, l'analyse des comportements individuels met en avant une forte hétérogénéité. En effet, 594 (v) est significativement différente que tous les autres individus. De plus, on remarque que 422 (v) est significativement proche de 413 (t) et 555 (t). 443 (v) est, quant à elle, significativement différente de 545 (t), 563 (t), 594 (v) et 604 (t), sans être significativement proche d'autres individus. Les résultats des tessellées entre elles ne sont pas non plus concluants. Elles obtiennent en majorité des valeurs significativement différentes ou non significatives. Par exemple, 545 (t) est significativement différente de 413 (t), 422 (v), 443 (v), 555 (t) et 594 (v), sans être significativement semblable à une autre tessellée. Cet indice ne sera pas considéré comme déterminant.

#### 4.2.20 Recouvrement de la strate buissonnante

La différence des moyennes de 0.34 points ressort comme significative en faveur de la tessellée (ANOVA:  $F_{1,590}=77.833$   $p<0.05$ ). Les individus 594 (v) et 422 (v) sont significativement semblables et significativement différents des autres individus. Par contre, la couleuvre 443 (v) est significativement semblable à 413 (t), 545 (t) 563 (t), tout en étant significativement différente des autres individus. Les tessellées sont globalement significativement différentes entre elles. Cependant, les moyennes individuelles permettent de mettre en avant une certaine tendance. En effet, les vipérines semblent avoir des valeurs plus basses, entre 1 et 1.7, que les tessellées, entre 1.6 et 3. On observe donc une certaine tendance des couleuvres tessellées à préférer les milieux à couverture ligneuse basse de 25 à 50%, contre un peu moins de 25% pour la vipérine. Cela est illustré sur le graphique 5.



**Graphique 5** : Comparaison des préférences de recouvrement en végétation de type buissonnante de hauteur inférieure à 3m.

#### 4.2.21 Hauteur de la strate buissonnante

La différence des moyennes de 0.74 points est significative en faveur de la vipérine (ANOVA:  $F_{1,450}=90.370$   $p<0.05$ ). Une fois de plus, les comportements individuels influencent fortement les résultats statistiques. 594 (v) obtient des valeurs extrêmes significativement différentes de tous les autres individus, toutes espèces confondues. À l'inverse, 422 (v)

présente des résultats significativement semblables à 413 (t), 443 (v), 555 (t), 563 (t) et 604 (t). Ainsi, cet indice ne sera pas considéré comme déterminant.

#### 4.2.22 Recouvrement de la strate arbustive et arborée

La différence des moyennes de 0.34 points est significative en faveur de la vipérine (ANOVA:  $F_{1,590}=7.936$   $p=0.005$ ). Les individus 604 (t), 555 (t) et 413 (t) sont significativement semblables. Les vipérines sont toutes significativement différentes entre elles. Elles sont, de plus, différentes ou non significatif par rapport à la majorité des tessellés. On observe donc une forte variabilité des comportements individuels. Cette variable ne sera pas retenue comme déterminante.

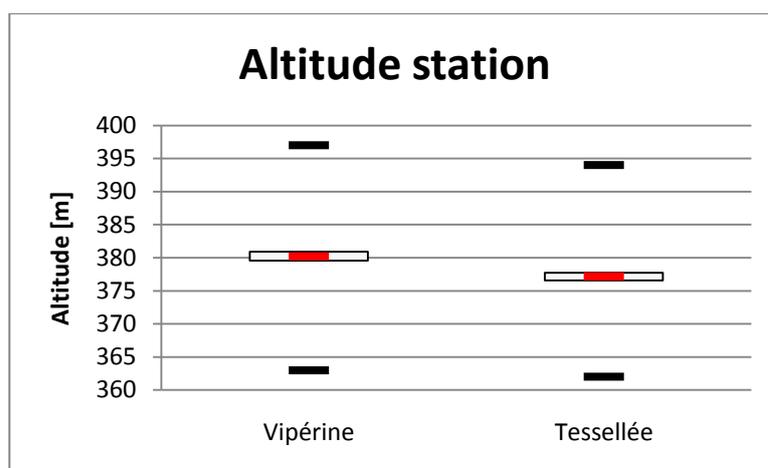
#### 4.2.23 Hauteur de la strate arbustive et arborée >3m

La faible différence de moyennes de 0.08 points est significative de peu pour la tessellée (ANOVA:  $F_{1,280}=4.015$   $p=0.046$ ). On n'observe pas de différences significatives dans le pool d'individus étudiés. Par contre, on remarque des comportements similaires entre vipérines et tessellées : 422 (v), 443 (v) 413 (t), 545 (t) et 555 (t). Ce critère ne sera donc pas retenu comme déterminant.

### 4.3 Critères stationnels

#### 4.3.1 Altitude

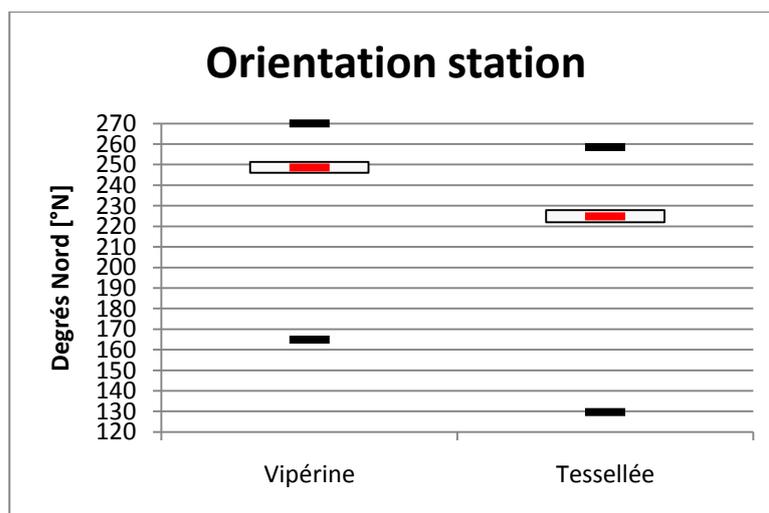
La différence des moyennes de 3.08 points est significative en faveur de la vipérine (ANOVA:  $F_{1,593}=46.145$   $p<0.05$ ). En effet, celle-ci semble occuper un peu plus l'arrière de l'habitat. Les fortes pentes qui caractérisent la région du Lavaux induisent donc qu'elle réside légèrement plus haut. Les analyses montrent que les tessellées sont toutes identiques, et que 2 vipérines, 594 et 422 sont semblables. Les résultats de cette variable sont illustrés par le graphique 6, à la page suivante. Il faut relever que les minima et maxima d'altitude ne sont qu'indicatifs. En effet, l'indice de confiance de précision de l'appareil GPS utilisé étant parfois fortement variable, jusqu'à plusieurs mètres. Comme ce critère ressort comme significatif, il sera tout de même retenu, mais avec une certaine réserve.



Graphique 6 : Comparaison des différences de résidence en terme d'altitude.

### 4.3.2 Orientation

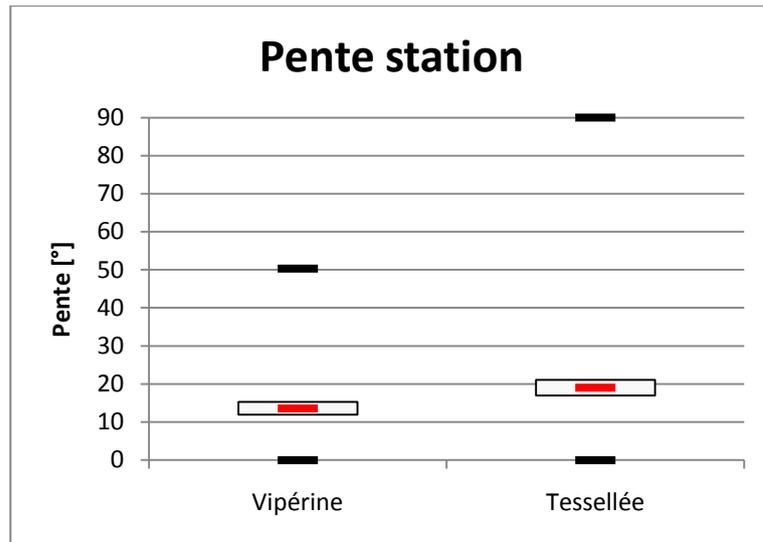
On observe une forte tendance (ANOVA:  $F_{1,593}=81.909$   $p<0.05$ ), les tessellées sont significativement plus orientées sud, les vipérines étant plutôt orientées sud-ouest (voir graphique 7). De plus, les 3 vipérines ne sont pas significativement différentes. Il est notable qu'une tessellée, 604, ait un comportement significativement similaire aux vipérines. Les résultats obtenus peuvent être influencés par les caractéristiques physiques du site. En effet, celui-ci est en arc de cercle donc chaque individu possède des valeurs propres sauf les individus regroupés sur une faible surface. Ce critère sera retenu.



Graphique 7 : Comparaison des préférences en matière d'orientation de la station

### 4.3.3 Pente

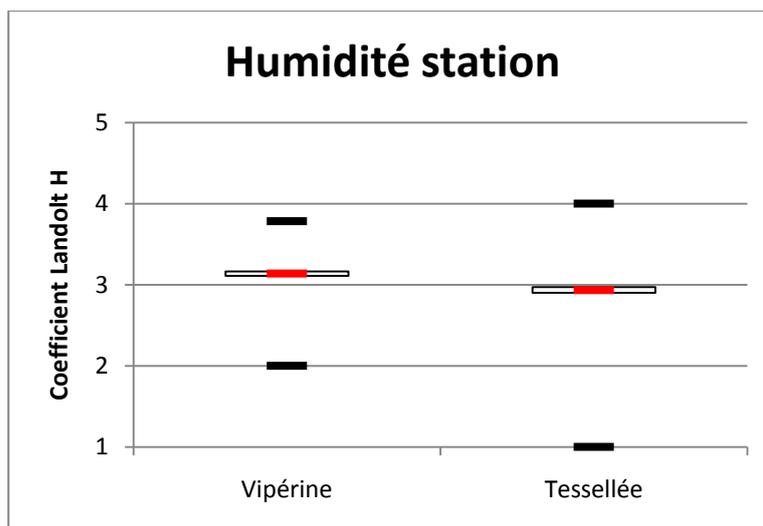
Pour cette variable, la différence des moyennes est de 0.09 points, ce qui est faible. Les vipérines obtiennent des résultats qui les placent cependant significativement sur des pentes plus faibles, voir le graphique 8 (page suivante) (ANOVA:  $F_{1,592}=13.304$   $p<0.05$ ). On dénote des différences interindividuelles fortes au sein des mêmes groupes. Par exemple, 545 (t) est très différent de tous les autres individus, sauf 563 (t). De plus, 443 (v) est significativement proche de 555 (t) et 604 (t). Ainsi, on ne peut pas considérer ce critère comme réellement déterminant. On relèvera néanmoins, en accord avec les travaux réalisés précédemment, que les vipérines ont une tendance à avoir une préférence pour des pentes plus faibles, de l'ordre de  $14.2^\circ$  en moyenne, contre  $19.3^\circ$  pour la tessellée.



**Graphique 8 :** Comparaison en matière de préférence de pente de la station

#### 4.3.4 Indice d'humidité basé sur les valeurs Landolt

Avec une différence de moyenne de 0.2 points, cet indice est significativement en faveur des vipérines (ANOVA:  $F_{1,591}=35.240$   $p<0.05$ ). Au niveau individuel, on remarque que les individus 443 (v) et 422 (v) sont significativement proches, tout en étant significativement différents des tessellées, à l'exception de 413 (t) qui reste non significativement proche des vipérines. L'individu 594 (v) reste proche des deux autres vipérines avec un  $p=0.901$ , sans être significativement différent des tessellées. Celles-ci obtiennent, quant à elles, des résultats peu homogènes entre elles. À la lumière de ces résultats, nous pouvons conclure que les stations humides sont plutôt préférées par les vipérines que par les tessellées, ceci est illustré sur le graphique 9.



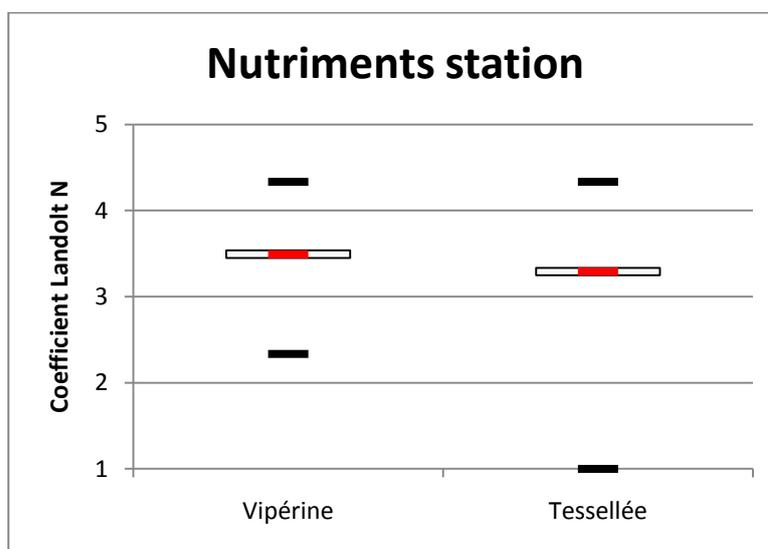
**Graphique 9 :** Comparaison des valeurs Landolt pour l'indice d'humidité de station.

#### 4.3.5 Indice de réaction basé sur les valeurs Landolt

Non significatif dans les résultats d'ANOVA (ANOVA:  $F_{1,591}=0.137$   $p=0.712$ ).

#### 4.3.6 Indice des nutriments basé sur les valeurs Landolt

La différence des moyennes de 0.2 points penche en faveur de la couleuvre vipérine de manière significative (ANOVA:  $F_{1,591}=32.774$   $p<0.05$ ). Les individus 422 (v) et 443 (v) forment un groupe homogène significativement semblable, très proche de 413 (t), mais significativement différent de 594 (v). Ce dernier obtient d'ailleurs des valeurs significativement différentes de tous les autres individus, toutes espèces confondues. Les tessellées forment un groupe relativement inhomogène avec de fortes divergences et quelques ressemblances. Illustré sur le graphique 10, cet indice montre donc une tendance à la vipérine à préférer des stations plus nitrophiles que la tessellée.



Graphique 10 : Comparaison des valeurs Landolt pour l'indice nitrophile de station.

#### 4.3.7 Indice de la lumière basé sur les valeurs Landolt

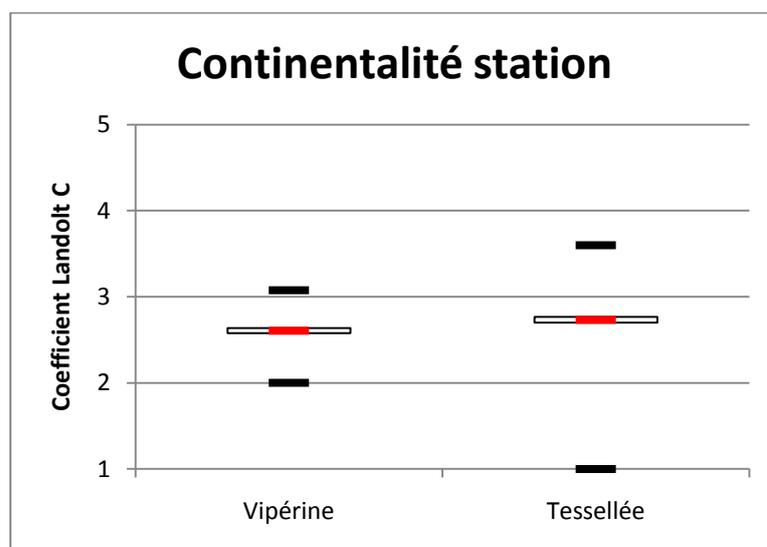
La différence des moyennes de 0.11 points est significativement en faveur de la couleuvre tessellée (ANOVA:  $F_{1,591}=16.489$   $p<0.05$ ). Au niveau de l'influence des comportements individuels sur ce résultat, la chose n'est pas évidente. En effet, cet indice semble influé par des comportements hétéroclites ou chaque individu vipérine est significativement proche d'un autre, mais aussi au moins d'un individu tessellée. Cet indice ne sera donc pas considéré comme déterminant.

#### 4.3.8 Indice de la température basé sur les valeurs Landolt

La relative faible différence des moyennes de 0.07 points est significativement en faveur de la couleuvre vipérine (ANOVA:  $F_{1,591}=6.507$   $p=0.011$ ). Cependant, bien que les individus 422 (v) et 443 (v) soient significativement semblables, ils le sont tout autant avec 555(t). Les tessellées obtiennent des valeurs qui ne sont pas homogènes et non significativement proches. On observe une forte variabilité des comportements individuels et cet indice ne semble pas comporter d'intérêt particulier.

### 4.3.9 Indice de continentalité basé sur les valeurs Landolt

La différence des moyennes de 0.12 points est significativement en faveur de la couleuvre tesselée (ANOVA:  $F_{1,591}=22.300$   $p<0.05$ ). 422 (v) et 594 (v) ne sont pas significativement semblables, mais elles obtiennent des valeurs proches, tout en étant proches de 563 (t) et 604 (t). L'individu 443 (v) est isolé et n'obtient aucun résultat significatif. Les individus tesselées obtiennent des résultats inhomogènes, mais parfois proches, tel que 413 (t) qui est significativement proche de 422 (v), 594 (v), 563 (t) et 604 (t). On peut donc soupçonner une très légère tendance à la tesselée à avoir un comportement la poussant à préférer les stations plus continentales, ce qui est en accord avec sa répartition naturelle. Les résultats de cette variable sont visibles sur le graphique 11.



**Graphique 11** : Comparaison des valeurs Landolt pour l'indice de continentalité de station.

Afin de résumer les résultats présentés et pondérés ci-dessus, un récapitulatif sous forme de tableau permet de visualiser les critères retenus et ceux évincés. Ce tableau est consultable en annexe 14.

## 4.4 Espèces végétales

Si l'analyse des résultats des  $\text{Khi}^2$  a été complète, elle ne sera cependant pas présentée intégralement. En effet, il serait fastidieux d'exposer le raisonnement d'analyse des 70 plantes déterminées. Seules les plantes dont l'analyse des résultats du  $\text{Khi}^2$  est validée comme significative seront présentées. Les espèces végétales qu'une espèce de serpent a une tendance significative à côtoyer plus régulièrement sont résumées dans le tableau 5, voir page suivante.

Un récapitulatif de toutes les espèces végétales déterminées et de leur coefficient Landolt associé est visible sur l'annexe 12. De plus, l'ensemble des espèces végétales réparties par fréquence de relevé par espèce est consultable à l'annexe 13.

Couleuvre vipérine	Couleuvre tesselée
Strate herbacée	
<i>Brassica napus</i> ( $K\chi^2=34.033$ , ddl=1, p=0)	<i>Carex sylvatica</i> ( $K\chi^2=3.686$ , ddl=1, p=0.017)
<i>Dactylis glomerata</i> ( $K\chi^2=16.726$ , ddl=1, p=0)	<i>Equisetum telmateia</i> ( $K\chi^2=71.952$ , ddl=1, p=0)
	<i>Eupatorium cannabinum</i> ( $K\chi^2=17.977$ , ddl=1, p=0)
	<i>Euphorbia cyparissias</i> ( $K\chi^2=30.827$ , ddl=1, p=0)
	<i>Geranium robertianum</i> ( $K\chi^2=13.524$ , ddl=1, p=0)
	<i>Hypericum perforatum</i> ( $K\chi^2=40.052$ , ddl=1, p=0)
	<i>Melilotus albus</i> ( $K\chi^2=13.892$ , ddl=1, p=0)
	<i>Sanguisorba minor</i> ( $K\chi^2=16.553$ , ddl=1, p=0)
	<i>Verbascum thapsus</i> ( $K\chi^2=20.566$ , ddl=1, p=0)
Plantes rampantes	
	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> ( $K\chi^2=7.397$ , ddl=1, p=0)
Strate buissonnante	
	<i>Prunus avium</i> ( $K\chi^2=70.343$ , ddl=7, p=0)

**Tableau 5** : Relations de côtoisement significatif entre espèces étudiées et espèces végétales

## 4.5 Domaines vitaux

Les domaines vitaux sont représentés à l'annexe 15. Le secteur au sud-est de la plage d'Epesse est dense en individus, de façon à mieux appréhender cette zone, un grossissement est visible sur l'annexe 16. Les moyennes de surfaces des domaines vitaux terrestres intergroupes sont de 0.27 hectare pour la vipérine et de 0.274 hectare pour la tessellée. La différence des moyennes est faible, de l'ordre de 40m<sup>2</sup>, ce qui représente environ 1.5%.

La surface de domaine vital par individu est représentée sur le tableau 6.

Individu	Domaine vital [ha]
422 (v)	0.72
443 (v)	0.07
594 (v)	0.02
555 (t)	0.56
604 (t)	0.34
413 (t)	0.22
545 (t)	0.15
563 (t)	0.1

Tableau 6 : Surface des domaines vitaux par individu

## 5 Synthèse et discussion des résultats

Les tests montrent des comportements individuels assez variés, même au sein de la même espèce. Les résultats statistiques bruts sont à relativiser en raison des fortes variances des comportements individuels. De plus, la répétabilité, conséquence du faible pool d'individus suivis (3 couleuvres vipérines et 5 couleuvres tessellées) illustre le fait que de nombreuses mesures ont été effectuées sur les mêmes individus. On observe donc plutôt un ensemble de comportements individuels et non celui d'un groupe homogène.

De plus, la relative faible diversité des structures physiques sur le site induit des comportements relevés comme similaires. Dans un contexte plus naturel, les différences seraient peut-être plus significatives. Dans ce travail, il s'agit cependant de travailler sur les populations inféodées au site et à ses caractères physiques, il faut donc les considérer comme un ensemble indissociable. Il ne serait donc probablement pas approprié d'importer et d'appliquer directement des aménagements et techniques de gestion d'un site aux propriétés différentes. Le cas échéant, il s'agirait au moins d'étudier la faisabilité et les chances de succès avant de le faire.

Cependant, comme nous avons pu le voir au point 4, après analyse et pondération des résultats statistiques, certaines tendances significatives peuvent être observées. Afin de faciliter la lecture et la compréhension des résultats présentés, une synthèse des éléments retenus comme significatifs et présentant une tendance discriminante entre vipérines et tessellées est exposée sous forme de tableau (voir tableau 6, page suivante).

Une hiérarchie d'importance des critères peut être exprimée. Cela en se basant sur les conclusions de travaux précédents, sur les résultats obtenus dans ce travail. La hiérarchie reste subjective, elle est exprimée dans le tableau 7 (voir page suivante) par des étoiles : \*\*\*=importance grande, \*\*=importance moyenne, \*=peu important

	Importance	Couleuvre vipérine	Couleuvre tessellée
<b>Critères environnementaux</b>			
Densité d'anfractuosités	***	Tendance à préférer les milieux minéraux à forte densité d'anfractuosités.	Peut se contenter de milieux minéraux lisses et colmatés.
Bloc immergés >50cm	**	Tendance à préférer des milieux immergés avec une dominance de matériaux de diamètre moyen plus faible.	Peu regardante sur la qualité granulométrique du fond.
Sable immergé	*	Tendance à préférer des milieux aquatiques présentant une surface de sable immergée.	Peu regardante.
Recouvrement str. buissonnante	*	Non significativement.	Tendance à préférer les milieux à couverture buissonnante basse.
<b>Critères stationnels</b>			
Altitude	*	Tendance à occuper les habitats en retrait, plus en hauteur.	Plus proche de l'eau.
Orientation	**	Moins stricte, orientation plutôt Sud-Ouest	Forte tendance à préférer les stations orientées Sud.
Pente	***	Tendance à préférer les pentes faibles.	Peut demeurer sur des pentes fortes à quasi verticales.
Landolt humidité	***	Tendance à préférer les stations plus humides.	Résultats peu homogènes.
Landolt nutriments	***	Tendance à préférer les stations plus nitrophiles.	Résultats peu homogènes.
Landolt continentalité	**	Résultats peu homogènes.	Légère tendance à favoriser les stations plus continentales

**Tableau 7** : Synthèse des résultats significatifs retenus, comparaison des préférences entre vipérine et tessellée.

Au vu des résultats, en accord avec le travail de GIANO K. 2011, il semble donc que la qualité des surfaces minérales doit présenter des anfractuosités ainsi que des cavités propices à l'hivernage, à la ponte ou encore à la thermorégulation, sans exposition à découvert, pour être légèrement plus propice à la vipérine. La vipérine privilégierait de plus les milieux à couverture buissonnante éparse.

Il semble de plus que la qualité granulométrique de la benne lacustre joue un certain rôle dans la répartition des couleuvres vipérines. Cela reste à relativiser, car un facteur

probablement plus important que la granulométrie reste la densité de proies disponibles. Ainsi, la proie la plus chassée induisant un effet de facteur limitant en début de saison de chasse, est le chabot. Afin de le rendre naturellement le plus présent possible, en des densités de populations qui réduisent la compétition trophique, celui-ci doit trouver un habitat de qualité. La benne lacustre telle que présente sur le site semble favorable. Dans le cadre de recherches complémentaires, il serait souhaitable d'étudier la dynamique de la population de chabots et d'évaluer sa disponibilité pour les couleuvres.

Les résultats des critères stationnels mis ensemble donnent un aperçu des différences et similarités entre vipérine et tessellée plus clair que les variables environnementales seules. Les résultats obtenus confirment des comportements déjà connus ou soupçonnés. Notamment en ce qui concerne l'humidité, l'orientation et la pente, MAZZA G., en 2007, les faisait ressortir comme significatives. De plus, la couleuvre tessellée est, de par son aire de répartition naturelle, généralement reconnue comme une espèce plus continentale.

Les stations plus nitrophiles sont généralement caractérisées, toutes strates confondues, par une végétation souvent plus dense et plus haute. En ce qui concerne la couleuvre vipérine, cela ne ressort pas dans les résultats du recouvrement végétal par strate. La largesse des catégories utilisées pour les relevés ne permet peut-être pas de mettre en avant des nuances aussi fines. Ainsi, les coefficients Landolt des espèces végétales principalement côtoyées trahissent cette légère tendance à préférer les stations nitrophiles. La couleuvre vipérine y trouve probablement des caches nombreuses de même qu'un tampon thermique et hydrique propice. En accord avec les résultats de MAZZA G., 2007, il est remarquable que l'humidité d'une station avantage les couleuvres vipérines.

Il est notable que la renouée du Japon est largement présente, parfois dominante, sur une partie étendue du linéaire de berge étudiée. Si cela ne ressort pas significativement des résultats d'analyse, selon des observations personnelles et une communication personnelle de URSENBACHER S., elle semble profiter plutôt à la tessellée. En effet, la couleuvre tessellée est régulièrement observée en thermorégulation sur des branches de renouée. Cependant, il faudrait pousser les investigations afin de voir s'il y a réelle corrélation entre tessellée et renouée.

La tendance de la vipérine à s'éloigner plus du rivage que la tessellée est observée en considérant les résultats de cette étude. Ce critère mériterait d'être confirmé. En effet, les relevés ont été effectués principalement en juin, en pleine période de ponte de la vipérine. La couleuvre tessellée se reproduit en mai et il est possible que les relevés aient été effectués trop tard pour observer les mouvements de la couleuvre tessellée. De plus, la ponte ou la mue peuvent être relativement rapides et on ne peut pas exclure que le hasard des relevés ait manqué des déplacements. Ainsi, il serait souhaitable, lors d'une étude prochaine, de confirmer cette tendance de la vipérine à s'éloigner plus du lac que la tessellée. Cela peut être capital dans la considération et l'aménagement des habitats plus éloignés des rives.

Grâce à ces résultats, on peut cependant démontrer que les couleuvres traversent les voies ferrées régulièrement et peuvent remonter jusqu'à la route. On a même ponctuellement relevé des déplacements dont l'amplitude mènera l'individu au-delà de la route (URSENBACHER S., MONNEY J.-C., com. pers.). Ainsi, lors de travaux et aménagements d'infrastructures de communication, de génie civil ou même rénovation de

murs dans les vignobles, il convient donc de prendre en compte les espèces de serpents présentes sur le site. Cela est développé au point 6.4.

Contrairement aux travaux de MAZZA G. (2007) et GIANO K. (2011), il est important de relever que les mesures des températures corporelles ne mettent pas en avant de différences significatives intergroupes. Il faut cependant garder à l'esprit que la durée des relevés reste courte et qu'un suivi sur le plus long terme, idéalement plusieurs saisons, mettrait peut-être en avant des différences plus significatives. De plus, il est notable que les deux efforts de suivi n'aient pas eu lieu au même moment des cycles d'activité annuels des deux espèces. En effet, ce travail a été effectué tôt dans la saison, en pleine période de reproduction et ponte. Le travail de GIANO K. (2011) a été effectué après la fin de la période de reproduction, à un stade où les individus se préparent à hiberner. Ainsi, on ne peut pas affirmer que les comportements thermiques ne diffèrent pas entre ces deux périodes. Si nous pouvons subjectivement en prendre connaissance, nous ne pouvons donc pas objectivement comparer les résultats thermiques issus de ce travail à ceux de GIANO K. in press.

Les localisations GPS permettent de tracer les déplacements de chaque individu. Leurs domaines vitaux ont donc été calculés (voir tableau 5). Ils peuvent être visualisés sur des cartes sur les annexes 15 et 16. Ainsi, en considérant les résultats de ce travail, la surface des domaines vitaux terrestres des deux espèces semble plus ou moins correspondre.

Il est essentiel de relever qu'en raison de manque de temps, contrainte inhérente au contexte académique de ce travail, seule une partie des données relevées ont été traitées. Ainsi, il reste un certain travail d'analyse qui pourrait encore apporter des résultats intéressants. Un grand nombre d'aspects restent à analyser. En priorité, il serait notamment souhaitable d'approfondir l'aspect des domaines vitaux. Il serait de plus intéressant d'étudier les déplacements journaliers et nocturnes en termes quantitatifs, mais aussi en amplitude. La fréquence et l'amplitude des déplacements pourraient aussi être comparées aux températures corporelles.

Comme vus ci-dessus, les résultats de cette étude montrent des tendances qui se démarquent et se recoupent avec les conclusions des travaux de recherche précédemment effectués sur le site. Cela permet d'avoir une vision générale des comportements des couleuvres vipérines et couleuvres tessellées sur le site de Lavaux et de hiérarchiser les critères en termes d'importance discriminante. La mise en place d'un effort de conservation de la couleuvre vipérine est abordée au chapitre suivant.

## **6 Propositions de mesures de conservation de la vipérine**

Sur le site de recherche, les habitats présents semblent encore relativement favorables à la couleuvre vipérine. En effet, le fait qu'une des dernières populations importantes de Suisse soit présente sur le site est révélateur. Il est de plus important de relever que l'écologie et les comportements des deux espèces de couleuvres sont très proches. De ce fait, la mise en place de structures physiques favorables à la vipérine sera très probablement tout aussi favorable à la tessellée. La conservation et pérennisation de la couleuvre vipérine sur le site sera donc plus efficace en considérant des techniques de gestion. Cela sera présenté dans ce chapitre. Les mesures, proposées par ordre de

priorité, se basent sur les résultats de ce travail, ainsi que sur les conclusions des travaux précédemment menés sur le site.

## 6.1 Protection et gestion adéquate des habitats favorables

Comme décrit ci-dessus, nombre d'habitats comportent les caractéristiques physiques et stationnelles propices à l'accueil de la couleuvre vipérine. Ces habitats doivent être conservés en l'état. Les éléments de gestion importants sont divisés et adaptés par catégories en vue de maintenir les biotopes favorables. Un planning indicatif des périodes propices aux interventions est consultable à l'annexe 17.

### 6.1.1 Habitats terrestres

Les habitats terrestres sur le site sont caractérisés par une mosaïque de milieux minéraux, herbacés, arbustifs et arborés. La dynamique naturelle implique une évolution des milieux vers le climax. Les aménagements d'origine anthropique, tels que les enrochements de berge, fixent les dynamiques naturelles de renouvellement. Il convient de les compenser par la gestion de croissance de la végétation. Concrètement, cela implique une lutte contre l'embroussaillage et la fermeture des milieux :

- **La limitation de l'embroussaillage des pierriers et talus minéraux non colmatés.** Ces zones, favorables aux deux espèces de serpents étudiés, sont notamment prisées par de nombreux baigneurs, sur la quasi-totalité du linéaire de berge. Certains de ces pierriers sont entretenus par les baigneurs eux-mêmes (obs pers.). Généralement, il convient d'effectuer un passage tous les deux ou trois ans, selon les besoins de suppression des ligneux pionniers de ces milieux. Il faut veiller, de plus, à ce que les milieux buissonnants n'évoluent pas en milieux arbustifs et arborés. Ainsi, un entretien bisannuel des surfaces à forte couverture buissonnante consisterait en une coupe sévère de renouvellement. Cet entretien ne sera pas effectué sur la totalité des surfaces buissonnantes du site à la fois ; il est préférable de procéder par un roulement des surfaces traitées. Les déchets végétaux issus de ces entretiens seront laissés sur site.
- **La fauche extensive, sans exportation, des surfaces herbacées.** Les déchets de fauche seront ratissés et mis en tas de façon à constituer des refuges de ponte. Une fauche annuelle est préconisée, deux périodes de fauche sont envisageables :
  - ⇒ En début d'année, fin février, juste avant la sortie d'hibernation de la couleuvre tessellée. En effet, pour rappel, celle-ci sort d'hibernation environ un mois avant la vipérine. Le fait de faucher plus tôt peut diminuer la capacité de camouflage dans la végétation herbacée et éventuellement permettre aux prédateurs naturels d'avoir un meilleur succès de prédation sur la tessellée. Environ un mois après fauche, la couleuvre vipérine fraîchement sortie d'hibernation trouvera une couverture herbacée qui se sera en grande partie reconstituée.
  - ⇒ En fin d'année, jamais avant novembre. En effet, il n'est pas souhaitable de réaliser une fauche alors que les espèces cibles sont encore actives. De même, les résidus de fauche seront entassés de façon à fournir des abris de ponte à la saison suivante.

- **La limitation de recouvrement de la végétation arbustive et arborée.** Les milieux fortement fermés, qui tendent vers le climax perdent de leur intérêt pour les reptiles. En effet, les conditions thermiques n'étant pas optimales, ces milieux semblent peu utilisés. On veillera cependant à conserver un certain couvert, la couleuvre vipérine affichant une certaine préférence pour les milieux humides et nitrophiles. L'objectif est de limiter l'expansion du couvert ligneux. Ainsi, on pratiquera des coupes sélectives sévères tous les 10 ans. De même que pour la végétation herbacée, on préférera intervenir lorsque les espèces sont inactives, en hiver entre novembre et début février. Les déchets d'entretien seront laissés en tas sur place.

**La lutte contre la renouée du Japon.** La renouée est une néophyte naturalisée qui figure sur la liste noire des espèces végétales invasives. Les résultats de cette étude ne démontrent pas de corrélation significative entre la couleuvre tessellée et la renouée du Japon. Et cette mesure se situe en marge des mesures destinées à favoriser directement la couleuvre vipérine. Cependant, très colonisatrice, la renouée peut, à long terme, fortement dégrader la diversité végétale présente sur les berges, éventuellement jusqu'à en constituer l'essentiel. Cela ne serait bénéfique pour aucune espèce vivante sur le site. Ainsi, connaissant les grandes difficultés à se débarrasser de cette plante une fois installée, il convient d'établir un processus de limitation et d'éradication. Dans cet objectif, les moyens à appliquer sont la seule méthode de lutte réellement efficace connue et conseillée par la commission Suisse pour la conservation des plantes sauvages : l'injection d'herbicide pur directement dans la tige et l'incinération de la partie végétative. Cela doit être effectué avant floraison, soit entre juin et juillet. L'opération doit être répétée chaque année jusqu'à disparition des massifs de renouée ([www.cps-skew.ch](http://www.cps-skew.ch)).

### 6.1.2 Habitats aquatiques

Les habitats aquatiques ne concernent pas directement les couleuvres. Ils doivent cependant répondre à une certaine qualité de façon à ce que les couleuvres aquatiques puissent chasser activement ainsi qu'à l'affût. Ils constituent de plus l'habitat de leur principale proie. Il convient donc de les conserver en l'état et idéalement de les améliorer afin que les proies soient abondantes et disponibles. Cet aspect mériterait d'être approfondi par une meilleure connaissance de la densité de population du chabot dans le secteur du Lavaux.

## 6.2 Maintien des campagnes d'avulsion

Les campagnes d'avulsion de la couleuvre tessellée sont actuellement les seules mesures de gestion en place qui aient un effet significativement positif prouvé sur la population de couleuvre vipérine. Il s'agit de ne pas y mettre fin de façon anticipée. La conjugaison de cet effort en synergie à d'autres mesures de gestion présentées dans ce travail permettrait peut-être à la couleuvre vipérine de reprendre l'ascendant sur la tessellée.

## 6.3 Communication et sensibilisation

Durant la récolte des données, de nombreuses personnes ont été rencontrées de manière informelle et force est de constater que la présence de serpents sur le site est relativement connue du public. Cependant, de nombreuses personnes confondent les espèces avec des vipères et ont des comportements inappropriés par manque

d'instruction. Contrairement au panda, les serpents ne bénéficiant pas d'une reconnaissance sociale positive, ils véhiculent une image de dangerosité et constituent pour de nombreuses personnes une menace à éliminer. Ainsi, des individus sont directement tués. Pour illustrer ce fait, nous pouvons considérer une inscription visible sur une pierre qui mentionne « attention vipères ». Cet artefact incarne l'état des relations de méfiance entre public et serpents dont les couleuvres pâtissent.

La sensibilisation vise à améliorer la cohabitation entre public et couleuvres. Pour cela, elle doit mettre en avant le caractère inoffensif des couleuvres, ainsi que leur présence naturelle sur le site. De plus, un rappel de leur statut de protection et des mesures mises en place pour les conserver doit rendre visible les efforts entrepris pour leur protection. Cette sensibilisation devrait prendre plusieurs formes, en fonction du public à atteindre. Ainsi, pour toucher le public qui utilise le site de manière récréative, on peut envisager la pose de panneaux explicatifs et pédagogiques aux entrées du site. Suivant l'intérêt exprimé du public, il serait aussi envisageable d'organiser des événements de plus grande ampleur, par exemple des sorties thématiques, des conférences publiques et l'accueil de jeunes à l'occasion de sorties extrascolaires. Il existe aussi toute une population de professionnels qui travaillent régulièrement sur le site, vigneron, travailleurs des CFF et pêcheurs en constituant l'essentiel. Une information en entreprise sur les espèces peuplant le site, améliorerait les conditions de travail pour ces personnes dont certains travaillent dans l'inquiétude de se faire mordre et limiterait d'autant les mortalités directes.

## 6.4 Considération de la vipérine dans les aménagements et chantiers futurs

À long terme, le site n'est pas figé. Des chantiers d'aménagement ou de rénovation des infrastructures de communication, de génie civil ou de murs de soutènement vont inmanquablement avoir lieu. Par exemple, un projet de construction d'une passerelle est actuellement dans sa phase de conception sur le site de Treytorrens. De manière générale, lors de travaux, il est capital de tenir compte des espèces de couleuvres présentes. Cela durant les deux phases des travaux :

### 6.4.1 Durant la conception

Afin d'être efficace, la prise en compte des espèces de couleuvres doit avoir lieu en amont et constituer un critère dans le processus de conception d'aménagements. Deux aspects sont cruciaux pour une bonne intégration dans le complexe du site :

- **Réduction des obstacles au déplacement**

L'amélioration de la connectivité transversale (sur un axe perpendiculaire à la rive) entre habitats favorables est importante. En effet, il semble que les couleuvres aquatiques remontent au-delà de la route pour trouver des lieux de ponte et d'hivernage, des individus sont régulièrement retrouvés écrasés sur la route. Lors de travaux sur cette dernière, il convient de placer des passages à faune adaptés.

- **Aménagement annexe de compensation**

Les projets de génie civil ont une vocation essentiellement utilitaire. Souvent verticales et très colmatées, les constructions doivent répondre à des impératifs structurels qui ne les rendent pas forcément propices à l'accueil de la faune ni de la

flore. Ainsi, ces constructions doivent être accompagnées d'aménagements annexes qui seraient favorables aux espèces cibles et constitueraient de nouveaux habitats colonisables par les couleuvres. De plus, cela améliorerait sensiblement leur intégration dans le paysage. Un exemple d'aménagement annexe propice est présenté en annexe 18.

La coupe présentée en annexe 18 a été réalisée sur les bases des résultats de ce travail et en tenant compte des conclusions des travaux de MAZZA G. (2007) et GIANO K. (2011). La pente du talus, élément important, ne doit pas excéder 30%. La masse générale du talus est constituée de grosses pierres de taille variable empilées, mais pas arrangées. De cette façon, de nombreuses anfractuosités seront favorables aux serpents. La couverture du talus est constituée d'une mosaïque entre surfaces minérales et surfaces d'humus végétalisé. La couverture végétale est éparse et les strates qui ont le plus haut taux de recouvrement sont la strate herbacée et arbustive basse. Les strates buissonnantes et arborées peuvent être ponctuellement présentes voire dominantes sur de petites surfaces. Les différents types de végétation offrent des caches ainsi que des tampons hydriques et thermiques favorables aux espèces cibles. La présence de plantes rampantes améliore la connectivité avec l'arrière de l'habitat en facilitant les déplacements.

Il est notable que ce type d'aménagement, malgré le volume et le poids des matériaux importants, peut être relativement facilement mis en place. En effet, le voisinage des voies de chemin de fer et du lac constitue un potentiel d'acheminement de matériel important qu'on ne retrouverait pas sur des sites plus isolés. De plus, la proximité avec le lac peut permettre de mettre en œuvre des machines de taille importante sur des barges flottantes, limitant ainsi d'autant leur impact sur les milieux terrestres et permettant d'effectuer des travaux d'envergure. Il est relevable que ce type d'aménagement peut immédiatement être mis en place sur certaines parties du linéaire de berge du site.

#### **6.4.2 Durant le chantier**

Les chantiers devront avoir lieu durant des périodes propices. Si des interventions nécessitent du terrassement, on préférera les effectuer durant la période d'activité des couleuvres. Ainsi, elles ne seront pas surprises durant leur hibernation et pourront trouver refuge dans les sites voisins. Il convient de plus d'éviter au maximum de perturber les habitats de grande qualité pour les couleuvres. Si des machines sont présentes pour la réalisation de quelque chantier d'envergure, il peut être intéressant de les utiliser afin d'effectuer les opérations d'entretien ou de construction d'aménagements annexes.

## 7 Conclusion

Selon les résultats de ce travail, un certain nombre de tendances, aussi ténues soient-elles, sont mises en lumière et sont en accord avec des travaux précédents. Ainsi, bien que très proches, les couleuvres tessellées et les couleuvres vipérines semblent connaître quelques différences de comportement. La couleuvre tessellée affectionne les stations plutôt continentales, supporte des pentes relativement raides, orientées Sud et comportant une certaine couverture de végétation arbustive. Elle semble de plus pouvoir se contenter d'habitats minéraux colmatés. La couleuvre vipérine affectionne, quant à elle, les stations plus humides et nitrophiles ainsi que d'orientation Sud-Ouest. Les surfaces minérales sont préférées si elles comportent des anfractuosités.

La couleuvre tessellée semble, dans l'ensemble, avoir des comportements plus généralistes qui lui permettent de se satisfaire de stations plus simples et moins proches de l'état naturel. Aussi, ses performances en termes de reproduction et de prédation en font donc une espèce plus compétitive.

Ce travail de recherche est centré sur des variables environnementales propres au site de Lavaux. Les résultats de cette étude ne permettent pas de mettre en évidence des différences flagrantes d'utilisation des habitats. La courte durée des suivis, condition inhérente au contexte de ce travail, en est peut-être en partie la cause. On relève cependant un certain nombre de tendances qui confirment les résultats et les conclusions de travaux réalisés précédemment sur le site de Lavaux.

La couleuvre tessellée est placée en principale accusée, après la dégradation des habitats, en termes de pression sur la population de couleuvres vipérines. Afin d'avoir une approche plus exhaustive des conditions de vie de la couleuvre vipérine, il s'agit aussi de prendre en considération des variables plus externes au site. On ne peut pas nier le contexte viticole de la région de Lavaux qui exerce probablement des impacts sur les biotopes naturels voisins. Ainsi, en plus de la persévérance de l'étude des comportements, il serait par exemple intéressant de mener une étude écotoxicologique sur les couleuvres ainsi que sur leurs proies. Cela afin de vérifier si un phénomène de bioaccumulation ne contribue pas, et dans quelle mesure, à affaiblir la population de couleuvre vipérine. Cela a déjà été effectué sur des sites soumis à de fortes influences des techniques agricoles. On peut nommer le travail de recherche de SANTOS X. & al. (1999) qui a mis en évidence des impacts négatifs de l'utilisation de certains produits phytosanitaires sur la santé générale des populations de couleuvres.

À long terme, la couleuvre vipérine pourrait être totalement remplacée par la couleuvre tessellée déjà bien implantée. Ainsi, il convient de développer des zones de protection où la gestion et les aménagements visent à favoriser la vipérine aux dépens de la tessellée. Cela représente un effort non négligeable et dépendra bien évidemment d'un choix sociétal qui devra peser le coût général des interventions en termes de ressources économiques et humaines et les bénéfices en termes de biodiversité de la conservation de la couleuvre vipérine sur le site de Lavaux. En effet, sans soutien populaire et sans levier politique, il devient difficile de trouver les ressources nécessaires à une protection efficace. C'est pourquoi il ne faut pas négliger la dimension de sensibilisation, à compter parmi les premières mesures relativement simples et rapides à mettre en place.

## 8 Bibliographie

- ARNOLD N., OVENDEN D. (2002). Le Guide herpéto. Delachaux et Niestlé, Paris, 288p.
- ATS, (2000), Temperature calibration data, 45p.
- CIARDO F. (2008) Cours de cartographie des milieux, Bureau d'études biologiques Raymond Delarze, Aigle, 68 p.
- GIANO K. (2011) Habitat use and activity similarities in a fragmented habitat between two Natricine species, a native, *Natrix maura*, and an introduced, *Natrix tessellata*, using telemetry. Master of Science in Ecology, Section of Conservation Biology, Institut für Natur-, Landschaft- & Umweltschutz, University of Basel, Basel, 30 p.
- HOFER U., MONNEY J.-C., DUSEJ G. (2001) Les reptiles de Suisse Répartition – Habitat – Protection. Birkhäuser Verlag, Basel, 202p.
- KRAMER E., STEMLER O. (1992) Nos Reptiles. Publication du Muséum d'Histoire naturelle, Bâle, 96 p.
- LAUBER K., WAGNER G. (2007) Flora Helvetica Flore illustrée de Suisse. Haupt, Berne, 1631 p.
- MAZZA G. (2007) Comparaison des habitats de deux couleuvres aquatiques au bord du Léman dans le Lavaux (VD) (*Natrix tessellata* et *Natrix maura*). Travail de diplôme, Ecole d'Ingénieurs de Lullier Gestion de la Nature, 35 p.
- METZGER C., URSENBACHER S., CHRISTE P. (2009) Testing the competitive exclusion principle using various niche parameters in a native (*Natrix maura*) and an introduced (*N. Tessellata*) colubrid. In *Amphibia-Reptilia* 30, p 523-531.
- MEYER A., ZUMBACH S., SCHMIDT B., MONNEY J.-C. (2009) Les amphibiens et reptiles de Suisse, Haupt, Berne, 336 p.
- MONNEY J.-C., MEYER A. (2005) Liste Rouge des reptiles menacés en Suisse. Edit. Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, Berne, et Centre de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles de Suisse, Berne. Série OFEFP : L'environnement pratique. 48p.
- MORTON W. (1925) Une nouvelle couleuvre pour la faune vaudoise. Bulletin de la société vaudoise des Sciences naturelles, vol. 56.
- READING C. J., JOFRE G. M. (2009) Habitat selection and range size of grass snakes *Natrix natrix* in an agricultural landscape in southern England. In *Amphibia-Reptilia* 30, pp 379-388.
- SANTOS X., PASTOR D., LLORENTE G. A., ALBAIGES J. (1999) Organochlorine levels in viperine snake *Natrix maura* carcasses from the Ebro delta (NE Spain) : sexual and size-related differences. In *Chemosphere* 15, Vol. 39, 9 p.
- SCALI S., DIMITOLO G., MONTONATI S. (2001) Attività notturna comparata di *Natrix maura* e *Natrix tessellata*. In *Pianatura Scienze e storia dell' ambiente padano* n°13, p 287-290.
- URSENBACHER S., MONNEY J.-C., HOFER U. (2006) Diminution des couleuvres vipérines (*Natrix maura*) observées dans le Lavaux et implication des couleuvres tessellées (*N. Tessellata*) dans cette diminution. Résumé du 13<sup>e</sup> colloque herpétologique du KARCH, Berne.
- URSENBACHER S., MONNEY J.-C. (2010) Projet de conservation de la couleuvre vipérine (*Natrix maura*) sur les rives lémaniques (entre Lausanne et Villeneuve) : Eradication de la couleuvre tessellée (*Natrix Tessellata*). Rapport NAMA-Karch, 4 p.
- URSENBACHER S., MONNEY J.-C., HOFER U. (in press) Capture-recapture study of the alien species, *Natrix tessellata*, and the native species, *N. maura*, in Switzerland: Will the native species survive?. Department of Environmental Sciences, Section of Conservation Biology, University of Basel. 22 p.
- VACHER J.-P., GENIEZ M. (2010) Les reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544p.

## **8.1 Communications personnelles :**

Jessica Gull

Sylvain Ursenbacher

Jean-Claude Monney

## **8.2 Sites Internet**

[www.cps-skew.ch](http://www.cps-skew.ch) Commission suisse pour la conservation des plantes sauvages CPS

### **8.2.1 Programmes informatiques particuliers utilisés**

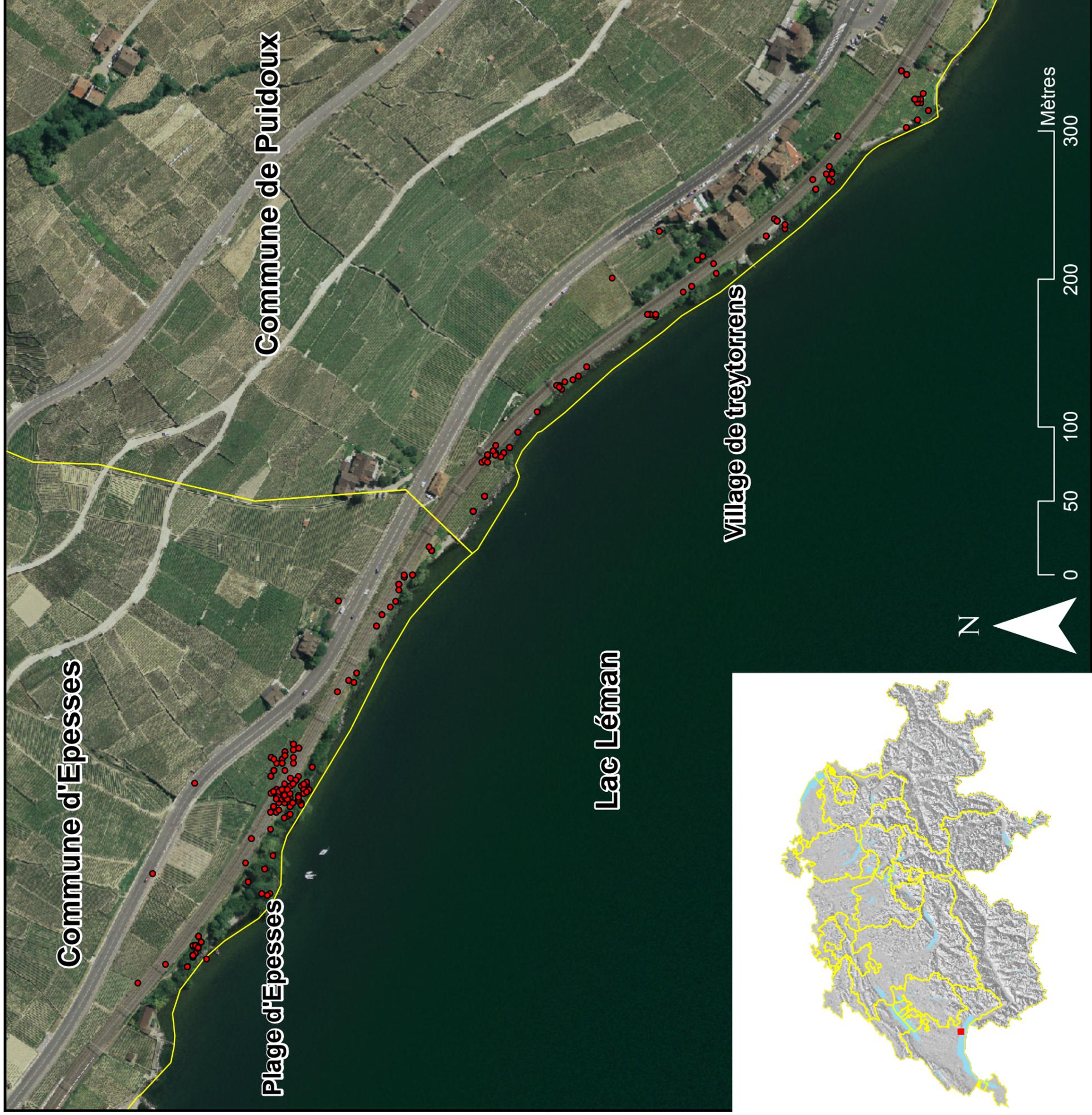
- ArcGis
- AutoCad
- R stat

## 9 Annexes

<b>Annexe 1:</b> <i>Carte de situation générale</i> .....	1
<b>Annexe 2:</b> <i>Procédure de calibration des émetteurs et courbes de régression</i> .....	2
<b>Annexe 3:</b> <i>Procédure d'implantation</i> .....	3
<b>Annexe 4:</b> <i>Conditions de détention</i> .....	4
<b>Annexe 5:</b> <i>Protocole de relevé recto et verso</i> .....	5
<b>Annexe 6:</b> <i>Saisie des températures corporelles</i> .....	6
<b>Annexe 7:</b> <i>Photographies du matériel</i> .....	7
<b>Annexe 8:</b> <i>Fiche technique du constructeur de l'émetteur</i> .....	8
<b>Annexe 9:</b> <i>Correspondance des catégories relevées et catégories d'analyse</i> .....	9
<b>Annexe 10:</b> <i>Tableaux des résultats statistiques des variables environnementales</i> .....	10
<b>Annexe 11:</b> <i>Tableau des résultats statistiques des variables stationnelles</i> .....	11
<b>Annexe 12:</b> <i>Liste des espèces végétales déterminées et leur coefficients Landolt</i> .....	12
<b>Annexe 13:</b> <i>Répartition des espèces végétales par espèce de couleuvre</i> .....	13
<b>Annexe 14:</b> <i>Tableau de récapitulation des critères retenus et éliminés</i> .....	14
<b>Annexe 15:</b> <i>Carte des localisations et des domaines vitaux</i> .....	15
<b>Annexe 16:</b> <i>Carte des localisations et des domaines vitaux, agrandissement secteur Epesses</i> .....	16
<b>Annexe 17:</b> <i>Planning indicatif des périodes d'intervention</i> .....	17
<b>Annexe 18:</b> <i>Aménagement annexe type</i> .....	18

## **Annexe n° 1**

### Carte de situation générale



## Carte de situation générale

Le site d'étude se situe dans le canton de Vaud, sur le district de Lavaux, à cheval sur les communes de Puidoux et d'Epesses.

## Légende

- Localisations GPS

Août 2011

Luc Rebetez

h e p i a  
Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève

Hes·SO GENEVE  
Haute Ecole spécialisée  
de Suisse occidentale

## **Annexe n° 2**

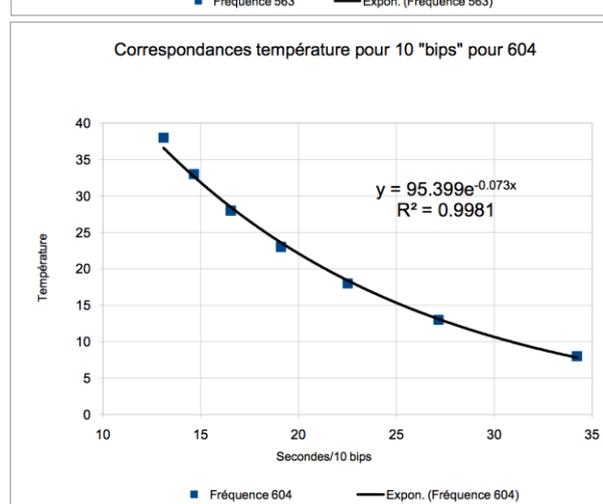
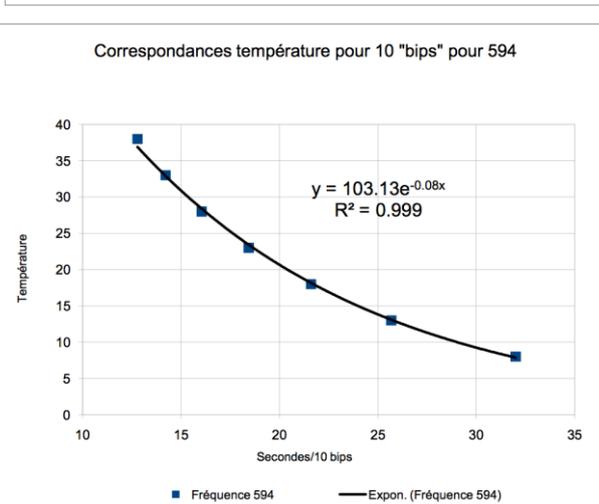
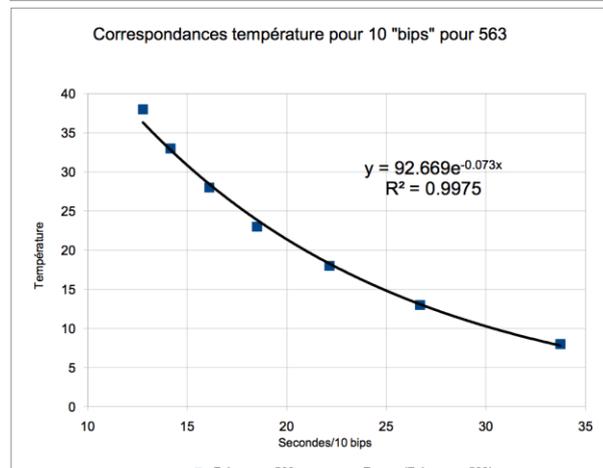
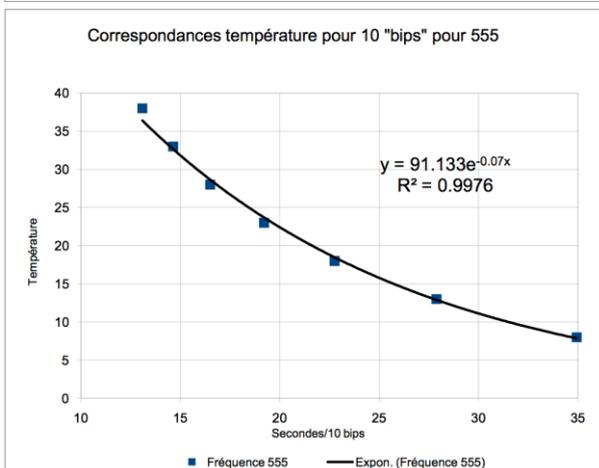
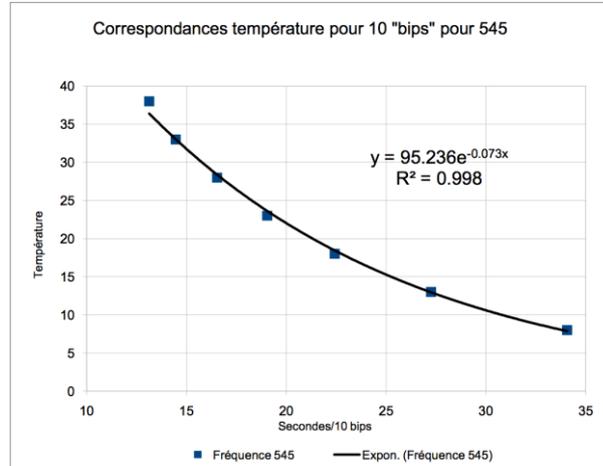
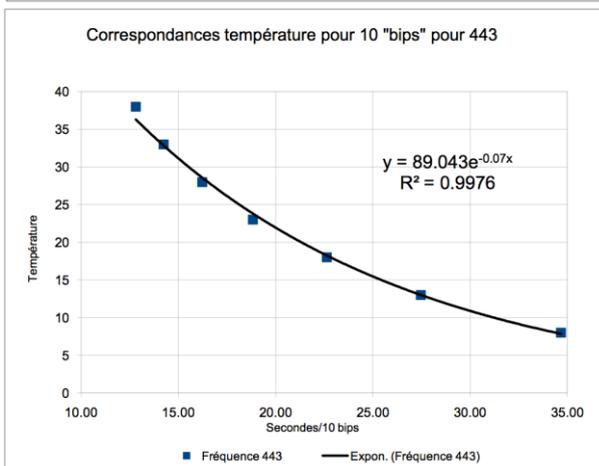
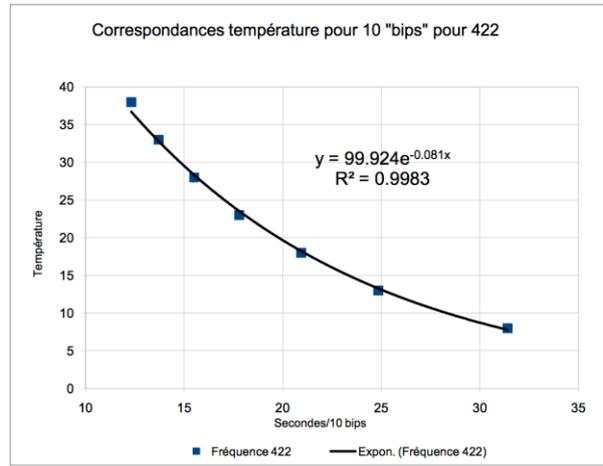
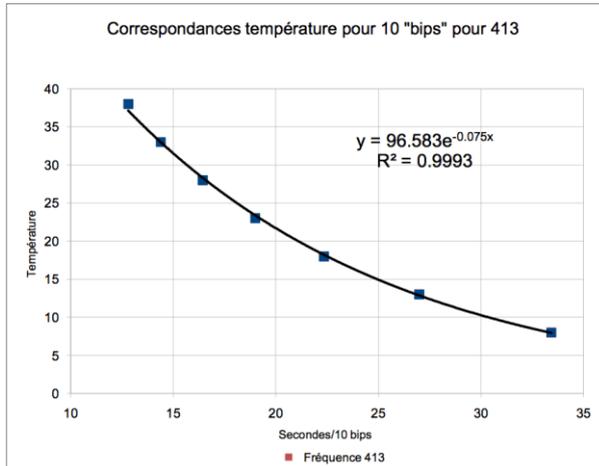
### Procédure de calibration des émetteurs et courbes de régression

## Procédure de calibration des émetteurs

La calibration thermique des émetteurs a eu lieu le 14 avril à l'institut de Sciences Environnementales de l'Université de Bâle. La calibration a été menée conformément aux recommandations du fabricant (ATS, 2000), à l'exception d'un point. Il est spécifié par le fabricant que l'émetteur doit être plongé entièrement dans de l'eau durant la calibration. Cependant, cette étude nécessitant l'implantation des émetteurs dans le corps des sujets suivis, il existe un risque d'infection postopératoire. Ainsi, dans le souci de ne pas contaminer les émetteurs avant implantation, ceux-ci ont été gardés dans leur emballage stérile durant tout le processus de calibration.

Les émetteurs ont été placés dans une armoire climatique de modèle Binder KBW480, dans leur emballage stérile d'origine. Les variations de température ont été effectuées à partir de 8°C jusqu'à 38°C en observant un pas d'augmentation de 5°C. Le calibrage à proprement parler consiste à chronométrer 10 pulsations. Chaque émetteur a été chronométré 3 fois pour chaque température, la moyenne des trois mesures faisant office de valeur finale. À partir de ces données, il a été possible de produire une courbe d'évolution du temps de 10 pulsations en fonction de la température de l'émetteur. Il a ensuite été possible grâce à Excel de faire une courbe de régression exponentielle (voir page suivante) pour chaque émetteur (voir annexe 2), de vérifier que le  $R^2$  tend vers 1 et de récupérer l'équation, qui permettra de calculer directement la température corporelle du serpent à partir du chronométrage des pulsations.

## Courbes de régression exponentielles de calibration des émetteurs



## **Annexe n° 3**

### Procédure d'implantation

(document réalisé par Jessica Gull en juin 2011)

## A modified method to implant telemetry transmitters in snakes



The snakes were intubated with a 20G venous catheter and ventilated with positive pressure using a small animal ventilator (Vetronic Services, Torquay, UK)



The snake is placed on a sterile surgical drape and covered with a sterile transparent plastic sheet.



A two cm long skin incision approximately 10cm caudally to the heart was made on the left side of the body wall.



The coelomic cavity was opened bluntly with a mosquito clamp at the ventral side of the ribs.



A 2mm urinary catheter for dogs (Arnolds®, Smiths Medical International Ltd, Kent UK) was inserted subcutaneously in caudal direction at the length of the antenna of the transmitter.



Thereafter the skin and the urinary catheter were penetrated with a surgical suture at the end of the catheter.



The urinary catheter including one end of the suture material was pulled back to the incision site.



The end of the antenna was fixed to the suture



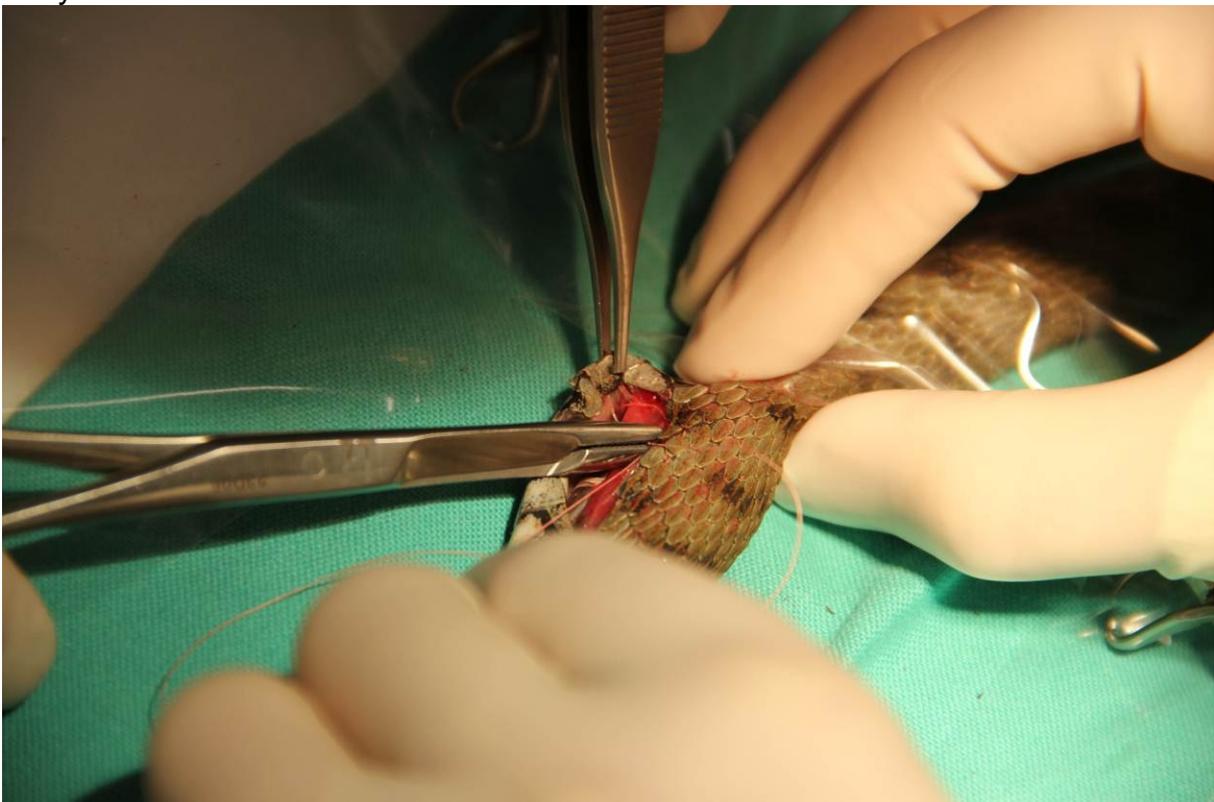
Then the surgical suture was pulled back subcutaneously pulling the antenna underneath the skin.



With a chinese finger trap suture a **Vicryl 5-0** suture was anchored to the transmitter.



The transmitter was placed into the coelomic cavity underneath the ribs. A pexia to the coelomic wall of the transmitter as well as the beginning of the antenna was made using Vicryl 5-0.



The coelomic cavity was closed in a simple continuous pattern a 5-0 polyglactin 910 (Vicryl®; Ethicon GmbH, Norderstedt, Germany).



The skin was closed in an everting pattern with a 5-0 polyglactin 910 (Vicryl®; Ethicon GmbH, Norderstedt, Germany).



Closed skin after surgery.

# **Annexe n° 4**

## Conditions de détention

### **Conditions de détention des individus implantés**

Les individus implantés ont été gardés une semaine avant relâche de façon à constater leur bonne rémission post opération. Ils ont été conservés dans une caisse en plastique (40cm X 60cm X 32cm) avec un couvercle troué de façon à laisser passer de l'air. Le fonds de la caisse a été agrémenté de papier ménage et de rouleaux de carton constituant des cachettes rassurantes pour les sujets en rémission. La caisse a été nettoyée et les agréments changés systématiquement chaque jour.

Dans le souci de prévention d'infection, les serpents ont été gardés au sec durant 4 jours après opération. Ensuite, un bol d'eau a été mis à leur disposition.

Généralement, la caisse a été gardée dans les endroits les plus frais possible, de façon à ne pas trop stimuler le métabolisme des serpents. Durant la journée, la caisse a été préservée du rayonnement direct du soleil. Durant la nuit, elle a été déposée sous une fenêtre entrouverte.

## **Annexe n° 5**

### Protocole de relevé recto et verso

## Protocole de relevé de données environnementales et stationnelles - Recto

Observateur _____	Lieu dit _____
Date & heure _____ & _____ h	Commune _____

Données générales d'observation de fréquence:  Check photo.

Température

Milieu [°C]	
Serpent [s]	

Coordonnées GPS de l'observation

N	
E	
+/- [m]	Alt. [m]



Pente [°]

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Ensoleillement      Plein - Partiel - Nul - Pluie - Nuit

Individu              Visible - Non visible

Comportement

Déplacement - Basking - Chasse

Remarques (comportement/général)

Autre: \_\_\_\_\_

### Caractérisation du milieu dans un rayon de 2m: Substrat

<b>Surface minérale</b>	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Scellé/bétonné	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
<b>Granulométrie</b>					
Bloc >50cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Pierre 10-50cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Galets 2-10cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Sable <2cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
<b>Anfractuosités</b>					
Densité [pces/m <sup>2</sup> ]	0	1-3	4-6	7-9	>10
<b>Surface d'humus</b>	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
<b>Surface d'eau</b>	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Longueur de benne lacustre [m]	nulle	<5	5-10	>10	
<b>Granulométrie du fond</b>					
Bloc >50cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Pierre 10-50cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Galets 2-10cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Sable <2cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
<b>Recouvrement végétal</b>	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Strate herbacée	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Plantes rampantes	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Strate buissonnante <3m	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Strate arbu./arborée >3m	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%

## Protocole de relevé de données environnementales et stationnelles - Verso

### Caractérisation du milieu dans un rayon de 2m: Végétation

Coefficients d'abondance et dominance	Symbole
Individus solitaires ou peu nombreux, recouvrement insignifiant	+
Individus peu nombreux, recouvrement < 5%	1
Individus nombreux, recouvrement 5% - 25% de la surface	2
Nombre d'individus quelconque, recouvrement 25% - 50% de la surface	3
Nombre d'individus quelconque, recouvrement 50% - 75% de la surface	4
Nombre d'individus quelconque, recouvrement >75% de la surface	5

Hauteurs	Symbole
Hauteur < 10cm	1
Hauteur 10 - 50cm	2
Hauteur 50 - 100cm	3
Hauteur 100 - 300cm	4
Hauteur > 300cm	5

Principales espèces	Coef. Abond. & Domin.					Hauteur					
	+	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Strate herbacée</b>	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

## **Annexe n° 6**

### Saisie des températures corporelles



## **Annexe n° 7**

### Photographies du matériel

## Photographies du matériel



**Figure 1 :** *Emetteur modèle R1680 implanté dans les sujets suivis*



**Figure 2 :** *Récepteur australis 26k*



**Figure 3 :** *Antenne directrice de type Yagi permettant l'acquisition du signal à longue distance*



**Figure 4** : Antenne directrice de type Loop permettant l'acquisition du signal à courte distance



**Figure 5** : Appareil GPS Garmin modèle GPSMAP 60CSx



Figure 6 : Chronomètre Intertronic

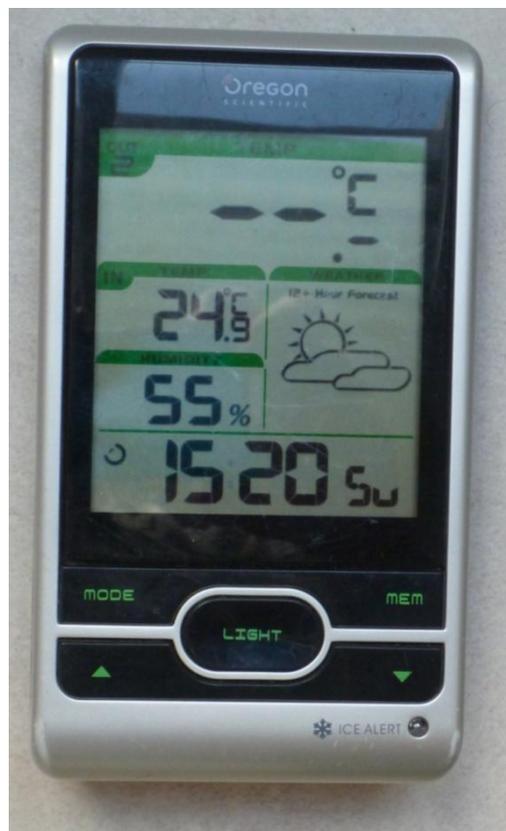


Figure 7 : Thermomètre Oregon scientific modèle BAR206

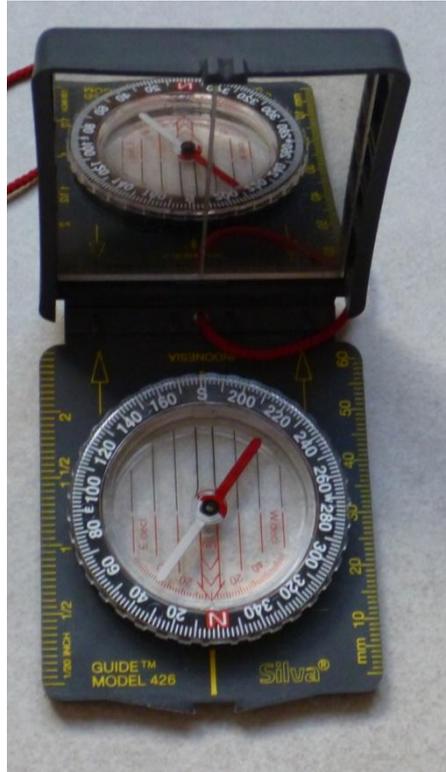


Figure 8 : Boussole à graduation en degrés

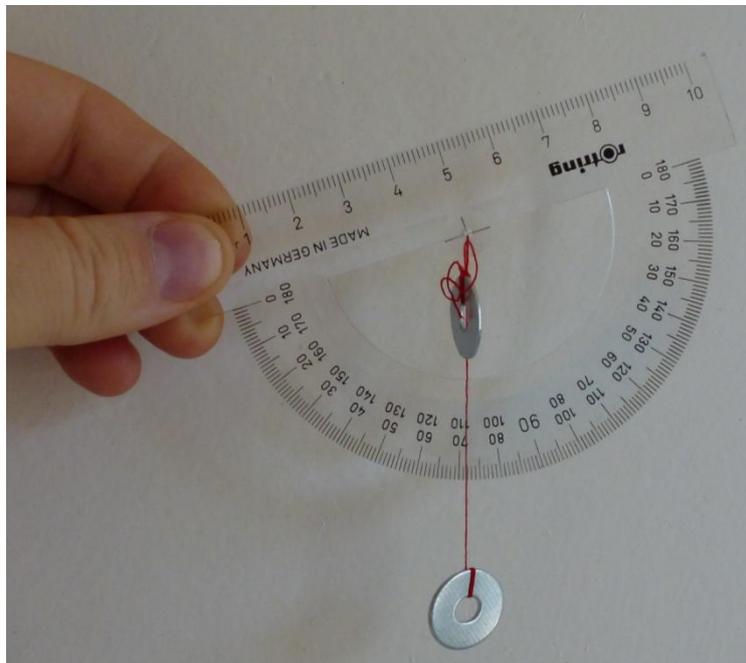
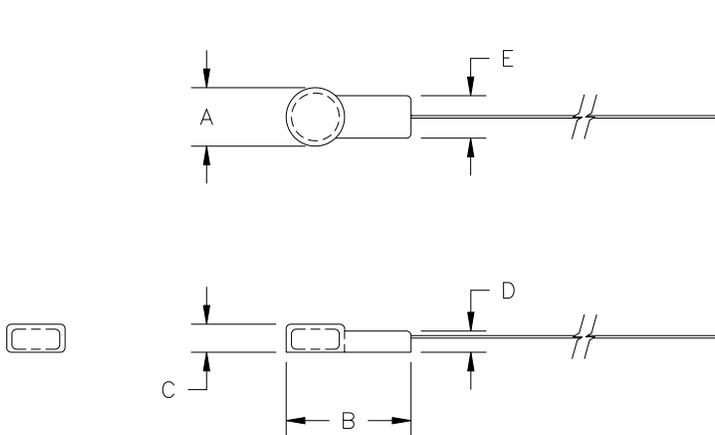


Figure 9 : Rapporteur assorti d'un fil de plomb pour évaluer la pente

## **Annexe n° 8**

### Fiche technique du constructeur de l'émetteur



### Technical Specifications

Transmitter type:	Crystal controlled 2-stage
Calibration tolerance:	± 2.5kHz
Frequency stability:	± 2.5kHz, -20°C to 40°C
Pulse rate and width:	Typical on time 20ms, off time 1.1-2.0sec (controlled by astable circuit)
Pulse rate variation:	5%/volt, ± 20% for temperatures -20°C to +40°C
Battery:	Silver Oxide
Activation:	By removing magnet
Encapsulation:	Electrical resin, water-proof, specific gravity: 1.12

MODEL	BATTERY	BATTERY CAPACITY (days)			DIMENSIONS (mm)					WEIGHT (grams)	PRICE GROUP
		30 ppm*	40 ppm	55 ppm	A	B	C	D	E		
R1610	379	34	20	14	7	18	3	4	9	1.0	A
R1620	377	58	34	25	8	19	4	4	9	1.3	A
R1630	392	94	55	40	9	20	5	4	9	1.7	A
R1640	394	164	96	70	11	22	5	4	9	2.0	A
R1650	393	158	93	68	9	20	7	4	9	2.2	A
R1660	389	198	116	85	13	24	5	4	9	2.5	A
R1670	386	257 <sup>+</sup>	150	110	13	24	6	4	9	3.1	A
R1680	357HC	441 <sup>+</sup>	258	189	13	24	7	4	9	3.6	A

\* 15 ms pulse width

<sup>+</sup> Factors other than battery capacity may reduce life.

Warranty life is 50% of battery capacity.

## **Annexe n° 9**

### Correspondance des catégories relevées et catégories d'analyse

**Tableau des correspondances des catégories relevées et d'analyse statistique**

<b>Correspondance de coefficient</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Surface minérale	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Surface colmatée	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Proportion de blocs >50cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Proportion de pierres 10-50cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Proportion de galets 2-10cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Proportion de sable <2cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Densité d'anfractuosités [pces/m2]	0	1-3	4-6	7-9	>10
Surface d'humus	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Surface d'eau	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Proportion de blocs immergés >50cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Proportion de pierres immergées 10-50cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Proportion de galets immergés 2-10cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Proportion de sable immergé <2cm	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Recouvrement végétal	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Strate herbacée	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Plantes rampantes	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Strate buissonnante	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Strate arbu. & arbo.	0%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Longueur de la benne lacustre [m]	0	<5	5-10	>10	

## **Annexe n° 10**

Tableaux des résultats statistiques des variables environnementales

## Valeurs descriptives des variables environnementales

Valeurs descriptives									
		N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95% pour la moyenne		Minimum	Maximum
						Borne inférieure	Borne supérieure		
Substrat surface minérale	Vipérine	225	2.81	1.314	.088	2.64	2.98	0	4
	Tessellée	369	2.28	1.394	.073	2.14	2.42	0	4
	Total	594	2.48	1.387	.057	2.37	2.59	0	4
Substrat bétonné	Vipérine	218	1.29	1.579	.107	1.08	1.50	0	4
	Tessellée	335	1.52	1.557	.085	1.35	1.68	0	4
	Total	553	1.43	1.568	.067	1.30	1.56	0	4
Substrat bloc >50cm	Vipérine	218	1.28	1.569	.106	1.07	1.49	0	4
	Tessellée	313	1.58	1.706	.096	1.39	1.77	0	4
	Total	531	1.46	1.656	.072	1.32	1.60	0	4
Substrat pierre 10-50cm	Vipérine	218	.69	1.018	.069	.55	.82	0	4
	Tessellée	313	.90	1.248	.071	.76	1.04	0	4
	Total	531	.81	1.163	.050	.71	.91	0	4
Substrat galets 2-10cm	Vipérine	218	2.02	1.489	.101	1.82	2.22	0	4
	Tessellée	314	2.04	1.583	.089	1.87	2.22	0	4
	Total	532	2.03	1.544	.067	1.90	2.17	0	4
Substrat sable < 2cm	Vipérine	218	.42	.612	.041	.34	.50	0	4
	Tessellée	314	.78	.891	.050	.68	.88	0	3
	Total	532	.63	.807	.035	.56	.70	0	4
Densité anfractuosités	Vipérine	219	2.84	1.324	.089	2.66	3.01	0	4
	Tessellée	338	2.08	1.504	.082	1.92	2.24	0	4
	Total	557	2.38	1.482	.063	2.25	2.50	0	4
Surface humus	Vipérine	225	2.49	1.222	.081	2.33	2.65	0	4
	Tessellée	369	2.57	1.439	.075	2.42	2.72	0	4
	Total	594	2.54	1.360	.056	2.43	2.65	0	4
Surface eau	Vipérine	225	.38	.630	.042	.30	.46	0	4
	Tessellée	364	.73	1.051	.055	.63	.84	0	4
	Total	589	.60	.929	.038	.52	.67	0	4
Long. benne lacustre	Vipérine	225	.95	1.397	.093	.76	1.13	0	3
	Tessellée	370	.94	1.185	.062	.81	1.06	0	3
	Total	595	.94	1.269	.052	.84	1.04	0	3
Immergé bloc > 50cm	Vipérine	71	2.51	.808	.096	2.32	2.70	1	3
	Tessellée	147	1.73	.799	.066	1.60	1.86	1	4
	Total	218	1.98	.880	.060	1.86	2.10	1	4
Immergé pierre 10-50cm	Vipérine	71	2.46	.808	.096	2.27	2.66	2	4
	Tessellée	148	3.26	.991	.081	3.10	3.42	1	4
	Total	219	3.00	1.005	.068	2.87	3.13	1	4
Immergé galets 2-10cm	Vipérine	71	1.30	.663	.079	1.14	1.45	1	4
	Tessellée	147	2.33	1.068	.088	2.16	2.51	0	4
	Total	218	2.00	1.071	.073	1.85	2.14	0	4
Immergé sable < 2cm	Vipérine	71	1.75	.553	.066	1.62	1.88	0	4
	Tessellée	147	1.21	.923	.076	1.06	1.36	0	4
	Total	218	1.39	.858	.058	1.27	1.50	0	4
Recouvrement végétal	Vipérine	225	2.67	1.356	.090	2.49	2.85	0	4
	Tessellée	369	3.10	1.105	.058	2.99	3.21	1	4
	Total	594	2.94	1.223	.050	2.84	3.04	0	4
R. strate herbacée	Vipérine	224	2.51	1.398	.093	2.32	2.69	0	4
	Tessellée	368	2.25	1.393	.073	2.10	2.39	0	4
	Total	592	2.35	1.400	.058	2.23	2.46	0	4
R. plantes rampantes	Vipérine	224	1.90	1.401	.094	1.72	2.09	0	4
	Tessellée	368	2.26	1.345	.070	2.13	2.40	0	4
	Total	592	2.13	1.376	.057	2.02	2.24	0	4
R. strate buissonnante < 3m	Vipérine	224	1.25	1.139	.076	1.10	1.40	0	4
	Tessellée	368	2.14	1.221	.064	2.01	2.26	0	4
	Total	592	1.80	1.266	.052	1.70	1.90	0	4
R. strate arbu. & arbo. > 3m	Vipérine	224	1.28	1.617	.108	1.07	1.49	0	4
	Tessellée	368	.94	1.300	.068	.81	1.07	0	4
	Total	592	1.07	1.437	.059	.95	1.19	0	4

## Résultats ANOVA des variables environnementales

ANOVA						
		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Substrat surface minérale	Inter-groupes	38.826	1	38.826	20.867	.000
	Intra-groupes	1101.471	592	1.861		
	Total	1140.296	593			
Substrat bétonné	Inter-groupes	6.558	1	6.558	2.675	.103
	Intra-groupes	1350.871	551	2.452		
	Total	1357.429	552			
Substrat bloc >50cm	Inter-groupes	11.097	1	11.097	4.069	.044
	Intra-groupes	1442.699	529	2.727		
	Total	1453.797	530			
Substrat pierre 10-50cm	Inter-groupes	5.824	1	5.824	4.335	.038
	Intra-groupes	710.719	529	1.344		
	Total	716.542	530			
Substrat galets 2-10cm	Inter-groupes	.044	1	.044	.018	.892
	Intra-groupes	1265.347	530	2.387		
	Total	1265.391	531			
Substrat sable < 2cm	Inter-groupes	16.220	1	16.220	26.085	.000
	Intra-groupes	329.569	530	.622		
	Total	345.789	531			
Densité anfractuosités	Inter-groupes	76.496	1	76.496	37.109	.000
	Intra-groupes	1144.082	555	2.061		
	Total	1220.578	556			
Surface humus	Inter-groupes	.861	1	.861	.465	.496
	Intra-groupes	1096.587	592	1.852		
	Total	1097.448	593			
Surface eau	Inter-groupes	17.597	1	17.597	21.078	.000
	Intra-groupes	490.040	587	.835		
	Total	507.637	588			
Long. benne lacustre	Inter-groupes	.019	1	.019	.012	.914
	Intra-groupes	955.803	593	1.612		
	Total	955.822	594			
Immergé bloc > 50cm	Inter-groupes	29.064	1	29.064	45.210	.000
	Intra-groupes	138.862	216	.643		
	Total	167.927	217			
Immergé pierre 10-50cm	Inter-groupes	30.095	1	30.095	34.389	.000
	Intra-groupes	189.905	217	.875		
	Total	220.000	218			
Immergé galets 2-10cm	Inter-groupes	51.540	1	51.540	56.381	.000
	Intra-groupes	197.455	216	.914		
	Total	248.995	217			
Immergé sable < 2cm	Inter-groupes	13.734	1	13.734	20.333	.000
	Intra-groupes	145.899	216	.675		
	Total	159.633	217			
Recouvrement végétal	Inter-groupes	25.743	1	25.743	17.701	.000
	Intra-groupes	860.952	592	1.454		
	Total	886.695	593			
R. strate herbacée	Inter-groupes	9.532	1	9.532	4.897	.027
	Intra-groupes	1148.479	590	1.947		
	Total	1158.012	591			
R. plantes rampantes	Inter-groupes	18.227	1	18.227	9.765	.002
	Intra-groupes	1101.271	590	1.867		
	Total	1119.498	591			
R. strate buissonnante < 3m	Inter-groupes	110.377	1	110.377	77.833	.000
	Intra-groupes	836.702	590	1.418		
	Total	947.079	591			
R. strate arbu.&arbo. > 3m	Inter-groupes	16.194	1	16.194	7.936	.005
	Intra-groupes	1203.966	590	2.041		
	Total	1220.160	591			

## **Annexe n° 11**

### Tableau des résultats statistiques des variables stationnelles

## Valeurs descriptives des variables stationnelles

Descriptives									
		N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95% pour la moyenne		Minimum	Maximum
						Borne inférieure	Borne supérieure		
Altitude	Tessellée	370	377.16	5.549	.288	376.59	377.72	362	394
	Vipérine	225	380.24	5.037	.336	379.57	380.90	363	397
	Total	595	378.32	5.561	.228	377.87	378.77	362	397
Sin exposition	Tessellée	370	.7048	.36093	.01876	.6679	.7417	-.77	.98
	Vipérine	225	.9308	.12745	.00850	.9140	.9475	-.26	1.00
	Total	595	.7903	.31476	.01290	.7649	.8156	-.77	1.00
Sin pente	Tessellée	369	.3255	.33240	.01730	.2914	.3595	.00	1.00
	Vipérine	225	.2350	.21332	.01422	.2070	.2631	.00	.77
	Total	594	.2912	.29612	.01215	.2673	.3151	.00	1.00
Humidité	Tessellée	369	2.967	.378	.020	2.929	3.006	.028	4.019
	Vipérine	224	3.134	.238	.016	3.103	3.166	2.253	3.736
	Total	593	3.030	.342	.014	3.003	3.058	.028	4.019
Réaction	Tessellée	369	3.380	.325	.017	3.347	3.413	.029	4.000
	Vipérine	224	3.390	.268	.018	3.354	3.425	2.665	3.856
	Total	593	3.384	.304	.012	3.359	3.408	.029	4.000
Nutriments	Tessellée	369	3.292	.424	.022	3.248	3.335	.028	4.250
	Vipérine	224	3.483	.342	.023	3.438	3.528	2.665	4.333
	Total	593	3.364	.406	.017	3.331	3.397	.028	4.333
Lumière	Tessellée	369	3.141	.358	.019	3.104	3.178	.025	4.000
	Vipérine	224	3.035	.203	.014	3.008	3.062	2.471	3.622
	Total	593	3.101	.313	.013	3.076	3.126	.025	4.000
Température	Tessellée	369	3.745	.387	.020	3.705	3.784	.032	4.354
	Vipérine	224	3.796	.300	.020	3.757	3.836	3.000	4.375
	Total	593	3.764	.357	.015	3.735	3.793	.032	4.375
Continentalité	Tessellée	369	2.725	.374	.019	2.687	2.764	.021	3.646
	Vipérine	224	2.592	.249	.017	2.560	2.625	2.098	3.309
	Total	593	2.675	.339	.014	2.648	2.703	.021	3.646

## Résultats ANOVA des variables stationnelles

ANOVA						
		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Altitude	Inter-groupes	1326.264	1	1326.264	46.145	.000
	Intra-groupes	17043.424	593	28.741		
	Total	18369.687	594			
Sin orientation	Inter-groupes	7.142	1	7.142	81.909	.000
	Intra-groupes	51.707	593	.087		
	Total	58.850	594			
Sin pente	Inter-groupes	1.143	1	1.143	13.304	.000
	Intra-groupes	50.854	592	.086		
	Total	51.997	593			
Dominance_humidité	Inter-groupes	5.653	1	5.653	58.714	.000
	Intra-groupes	56.899	591	.096		
	Total	62.552	592			
Dominance_reaction	Inter-groupes	.006	1	.006	.069	.793
	Intra-groupes	49.726	591	.084		
	Total	49.732	592			
Dominance_Nutriments	Inter-groupes	5.716	1	5.716	37.766	.000
	Intra-groupes	89.457	591	.151		
	Total	95.174	592			
Dominance_lumière	Inter-groupes	1.721	1	1.721	19.319	.000
	Intra-groupes	52.653	591	.089		
	Total	54.374	592			
Dominance_température	Inter-groupes	.732	1	.732	6.507	.011
	Intra-groupes	66.489	591	.113		
	Total	67.221	592			
Dominance_continentalité	Inter-groupes	2.202	1	2.202	26.001	.000
	Intra-groupes	50.056	591	.085		
	Total	52.258	592			

## **Annexe n° 12**

Liste des espèces végétales déterminées et leurs coefficients Landolt

## Liste des espèces déterminées et coefficients Landolt :

### Strate Herbacée

Espèce	Humidité	Reaction	Nutriments	Lumière	Température	Continentalité
<i>Allium vineale</i>	3	3	4	4	4	2
<i>Amaranthus blitum</i>	3	3	4	4	4	3
<i>Amaranthus retroflexus</i>	3	3	4	4	4	3
<i>Anagallis arvensis</i>	3	3	3	4	4	3
<i>Arrhenatherum elatius</i>	3	3	4	3	4	3
<i>Asplenium trichomanes</i>	3	3	2	3	3	3
<i>Brassica napus</i>	3	3	4	4	4	2
<i>Carex sylvatica</i>	3	3	3	1	3	3
<i>Cymbalaria muralis</i>	3	4	3	3	4	2
<i>Dactylis glomerata</i>	3	3	4	3	4	3
<i>Epilobium angustifolium</i>	3	3	3	3	4	4
<i>Equisetum arvense</i>	3	3	3	4	3	3
<i>Equisetum telmateia</i>	5	4	3	3	4	2
<i>Erigeron annuus</i>	2	3	4	4	4	3
<i>Erigeron karvinskianus</i>	2	3	2	4	5	2
<i>Eupatorium cannabinum</i>	4	4	4	3	4	3
<i>Euphorbia cyparissias</i>	2	3	2	4	4	3
<i>Fragaria vesca</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Galium album</i>	3	3	4	3	3	3
<i>Geranium robertianum</i>	3	3	4	2	3	3
<i>Hypericum perforatum</i>	3	3	3	3	4	3
<i>Lathyrus latifolium</i>	2	4	3	4	5	3
<i>Lolium perenne</i>	3	3	4	4	4	3
<i>Medicago lupulina</i>	2	4	3	3	4	3
<i>Medicago sativa</i>	2	4	3	4	4	3
<i>Melilotus albus</i>	2	3	3	4	4	3
<i>Origanum vulgare</i>	2	3	3	3	4	3
<i>Phragmites australis</i>	5	3	3	3	3	3
<i>Plantago media</i>	2	4	2	4	3	3
<i>Portulaca oleracea</i>	3	3	4	4	4	3
<i>Reseda lutea</i>	2	4	4	4	4	3
<i>Sanguisorba minor</i>	2	4	2	4	3	3
<i>Sebum album</i>	1	3	2	5	3	4
<i>Securigera varia</i>	2	4	2	3	4	4
<i>Solanum nigrum</i>	3	4	4	4	4	3
<i>Taraxacum officinalis</i>	3	3	4	4	4	3
<i>Trifolium pratense</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Trifolium repens</i>	3	3	4	4	3	3
<i>Urtica dioica</i>	3	3	5	3	3	3
<i>Verbascum thapsus</i>	2	3	4	5	4	3

### Plantes rampantes

Espèce	Humidité	Reaction	Nutriments	Lumière	Température	Continentalité
<i>Calistegia sepium</i>	4	4	4	3	4	3
<i>Clematis vitalba</i>	3	4	3	3	3	2
<i>Hedera helix</i>	3	3	3	2	4	2
<i>Lonicera periclymenum</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	3	3	3	3	4	3
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	3	3	3	4	4	2
<i>Rosa canina</i>	2	3	2	3	3	3
<i>Rubus fruticosus</i>	4	4	4	4	4	2
<i>Rubus laciniatus</i>	3	3	3	3	4	2

### Strate buissonnante

Espèce	Humidité	Reaction	Nutriments	Lumière	Température	Continentalité
<i>Acer pseudoplatanus</i>	4	3	4	2	3	2
<i>Buddleja davidii</i>	2	4	3	4	5	2
<i>Cornus sanguinae</i>	3	4	3	3	4	3
<i>Corylus avellana</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Crataegus monogyna</i>	3	4	2	4	4	4
<i>Hydrangea macrophylla</i>	3	3	4	2	4	3
<i>Ilex aquifolium</i>	3	3	3	3	5	4
<i>Populus nigra</i>	4	4	4	3	4	3
<i>Prunus avium</i>	3	3	3	3	4	3
<i>Reynoutria japonica</i>	3	3	4	3	4	2
<i>Rosa canina</i>	2	3	2	3	3	3
<i>Rubus fruticosus</i>	4	4	4	4	4	2
<i>Salix alba</i>	4	4	4	3	4	3
<i>Sambucus nigra</i>	4	3	4	3	4	2
<i>Vitis vinifera</i>	3	4	4	3	5	2

### Strate arbustive et arborée

Espèce	Humidité	Reaction	Nutriments	Lumière	Température	Continentalité
<i>Cornus sanguinae</i>	3	4	3	3	4	3
<i>Corylus avellana</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Crataegus monogyna</i>	3	4	2	4	4	4
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	4	4	2	4	2
<i>Juglans regia</i>	3	4	4	3	5	2
<i>Populus nigra</i>	4	4	4	3	4	3
<i>Prunus avium</i>	3	3	3	3	4	3
<i>Pyrus communis</i>	2	4	3	4	4	3
<i>Salix alba</i>	4	4	4	3	4	3

## **Annexe n° 13**

Répartition des espèces végétales par espèce de couleuvre

**Tableau de répartition des espèces végétales par espèces de couleuvres**

Couleuvre vipérine	Couleuvre tessellée
<b>Strate herbacée</b>	
<i>Allium vineale</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>
<i>Amaranthus blitum</i>	<i>Anagallis arvensis</i>
<i>Brassica napus</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Asplenium trichomanes</i>
<i>Erigeron karvinskianus</i>	<i>Carex sylvatica</i>
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Cymbalaria muralis</i>
<i>Medicago lupulina</i>	<i>Epilobium angustifolium</i>
<i>Medicago sativa</i>	<i>Equisetum arvense</i>
<i>Taraxacum officinalis</i>	<i>Equisetum telmateia</i>
<i>Trifolium pratense</i>	<i>Erigeron annuus</i>
<i>Urtica dioica</i>	<i>Eupatorium cannabinum</i>
	<i>Euphorbia cyparissias</i>
	<i>Galium album</i>
	<i>Geranium robertianum</i>
	<i>Hypericum perforatum</i>
	<i>Lathyrus latifolium</i>
	<i>lolium perenne</i>
	<i>Melilotus albus</i>
	<i>Origanum vulgare</i>
	<i>Phragmites australis</i>
	<i>Plantago media</i>
	<i>Portulaca oleracea</i>
	<i>Reseda lutea</i>
	<i>Sanguisorba minor</i>
	<i>Sebum album</i>
	<i>Securigera varia</i>
	<i>Solanum nigrum</i>
	<i>Trifolium repens</i>
	<i>Verbascum thapsus</i>
<b>Plantes rampantes</b>	
<i>Hedera helix</i>	<i>Calistegia sepium</i>
	<i>Clematis vitalba</i>
	<i>Lonicera periclymenum</i>
	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>
	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>
	<i>Rosa canina</i>
	<i>Rubus fruticosus</i>
	<i>Rubus laciniatus</i>
<b>Strate buissonnante</b>	
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
<i>Vitis vinifera</i>	<i>Buddleja davidii</i>
	<i>Cornus sanguinae</i>
	<i>Corylus avellana</i>
	<i>Hydrangea macrophylla</i>
	<i>Ilex aquifolium</i>
	<i>Populus nigra</i>
	<i>Prunus avium</i>
	<i>Reynoutria japonica</i>

	<i>Rosa canina</i>
	<i>Rubus fruticosus</i>
	<i>Salix alba</i>
	<i>Sambucus nigra</i>
Strate arbustive et arborée	
<i>Cornus sanguinae</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Juglans regia</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Populus nigra</i>	<i>Pyrus communis</i>
	<i>Salix alba</i>

## **Annexe n° 14**

Tableau de récapitulation des critères retenus et éliminés

## Tableau de récapitulation des critères retenus et éliminés

Critère	Non retenu	Retenu
Température corporelle	X	
<b>Critères environnementaux</b>		
Surface minérale	X	
Surface colmatée	X	
Proportion de blocs >50cm	X	
Proportion de pierres 10-50cm	X	
Proportion de galets 2-10cm	X	
Proportion de sable <2cm	X	
Densité d'anfractuosités [pces/m2]		X
Surface d'humus	X	
Surface d'eau	X	
Longueur de la benne lacustre [m]	X	
Proportion de blocs immergés >50cm		X
Proportion de pierres immergées 10-50cm	X	
Proportion de galets immergés 2-10cm	X	
Proportion de sable immergé <2cm		X
Recouvrement végétal	X	
Recouvrement strate herbacée	X	
Hauteur strate herbacée	X	
Recouvrement plantes rampantes	X	
Hauteur plantes rampantes	X	
Recouvrement strate buissonnante		X
Hauteur strate buissonnante	X	
Recouvrement strate arbu. & arbo.	X	
Hauteur strate arbu. & arbo.	X	
<b>Critères stationnels</b>		
Altitude station		X
Orientation station		X
Pente station		X
Humidité station		X
Reaction station	X	
Nutriments station		X
Lumière station	X	
Température station	X	
Continentalité station		X

## **Annexe n° 15**

### Carte des localisations et des domaines vitaux

# Carte des localisations GPS et domaines vitaux associés

## Légende

### Localisations GPS

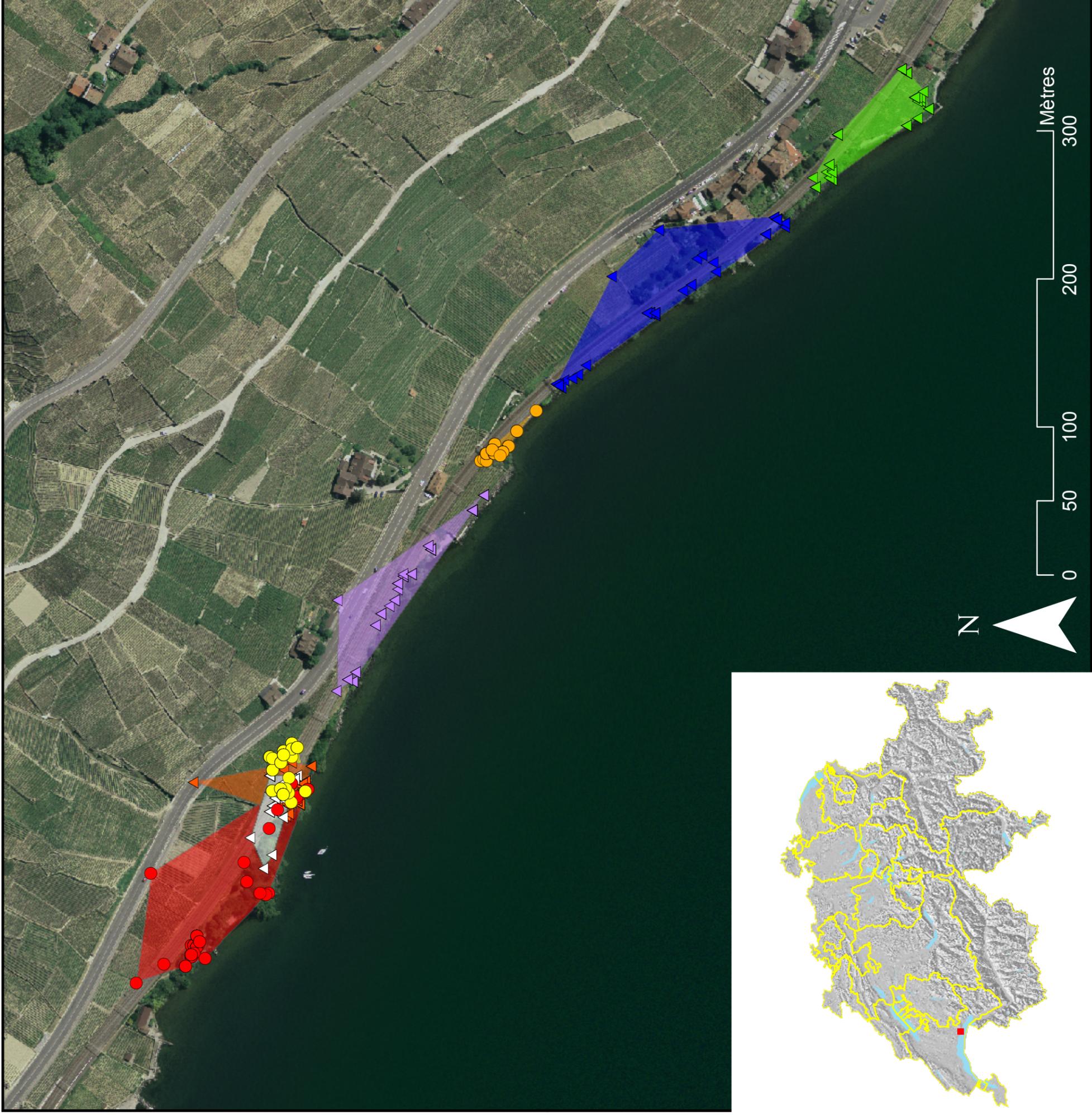
Individus et espèces

- ▲ 413 *Natrix tessellata*
- 422 *Natrix maura*
- 443 *Natrix maura*
- ▲ 545 *Natrix tessellata*
- ▲ 555 *Natrix tessellata*
- △ 563 *Natrix tessellata*
- 594 *Natrix maura*
- ▲ 604 *Natrix tessellata*

### Domaine vitaux

Surface par individu

- 413 - 0.22 ha
- 422 - 0.72 ha
- 443 - 0.07 ha
- 545 - 0.15 ha
- 555 - 0.56 ha
- 563 - 0.1 ha
- 594 - 0.02 ha
- 604 - 0.34 ha



Août 2011

Luc Rebetez

h e p i a

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

Hes·SO GENEVE

Haute école spécialisée  
de Suisse occidentale

## **Annexe n° 16**

Carte des localisations et des domaines vitaux, agrandissement sur le secteur d'Épesses

# Carte des localisations GPS et domaines vitaux associés

## Zoom secteur Epesses

### Localisations GPS

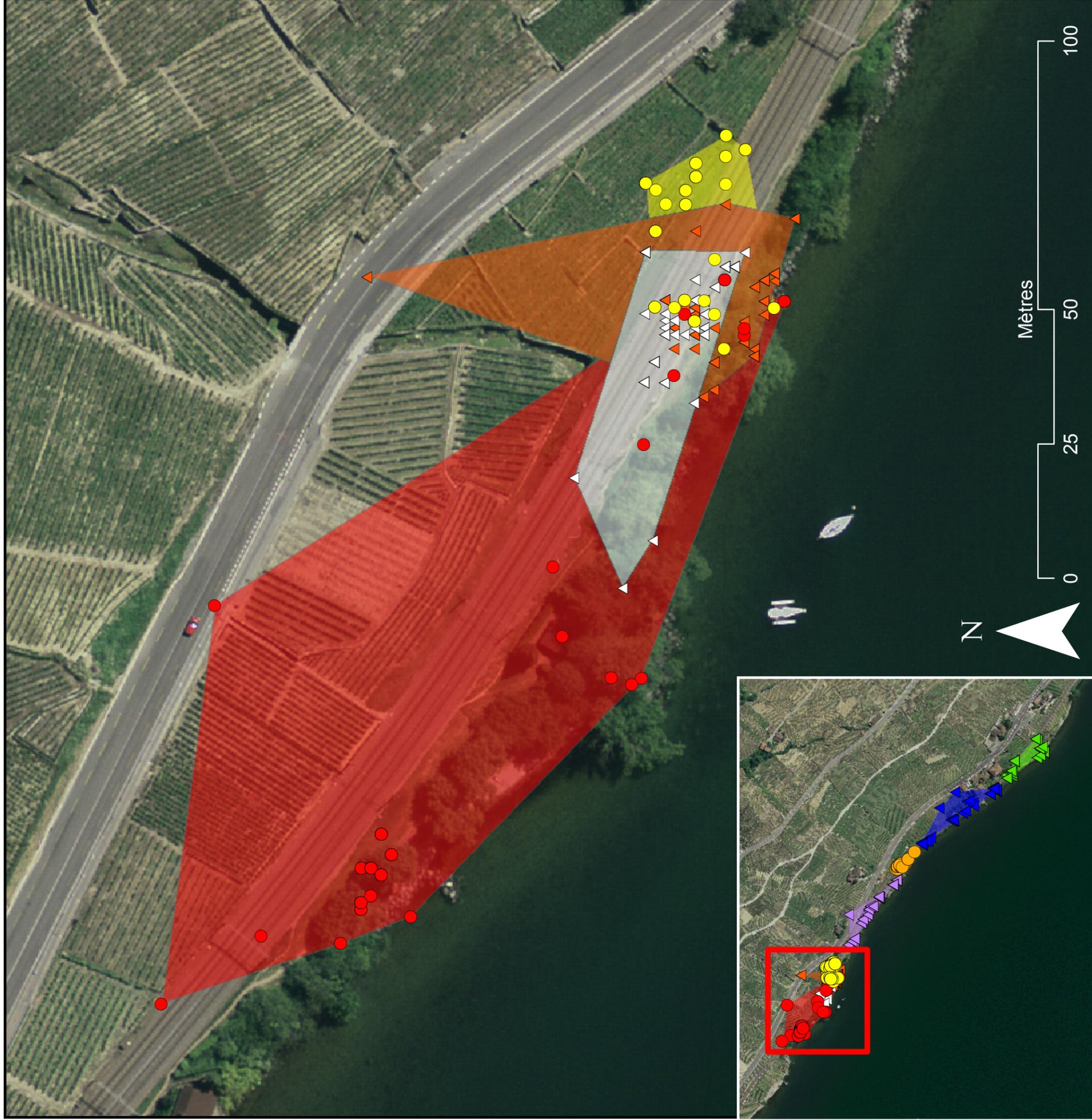
Individus et espèces

- ▲ 413 *Natrix tessellata*
- 422 *Natrix maura*
- 443 *Natrix maura*
- ▲ 545 *Natrix tessellata*
- ▲ 555 *Natrix tessellata*
- △ 563 *Natrix tessellata*
- 594 *Natrix maura*
- ▲ 604 *Natrix tessellata*

### Domaine vitaux

Surface par individu

- 413 - 0.22 ha
- 422 - 0.72 ha
- 443 - 0.07 ha
- 545 - 0.15 ha
- 555 - 0.56 ha
- 563 - 0.1 ha
- 594 - 0.02 ha
- 604 - 0.34 ha



Août 2011      Luc Rebetez

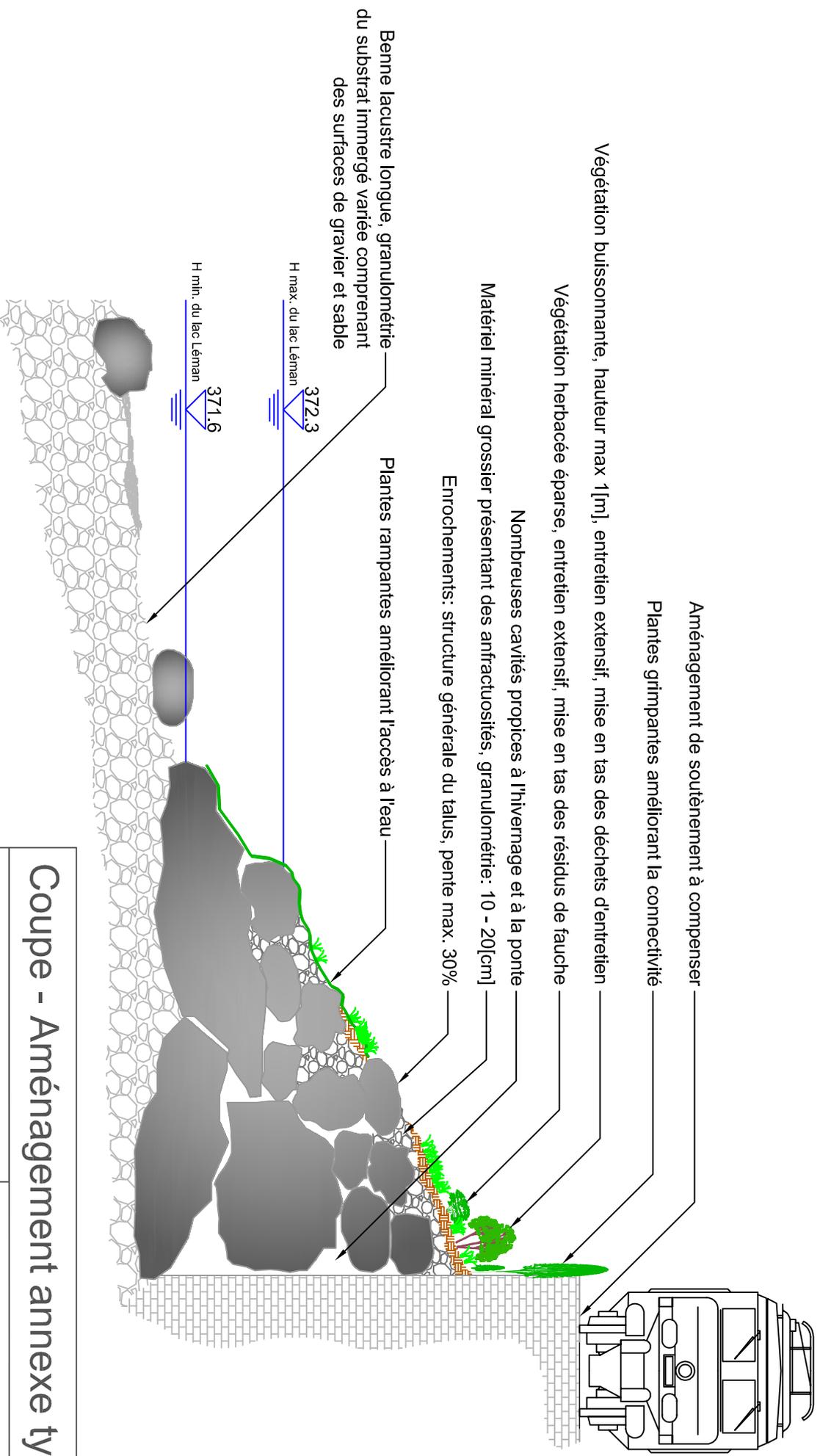
## **Annexe n° 17**

### Planning indicatif des périodes d'intervention



# **Annexe n° 18**

## Aménagement annexe type



Coupe - Aménagement annexe type

Ech. - 1:75

Luc Rebetez

Août 2011