

**École polytechnique de Louvain**

# **Aide au suivi des salamandres**

Auteur: **Théo DE WAELE**

Promoteurs: **Olivier BONAVVENTURE, Sébastien JODOGNE**

Lecteur: **Sarra LAKSACI**

Année académique 2023–2024

Master [60] en sciences informatiques

## **Remerciement**

Tout d'abord, je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers les deux promoteurs de mon mémoire, le Professeur Olivier Bonaventure et le Professeur Sébastien Jodogne, pour leur précieuse assistance et leurs conseils tout au long de ce travail.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers Sarra Laksaci pour sa contribution et son aide concernant la partie relative à la segmentation de la salamandre.

Je souhaite exprimer ma gratitude envers ma famille, en particulier mes parents, pour leurs conseils avisés et leur soutien inconditionnel tout au long de ce mémoire.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement Elliott pour son aide précieuse dans la résolution ponctuelle de certains problèmes techniques.

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Les salamandres</b>	<b>7</b>
2.1	Caractéristiques . . . . .	7
2.2	Méthodes d'identification des salamandres . . . . .	8
2.3	Législation . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Localisation</b>	<b>11</b>
3.1	HTML5 . . . . .	11
3.2	Exif files . . . . .	11
3.3	Fonctionnement dans la web app . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Mesure de la salamandre</b>	<b>13</b>
4.1	Utilisation de la pièce . . . . .	13
4.2	Identification de la salamandre . . . . .	14
4.3	Vérification des mesures . . . . .	15
4.4	Limites de la méthode utilisée . . . . .	16
4.5	Template matching . . . . .	17
<b>5</b>	<b>Base de données</b>	<b>19</b>
5.1	DataBase . . . . .	19
5.2	Schéma ORM . . . . .	19
5.3	Gestion de la base de données . . . . .	21
5.4	PostGIS . . . . .	22
<b>6</b>	<b>ManderMatcher</b>	<b>23</b>
6.1	Encodage manuel des tâches . . . . .	24
6.2	Traitement de l'encodage . . . . .	25
6.3	Identification des salamandres identiques . . . . .	25
6.4	Automatisation de ManderMatcher . . . . .	27
6.4.1	Segmentation de la salamandre . . . . .	27

6.4.2	Image moments . . . . .	30
6.4.3	Fonctionnement de l'automatisation . . . . .	33
<b>7</b>	<b>Application Web</b>	<b>35</b>
7.1	Caractéristiques de l'application web . . . . .	35
7.2	Accueil . . . . .	36
7.3	Ajout d'une photo . . . . .	37
7.4	Consulter les données . . . . .	38
<b>8</b>	<b>Tests</b>	<b>40</b>
8.1	Ajout à la base de données . . . . .	40
8.2	Requêtes axios . . . . .	41
8.3	Fonctionnalités de l'application web . . . . .	41
<b>9</b>	<b>Conclusion</b>	<b>42</b>
<b>A</b>	<b>Vérification des mesures</b>	<b>46</b>
A.1	Valeur d'1 cm . . . . .	46
A.2	Avec une pièce . . . . .	47

# Table des figures

2.1	Salamandre tachetée . . . . .	7
2.2	Salamandre capturée [9] . . . . .	9
3.1	Localisation de l'image . . . . .	12
4.1	Salamandre avec une pièce . . . . .	14
4.2	Salamandre et pièce identifiées . . . . .	15
4.3	Vérification de la mesure . . . . .	16
4.4	Résultat template matching pour une pièce de 1 euro . . . . .	18
5.1	ER Chen database . . . . .	20
5.2	ER Crow database . . . . .	21
6.1	Programme ManderMatcher . . . . .	23
6.2	Encodage des taches . . . . .	24
6.3	Salamandre identique dans la webapp . . . . .	26
6.4	Visualisation des résultats de la segmentation U-net. (a) Image original (b) Image segmentée (c) Masque prédit (d) Masque original . . . . .	29
6.5	Comparaison de résultats de la méthode d'image moments avec différents seuils . . . . .	30
6.6	Illustration du découpage d'une salamandre segmentée en un tableau de 14x14 . . . . .	31
6.7	Comparaison de résultats de la méthode d'image moments avec ou sans érosion . . . . .	32
6.8	Positions des parties de corps dans le tableau d'encodage . . . . .	33
7.1	Écran d'accueil . . . . .	36
7.2	Ajout d'une photo . . . . .	37
7.3	Consultation des données . . . . .	39
8.1	Vérification valeurs bases de données dans pgAdmin . . . . .	40
8.2	Vérification code status requêtes . . . . .	41

A.2	Vérification mesure avec un 1 cm sur l'image . . . . .	47
A.3	Résultat renvoyé : 18.856 cm . . . . .	48
A.4	Résultat renvoyé : 14.568 cm . . . . .	48

# Chapitre 1

## Introduction

La salamandre tachetée est un animal extrêmement important dans la nature. Celle-ci est bien plus qu'un petit animal des zones humides. En effet, elle se trouve au milieu de la chaîne alimentaire dans les zones humides. La salamandre se nourrit des insectes et de vers présents dans ces zones. Elle est ensuite, une source de nourriture pour les serpents et les oiseaux.

En plus de cette position dans la chaîne alimentaire, la salamandre est également utilisée par les scientifiques comme un indicateur biologique. Sa présence, comme celle d'autres amphibiens, signifie que la zone humide ou la zone boisée où ils sont présents, se porte bien.

La salamandre est également utilisée comme indicateur du changement climatique. En effet, des conditions météorologiques sèches suite au réchauffement climatique ont des conséquences néfastes pour cette espèce d'amphibiens.

Par ailleurs, la salamandre est également touchée comme d'autres batraciens, par le pathogène. Le pathogène est un champignon originaire d'Asie qui crée des lésions dans la peau des salamandres. Ces lésions entraînent la mort de l'animal en quelques jours. Suite à la prolifération de ce champignon, un recensement de la population de salamandres présentes en Wallonie a été lancé par la Région Wallonne afin d'approfondir les connaissances sur l'état et la répartition de l'espèce.[1]

Ce contexte met en valeur l'importance du suivi des salamandres. Plusieurs solutions informatiques ont été développée notamment par des étudiants de l'UCLouvain. En effet, Jeroen Speybroeck, un chercheur néerlandophone, a développé Mander-Matcher. C'est un programme qui permet de stocker des informations relatives aux salamandres et d'identifier les salamandres sur base d'un encodage manuel de la position de leurs taches. Cependant, ce programme nécessite la capture de l'animal pour récupérer certaines informations comme, par exemple, la taille de la

salamandre. Par ailleurs, François Duchêne[2] et Sarra Laksaci[3] ont développé des solutions informatiques afin de permettre l'identification de deux salamandres identiques.

Le but de mon travail fut de créer une application permettant d'obtenir un maximum d'informations sur les salamandres sur base d'une photo de celle-ci dans son milieu naturel et de stocker ces informations dans une base de données. Plusieurs contraintes étaient présentes pour la réalisation de ce mémoire. En effet, la position GPS de la salamandre devait être récupérée automatiquement. La salamandre devait être mesurée sur base l'image afin que celle-ci ne soit pas capturée. Par la suite, il a été décidé d'utiliser la segmentation de salamandre implémentée par Sarra Laksaci afin de pouvoir automatiser l'identification de deux salamandres identiques selon le pattern développé par Jeroen Speybroeck.

Ce travail est structuré de la manière suivante :

- Le chapitre 2 présentera la salamandre et la législation relative à la protection de celle-ci.
- Ensuite, le chapitre 3 traitera de la récupération des coordonnées de localisation de la salamandre.
- Le chapitre 4 présentera la méthode implémentée afin de mesurer la salamandre.
- La base de données sera présentée dans le chapitre 5.
- Le chapitre 6 est relatif à la reprise de l'encodage ManderMatcher.
- L'application web est ensuite présentée dans le chapitre 7.
- Enfin, le chapitre 8 reprend les différents tests qui ont été faits pour vérifier les résultats obtenus.

# Chapitre 2

## Les salamandres

La salamandre tachetée ou salamandre terrestre (*Salamandra salamandra*) est une espèce d'amphibien présente dans nos régions. Cet animal est au coeur du propos de ce mémoire. Ce chapitre présente les caractéristiques principales de l'animal, la législation autour de la protection de celui-ci ainsi que les méthodes utilisés pour identifier différentes salamandres.



FIGURE 2.1 – Salamandre tachetée

### 2.1 Caractéristiques

La salamandre tachetée vit majoritairement dans les régions boisées principalement les forêts de feuillus. Elle peut également être présente dans certains bois résineux ou aux abords de villages, vieux murs, carrières ou abords de vois ferrées à proximité de forêts. C'est un animal essentiellement nocturne et discret.

La salamandre terrestre est facile à reconnaître avec son corps luisant et "d'aspect boudiné". Celui-ci est noir en partie recouvert de taches jaunes ou orangées présentes sur la tête, le dos, le bas des flancs, la gorge et les pattes. Un individu adulte mesure entre 15 et 20 cm.

La salamandre est une espèce ovovivipare, c'est-à-dire que les femelles pondent des larves déjà bien développées souvent dans des zones humides (mares, ornières, zones calmes de ruisseaux forestiers). Les périodes de ponte des oeufs ont lieu principalement au printemps et en moindre quantité en automne.

Les salamandres tachetées sont présentes assez largement en Europe occidentale, centrale et méridionale principalement dans des forêts feuillues. En Belgique, cette espèce est plus représentée en Wallonie qu'en Flandre ou dans la région Bruxelles-Capitale. En Wallonie, les salamandres sont présentes sur la quasi totalité du territoire (dans les régions boisées). Notons que, la salamandre est une des rares espèces d'amphibiens à ne pas connaître de baisse de population. [4, 5, 6]

La salamandre tachetée est reconnue comme indicateur biologique. En effet, les salamandres sont très sensibles aux changements environnementaux et à la pollution. C'est pour cela qu'elles sont considérées comme "des indicateurs du changement climatique". Comme d'autre amphibiens à sang froid, la salamandre a besoin de garder sa peau humide et est incapable de réguler sa température interne. Les populations de salamandres sont suivies afin d'observer leurs variations dans des conditions plus sèches liées au réchauffement climatique, leur lieu de vie devenant inhabitable.

Les salamandres aident également à l'amélioration de la qualité du sol. En effet, leur alimentation est principalement composé d'invertébrés impliqués dans la décomposition des matières organiques. La présence de cet amphibien est utilisée comme indicateur pour déterminer si une zone spécifique se trouve dans un état naturel favorable ou non. [7]

## 2.2 Méthodes d'identification des salamandres

La disposition des taches jaunes du corps de la salamandre est unique à chaque individu. Cela permet d'identifier et différencier les différentes salamandres. Dès lors, chaque année, des salamandres tachetées sont identifiées en utilisant les méthodes de Capture-Marquage-Recapture. Les méthodes de Capture-Marquage-Recapture consistent à capturer une partie représentative de la population qui est ensuite marquée et relâchée à l'endroit même de la capture le plus rapidement possible. Par la suite, d'autres opérations de capture sont effectuées et le nombre d'individus marqués est compté afin d'avoir une estimation statistique de la population de salamandre à un endroit précis. [8] Des photos sont réalisées sur une feuille quadrillée ou avec un mètre à côté de la salamandre afin d'avoir un estimatif de la taille de

celle-ci. Les photos sont par la suite comparées deux à deux afin de vérifier si des salamandres ont été capturées plusieurs fois[9].

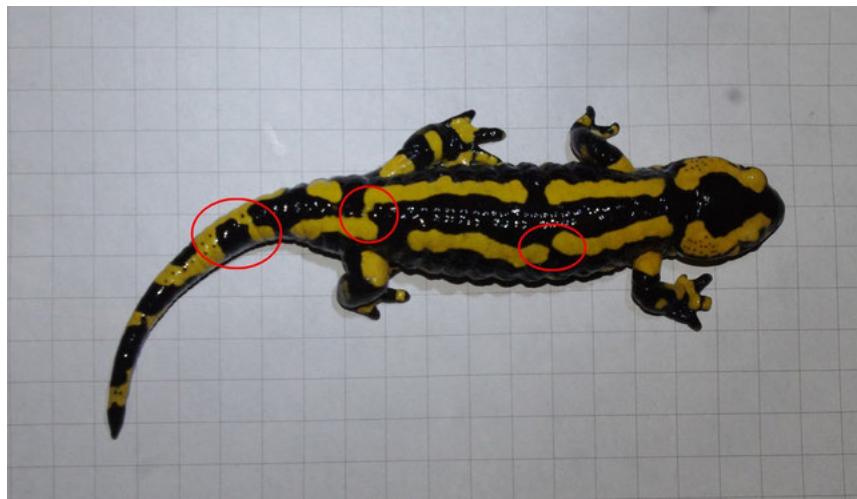


FIGURE 2.2 – Salamandre capturée [9]

## 2.3 Législation

Depuis la modification du décret de la Région Wallonne et particulièrement son annexe 2bis modifiant la loi du 12 juillet 1973 relative à la conservation de la nature<sup>1</sup>, les salamandres sont présentes dans la liste des espèces intégralement protégées. Il est donc interdit de [4] :

- "capturer et de mettre à mort intentionnellement des spécimens dans la nature".
- "perturber intentionnellement ces espèces, notamment durant la période de reproduction, de dépendance, d'hibernation et de migration"
- "détruire ou de ramasser intentionnellement dans la nature ou de détenir des œufs de ces espèces."
- "de détériorer ou de détruire les sites de reproduction, les aires de repos ou tout habitat naturel où vivent ces espèces à un des stades de leur cycle biologique"
- ...

---

1. MB- 22 janvier 2002- art 2bis §2 du décret du 6 décembre 2001 de la Région Wallonne relatif à la conservation des sites du 6 décembre 2001 ainsi que de la faune et de la flore sauvage. MB, [...], p.2020, art 2bis §2

Par conséquent, le suivi des populations et l'identification des différents individus avec les méthodes de capture-marquage-recapture ne sont théoriquement plus possibles en Wallonie.

# Chapitre 3

## Localisation

La salamandre peut être considérée comme un "bon indicateur de la biodiversité et de l'intégrité des écosystèmes dans les habitats forestiers" [10, 7]. Il est dès lors utile de pouvoir mesurer cet indicateur en suivant les populations de salamandres via des photos et leurs localisations. La récolte de ces informations dans une base de données est donc un des objectifs de mon mémoire. Ce chapitre illustre la méthode utilisée afin d'atteindre cet objectif.

### 3.1 HTML5

Dans un premier temps, j'ai voulu utiliser l'API Geolocation d'HTML5. Cet API permet de récupérer la position plus ou moins précise de la personne qui utilise la webapp par la meilleure manière possible comme, par exemple, le gps de l'appareil utilisé [11].

Néanmoins, cette méthode est relativement imprécise. En effet, si le GPS de l'appareil n'est pas disponible, l'API Geolocation utilise la triangulation des antennes relais 4G ou wifi disponibles autour de l'appareil. Cette méthode est précise à 95% d'après la documentation de l'API[12]. Cela peut donner des erreurs de quelques centaines de mètres entre la position réelle et la position renvoyée par l'API. Par ailleurs, cette méthode, en plus d'être relativement imprécise, ne permet pas de récupérer la position exacte de la photo à moins que l'utilisateur utilise la webapp directement lors de sa recherche de salamandre à l'endroit précis de la photo. Cette méthode n'a donc pas été retenue.

### 3.2 Exif files

Une autre solution pour récupérer la position exacte de la photo de la salamandre est d'utiliser les fichiers EXIF de celle-ci. L'Exchangeable image file format (EXIF)

est un format de stockage de données relatives à une photo telles que la date, l'heure, la position gps, les réglages de l'appareil [13]. Ce format nous permet donc de récupérer les coordonnées GPS précises de l'endroit de la photo. Un autre avantage concerne l'indépendance de la position du photographe pour utiliser la webapp car la personne ne doit plus être sur le lieu exact de la photo. C'est ce format de fichiers que j'ai décidé d'utiliser lors de l'importation de la photo dans la base de données.

### 3.3 Fonctionnement dans la web app

Lorsque l'utilisateur importe une photo afin de l'ajouter à la base de données, celle-ci est envoyée vers la back-end de l'application web afin de pouvoir utiliser le package "gpsphoto" en python [14]. Le transfert de l'image entre le front-end et le back-end est effectué via la librairie "BestSoftwareLibrary" développée par le Professeur Sébastien Jodogne (UCLouvain). Une fois que la photo a été réceptionnée dans le back-end, un appel à la fonction "getGPSDATA" du package python "GPSPhoto" est réalisé. Cette méthode renvoie un tuple contenant la latitude et la longitude de la photo. Cette information est renvoyée via une requête axios vers le front-end afin de pouvoir afficher la position de la photo sur une carte.



(a) Exemple d'une image importée



(b) Résultat renvoyé par le back-end sur une carte

FIGURE 3.1 – Localisation de l'image

La bibliothèque JavaScript Leaflet a été utilisée afin d'afficher les coordonnées GPS sur une carte OpenStreetMap.

Les fichiers EXIF m'ont permis de récupérer la date de la photo afin de l'ajouter également dans la base de données. Cette information a été rendue disponible en utilisant package python PILLOW.

# Chapitre 4

## Mesure de la salamandre

La salamandre tachetée est une espèce d'amphibiens dont les individus grandissent toute leur vie. Dès lors, la mesure de la taille d'une salamandre permet de déterminer s'il s'agit d'un individu juvénile ou d'un adulte. En effet, il y a peu de différences morphologiques entre les juvéniles et les adultes. La technique utilisée le plus souvent consiste à mesurer la salamandre depuis son museau jusqu'au bout de sa queue. Cette méthode n'étant pas la plus précise pour mesurer des individus sur le terrain car les salamandres ont tendance à se tortiller constamment[15]. D'autres techniques existent comme le fait de capturer la salamandre dans une boîte où se situe une règle graduée afin de pouvoir estimer la mesure. Ces techniques nécessitent de manipuler les différents individus ainsi que de les sortir de leur habitat naturel.

Depuis le décret du 6 novembre 2001, la salamandre tachetée est une espèce intégralement protégée en Wallonie, il n'est donc plus permis de "capturer intentionnellement des spécimens de cette espèce dans la nature". [4] Par conséquent, la mesure des salamandres avec les différentes techniques expliquées précédemment n'est théoriquement plus possible.

Un des objectifs de ce mémoire consiste à permettre une mesure de la salamandre sur base d'une photo de celle-ci dans son milieu naturel. Ce chapitre illustre le procédé utilisé pour parvenir à cet objectif.

### 4.1 Utilisation de la pièce

Afin de mesurer la salamandre sur l'image, il a fallu placer un repère sur celle-ci. En effet, selon le zoom, la position sur la photo et d'autres facteurs, la taille en pixels des différents éléments présents sur l'image varie. Le repère que nous avons choisi de placer est une pièce de monnaie étant donné que nous connaissons à

l'avance la mesure réelle de cette objet : 2.425 cm pour une pièce de 50 centimes d'euro, 2.325 cm pour une pièce de 1 euro et 2.575 cm pour une pièce de 2 euros. Il est donc possible en ayant ce repère sur l'image de connaître le nombre de pixels pour 1 cm. La possibilité de montrer sur l'image l'équivalent d'une longueur de 1 cm a été ajoutée également par la suite. Le placement d'une pièce à côté de la salamandre est possible car celle-ci bouge très lentement.



FIGURE 4.1 – Salamandre avec une pièce

## 4.2 Identification de la salamandre

Une fois le nombre de pixels représentant 1 cm réel sur l'image connu, il est important de repérer la salamandre sur l'image afin de pouvoir estimer sa mesure. La méthode choisie pour repérer la salamandre consiste à tracer directement sur l'image la colonne vertébrale de l'animal. Pour ce faire, une fois le bouton "identifier la salamandre" sélectionné, la position sur l'écran des différents clics de l'utilisateur est enregistrée. Une ligne est tracée dès que deux clics sont enregistrés. Le nombre de pixels entre les positions enregistrées est par la suite calculé suivant la formule de la distance entre 2 points :

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Une fois la distance entre deux nouveaux points calculée, celle-ci est ajoutée à la distance déjà mesurée de l'animal. La distance totale est enregistrée une fois que le bouton "terminer l'identification de la salamandre" est sélectionné. Par la suite, l'utilisateur doit identifier la pièce ou la distance d'1 cm de la même manière.



FIGURE 4.2 – Salamandre et pièce identifiées

Lorsque la pièce et la salamandre sont identifiées, la conversion entre le nombre de pixels et la taille en centimètres peut être effectuée étant donné que nous connaissons le nombre de pixels d'1cm réel sur l'image. Le calcul suit une règle de 3. Nous savons combien de pixels la salamandre mesure, nous pouvons donc déterminer le nombre de centimètres de la salamandre en connaissant le nombre de pixels représentant 1 cm .

### 4.3 Vérification des mesures

Ayant obtenu une estimation de la mesure de la salamandre, il est maintenant possible de s'assurer que cette estimation est correcte. Afin de vérifier cette mesure, des photos avec un mètre de menuisier posé à côté de l'animal ont été réalisées. La présence de ce mètre nous permet de vérifier si la précision de la mesure calculée par la méthode expliquée dans le début du chapitre.

Comme nous pouvons voir sur l'image ci-dessus, la salamandre se situe entre la



FIGURE 4.3 – Vérification de la mesure

graduation située à un peu plus de 15 cm et celle située à un peu moins que 31.5 cm sur le mètre, ce qui nous donne une mesure d'environ 16 cm. L'estimation de la mesure calculée sur base de l'identification de la pièce et de la mesure nous donne 15.954 cm, ce qui correspond à la mesure du mètre.

Dans ce second exemple, la salamandre se situe entre les graduations situées à 0 et 17 cm sur la latte à sa droite, ce qui donne une mesure d'un peu plus de 17 cm étant donné que la latte est légèrement de biais. Cela correspond aux 17,172 cm renvoyé par l'identification de la salamandre et de la mesure d'un centimètre.

#### 4.4 Limites de la méthode utilisée

Étant donné que la méthode de calcul de la mesure se base sur l'enregistrement des clics de l'utilisateur, celle-ci comporte quelques limites. En effet, la mesure est fortement influencée par la précision de l'utilisateur. Si celui-ci ne fait qu'une ligne de bas en haut ou si celui-ci suit parfaitement la colonne vertébrale de l'animal, la mesure ne sera pas identique. L'identification de la pièce est également très

importante. Plus celle-ci est précise - à savoir que les clics se situent le plus proche possible des bords de la pièce - plus la mesure de la salamandre sera précise par la suite. En effet, le nombre de pixels représentant 1 cm est calculé sur base de l'identification de la pièce. Néanmoins, cette limite pourrait être réduite en utilisant la technique du template matching à condition que celui-ci trouve bel et bien la pièce sur l'image.

## 4.5 Template matching

Afin d'augmenter la précision de l'identification de la pièce, un "template matching" a été implémenté. Le template matching est une technique de vision machine de haut niveau qui permet de retrouver une image modèle dans une autre image de plus grande taille. Le template matching fonctionne de la manière suivante : l'image modèle est déplacée sur la plus grande image afin de repérer les endroits où il y a le plus de correspondances. [16]

Différentes techniques de la librairie OPENCV ont été utilisées afin de repérer les pièces dans l'image. Pour les pièces de 0.5 et 1 euro, la technique TM\_CCORR est utilisée. Cette technique suit la formule mathématique suivante :

$$R(x, y) = \sum_{x',y'} (T(x', y').I(x + x', y + y'))$$

avec un masque :

$$R(x, y) = \sum_{x',y'} (T(x', y').I(x + x', y + y').M(x', y')^2)$$

[17]

Pour les pièces de 2 euros, la technique TM\_SQDIFF de la librairie OPENCV a été utilisée qui suit la formule mathématique suivante :

$$R(x, y) = \sum_{x',y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2$$

avec un masque :

$$R(x, y) = \sum_{x',y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y').M(x', y')^2)$$

Ces deux techniques ont été sélectionnées car la pièce a été retrouvée dans la majorité des cas.

Une fois la pièce identifiée, le centre de la pièce est identifié (centre de l'image modèle). Une distance en pixel est ajoutée afin de prendre la taille totale de celle-ci.



FIGURE 4.4 – Résultat template matching pour une pièce de 1 euro

Cependant, j'ai choisi de ne pas utiliser la technique du template matching car la localisation de la pièce repérée n'est souvent pas précise. De plus, même en utilisant le centre de la pièce comme référence, la taille en pixels de celle-ci varie fortement entre les différentes photos. Cela rend la prise de mesures peu précise.  
J'ai également choisi de ne pas utiliser cette technique pour identifier la salamandre, car, dans la plupart des cas, la salamandre n'était pas entièrement trouvée ce qui fausse grandement le résultat de la mesure.

# Chapitre 5

## Base de données

L'objectif principal de ce mémoire est de créer une webapp qui permet de récolter des données relatives aux salamandres comme leur taille, leur position GPS ainsi que leur identification grâce à leurs taches. Toutes ces données sont stockées dans une base de données afin de pouvoir les réutiliser par la suite pour potentiellement établir des statistiques.

### 5.1 DataBase

La webapp est connectée à une base de données PostgreSQL comprenant deux tables, la table "pictures" et la table "salamandre". La table "pictures" reprend toutes les photos déposées dans la base de données. Cette table comprend 11 colonnes : l'ID (de la photo), le nom du fichier uploadé, le fichier en lui-même, la latitude, la longitude et un point géographique de la photo, la focale utilisée pour la photo, la date, la taille de la salamandre, le tableau d'encodage des taches de la salamandre et l'ID de la salamandre. L'ID de la salamandre est propre à chaque salamandre. Celui-ci est assigné après la vérification de similitudes avec une autre salamandre. Si les salamandres sont identiques, elles auront le même ID. Dans le cas contraire, leurs ID seront différents.

La table "salamandre" reprend les différentes observations de la même salamandre. Elle comprend l'ID de la salamandre, la date de la dernière observation, la latitude et la longitude de la dernière observation ainsi que le nombre d'observations.

### 5.2 Schéma ORM

Nous pouvons trouver ci-dessous les diagrammes relatifs à la base de données. Le premier utilise la notation CHEN. Il représente le modèle conceptuel de la base de données. Le second utilise la notation Crow's foot. Il représente le modèle

physique de la base de données.

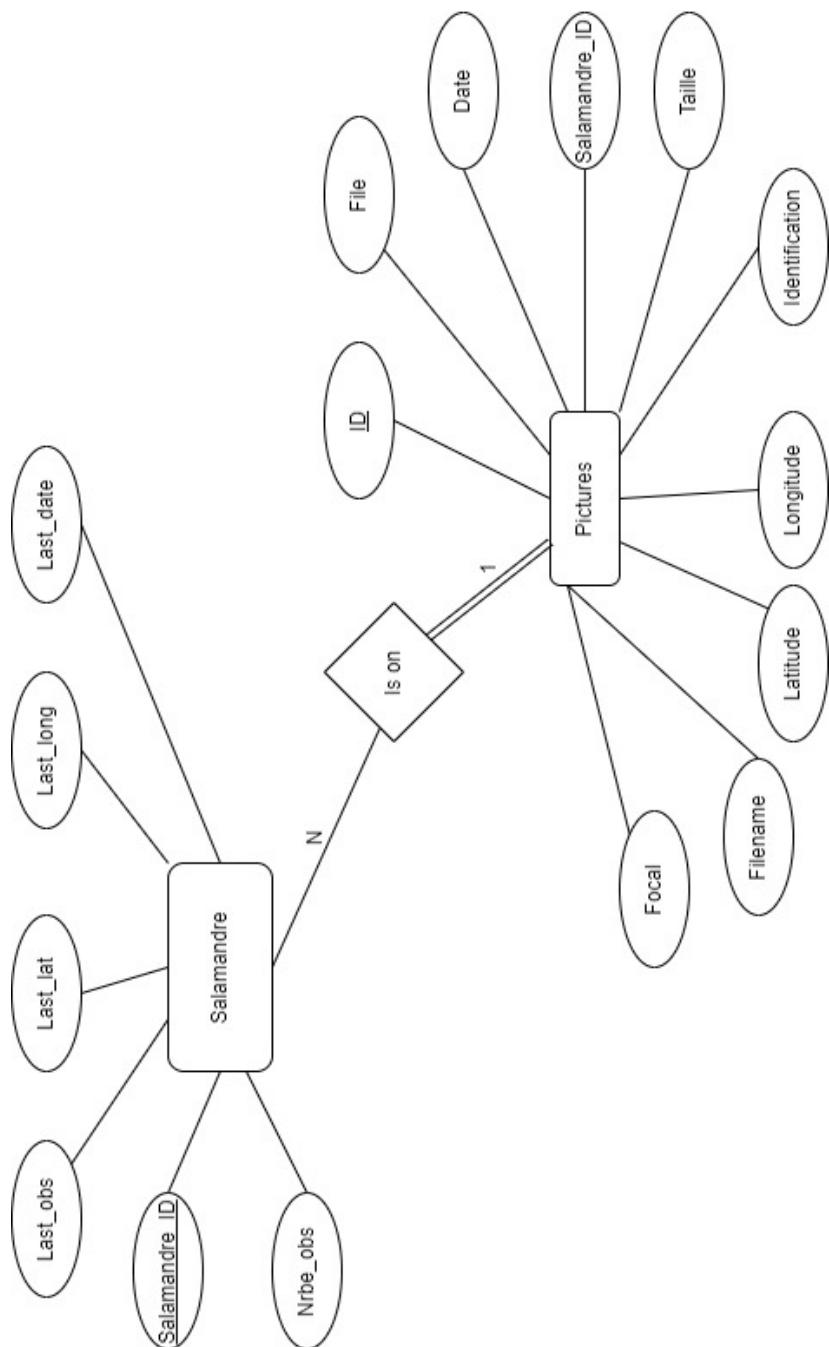


FIGURE 5.1 – ER Chen database

Il y a une différence entre le modèle physique et le modèle conceptuel au niveau

de la table de données "salamandre" qui reprend une colonne ID qui devient la clé primaire à la place de la colonne Salamandre\_ID afin de simplifier l'encodage et la recherche d'éléments dans la base de données.

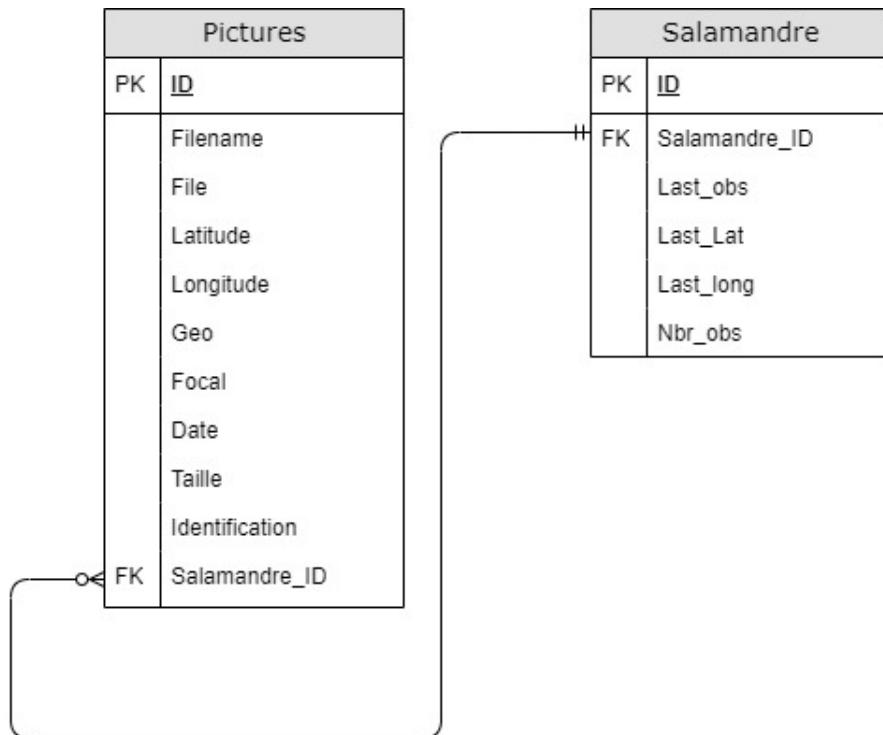


FIGURE 5.2 – ER Crow database

### 5.3 Gestion de la base de données

L'échange d'informations entre la base de données et le back-end de la webapp se fait grâce au package python Flask-SQLAlchemy. Ce package est utilisé étant donné que la webapp est construite selon le framework Flask. Les appels vers la base de données se font dans le fichier "`__init__.py`" du dossier salamandre. Tout d'abord, la base de données est connectée à la web app en utilisant la fonction `init_app` de Flask-SQLAlchemy.

Par la suite, j'ai utilisé l'interface d'utilisation principale "session" du package Flask-SQLAlchemy. La "session" est une sorte de conversation entre le back-end de la webapp et la base de données elle-même [18]. Cet interface permet très facilement d'ajouter et de modifier des éléments dans la base PostgreSQL.

Le mécanisme utilisé pour ajouter une ligne dans la database est le suivant :

1. Création de l'objet à ajouter dans la base de données en utilisant les fonctions `__init__` définies dans les classes relatives aux différentes tables
2. Ajout de l'objet à la session
3. Commit la session

Le mécanisme utilisé pour modifier un élément d'une ligne d'une table de la base de données est le suivant :

1. Retrouver la ligne à modifier dans la table
2. Modifier l'élément de la ligne
3. Commit la session

## 5.4 PostGIS

Afin de stocker les données de localisation des photos, une extension de PostgreSQL est utilisée. Cette extension est PostGIS. Elle permet "de filtrer et d'analyser des données spatiales". Elle est également "un outil de traitement et de manipulation des données géométriques" [19].

C'est pourquoi, lors de l'ajout d'une ligne dans la table Pictures, une ligne est également ajoutée dans une table parallèle ne comportant que des données spatiales. Un point géographique est également stocké dans la table Pictures.

# Chapitre 6

## ManderMatcher

ManderMatcher est "une boite à outils pour l'étude écologique des salamandres de feu" développé par Jereon Speybroeck et Koen Steenhoudt. Cette boite à outils permet de récolter des données sur les observations de salamandres. Elle est composée de deux éléments : le programme ManderMatcher et la web app Mandermatcher. Le programme ManderMatcher permet d'entrer et de stocker des données de "capture-marquage-recapture" et d'autres types de données relatives aux salamandres telles que la position GPS de leur capture ou leur taille. La web app permet d'utiliser les données stockées dans le programme afin d'en faire des graphes, des cartes et des tableaux [20].

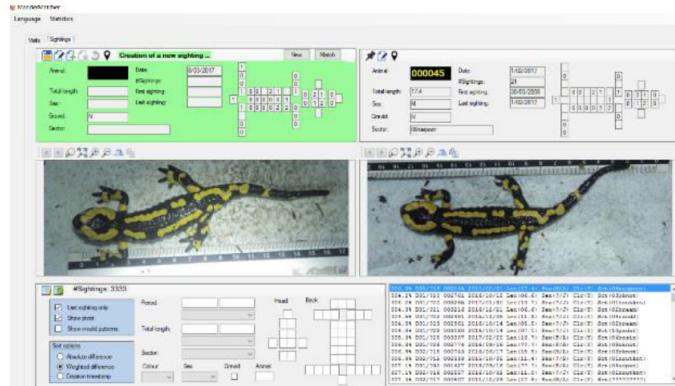


FIGURE 6.1 – Programme ManderMatcher

Le programme ManderMatcher permet également de réaliser un encodage des taches de la salamandre afin de pouvoir identifier des salamandres identiques. Il permet aussi de mesurer la salamandre. Cependant, afin d'effectuer la mesure, la salamandre doit être capturée pour la placer dans une boîte avec une latte. Comme indiqué dans le chapitre précédent, il est interdit de capturer les salamandres car

elles font partie d'une espèce protégée (à noter : M. Speybroeck a l'autorisation de les capturer en tant que chercheur en biologie). Cette fonctionnalité du programme n'est donc pas accessible au grand public.

Ce problème de mesure de la salamandre sans la toucher a été résolu comme expliqué dans le chapitre précédent. Afin de compléter les données récoltées par ma webapp, l'encodage des taches de la salamandre a été intégré afin de pouvoir repérer deux animaux identiques .

## 6.1 Encodage manuel des taches

L'encodage manuel des taches de la salamandre a été repris à l'identique du programme ManderMatcher. En effet, la salamandre est découpée en plusieurs zones selon les parties de son corps. Pour chaque zone, l'utilisateur doit juste indiquer le nombre de taches présentes sur la partie du corps de l'animal selon les spécifications décrites par Jeroen Speybroeck dans le chapitre 3 du manuel d'utilisation de ManderMatcher [21].

FIGURE 6.2 – Encodage des taches

Il y a juste une petite différence : lors de l'encodage des taches sur le dos de la salamandre, il y a une partie "Back" qui est présente dans le programme Mander-Matcher qui n'est pas présente dans ma webapp. Cette partie "Back" reprend la somme des colonnes de la "Back sequence" située juste en dessous. Cette somme est réalisée directement dans le back-end de ma webapp afin d'éviter toute erreur.

Lorsqu'une partie de l'animal est blessée ou manquante, l'utilisateur peut indiquer un "X" ou "x" comme dans le programme ManderMatcher. Cet élément permet d'identifier plus facilement deux images de la même salamandre blessée.

Ces cases sont en réalité un tableau de chaînes de caractères (String), qui est, par la suite stocké dans la base de données.

L'encodage manuel n'étant pas évident et nécessitant beaucoup de temps, un objectif a été de l'automatiser. Cela permet de pré-remplir les cases afin que l'utilisateur n'ait plus qu'à vérifier les valeurs de chaque case.

## 6.2 Traitement de l'encodage

Une fois la salamandre encodée, l'utilisateur clique sur "soumettre l'encodage". Le tableau de strings où les valeurs de l'encodage sont présentes est envoyé vers le back-end de l'application web via une requête axios. Celui-ci est transformé en un tableau de nombres entiers afin de pouvoir effectuer la somme de la "Back sequence", afin de pouvoir plus facilement le manipuler et d'éviter les fautes d'encodage (élément autre qu'un chiffre ou qu'un "x"). Les cases vides sont remplies par des 0. Les cases contenant un "x" ou un "X" sont mises à une valeur de 1000 afin de pouvoir toujours les reconnaître. Le choix de la valeur "1000" a été réalisé de manière arbitraire afin d'assurer de ne pas pouvoir la confondre avec le nombre de taches d'une autre case.

Par la suite, le tableau est modifié pour supprimer les cases de la "Back-sequence" et d'ajouter la ligne "Back". En effet, comme pour le stockage du tableau d'encodage dans le programme ManderMatcher, uniquement les cases "Back" sont gardées. L'encodage est réalisé à la main selon l'appréciation de l'utilisateur, il y a moins de risques d'avoir une erreur sur la somme du nombre de taches présentes sur tout le dos de la salamandre plutôt que sur la position des taches des différentes parties du dos dans l'encodage. Un utilisateur peut estimer que la tâche se situe plus bas dans la "Back sequence" qu'un autre.

Ensuite, le tableau d'encodage est ajouté à la photo de salamandre correspondante dans la base de données.

## 6.3 Identification des salamandres identiques

L'encodage des taches est réalisé afin de pouvoir identifier le même individu sur des photos différentes afin de pouvoir suivre une population de salamandres sur le long terme. En effet, chaque salamandre possède un ensemble de taches uniques [5].

Deux individus ayant le même encodage de taches sont donc identiques normalement. Cependant, comme l'encodage est effectué selon l'appréciation de l'utilisateur,

il est possible que deux photos d'une même salamandre aient des encodages légèrement différents. Afin de résoudre ce problème, un pourcentage de similarité a été ajouté lors de la recherche de salamandres identiques. Le pourcentage de similarité définit le nombre potentiel d'erreurs tolérables entre les différents encodages afin de trouver une salamandre identique. Ce pourcentage est choisi par l'utilisateur. Lorsque l'utilisateur a soumis son encodage et que celui-ci a été ajouté à la base de données, une recherche est effectuée sur les encodages des autres salamandres afin de trouver une potentielle identification identique.

La recherche d'une salamandre identique se fait de la manière suivante :

1. Parcours de tous les encodages de la db afin de trouver celui qui a le moins de différence avec l'encodage de la photo ajoutée.
2. Une fois l'encodage avec le moins de différences trouvé, on calcule le pourcentage de similarité avec l'encodage ajouté :

$$pourcentage = 1 - \frac{\text{nombre de différences}}{\text{nombre total de cases du tableau}}$$

3. Si le pourcentage de similarité est plus grand que le pourcentage minimal défini par l'utilisateur, alors la photo est renvoyée à l'utilisateur.
4. L'utilisateur valide si les salamandres sont identiques en observant les deux photos.

L'utilisateur a donc le dernier mot pour vérifier que la salamandre est identique ou non.

FIGURE 6.3 – Salamandre identique dans la webapp

Une fois que l'utilisateur a décidé que les salamandres sont identiques, l'ID de la salamandre est ajouté à la photo de la salamandre ajoutée. Les valeurs de la salamandre observée sont modifiées dans la table "salamandre" de la base de données : le compteur d'observations est incrémenté, les autres données sont modifiées par celle de la dernière observation.

## 6.4 Automatisation de ManderMatcher

L'encodage de l'identification par l'utilisateur expliqué dans la section précédente est assez contraignant et prend pas mal de temps. En effet, l'encodage Mandermatcher comprend de nombreuses règles en fonction des différentes parties du corps de la salamandre. Par ailleurs, comme expliqué dans la section précédente, cet encodage est réalisé selon l'appréciation de l'utilisateur : les différentes parties du corps sont donc déterminées par celui-ci. Cela peut entraîner, pour une même salamandre, des différences d'encodage entre plusieurs utilisateurs. Automatiser ce processus permettrait à l'application de devenir plus "user-friendly" et d'avoir le même découpage de la salamandre pour chaque utilisateur.

### 6.4.1 Segmentation de la salamandre

Pour avoir le même découpage de la salamandre, la salamandre doit se trouver dans la même position avec un zoom identique sur toutes les photos. Afin de garantir ces conditions, j'ai utilisé la segmentation implémentée par Sarra Laksaci dans le cadre de son mémoire : "Salamander Individual Identification for population tracking" [3]. Sarra Laksaci a développé un modèle U-Net qui a été entraîné pour réaliser la segmentation du corps de la salamandre dans une image. Cette méthode de segmentation permet de récupérer une image où l'arrière-plan est supprimé et le corps de la salamandre est gardé selon son contour. En effet, les salamandres sont majoritairement présentent dans des milieux forestiers, il y a donc de nombreux éléments présents dans l'arrière plan de l'image qui peuvent perturber les différents méthodes d'imagerie utilisées par la suite afin de récupérer les taches de la salamandre.

Un autre élément est lié au fait que les photos des différentes salamandres sont effectuées dans leur milieu naturel et que les salamandres n'ont pas toujours la même position. Elles peuvent par exemple être courbées, en oblique par rapport à l'axe de la photo, non centrées, le zoom sur l'animal n'est pas toujours le même. Tous ses éléments peuvent compliquer l'utilisation de méthodes d'imagerie informatique. C'est donc pour cela que des modifications sont effectuées sur l'image.

Avant que le modèle U-Net ne soit appliqué à l'image de la salamandre celle-ci est modifiée car les images du modèle U-Net doivent respecter les caractéristiques suivantes :

- Un redimensionnement non destructif : la taille des images fixe (256, 256)
- L'image est représentée dans l'espace couleur RGB (forme d'entrée du modèle U-Net : (256,256,3))
- Les images ont été standardisées pour placer toutes les salamandres dans une orientation verticale.

Ces modifications permettent donc de standardiser les photos.

L'architecture du modèle U-Net se compose de plusieurs parties :

- Les blocs de réduction (downblock) : ont pour objectif de créer une représentation des informations importantes de l'image d'entrée.
- Les blocs d'expansion (upblock) : ont pour objectif de restaurer la résolution complète de l'image.
- Bottleneck : fait le lien entre les blocs de réduction et d'expansion.

Ces différentes parties sont agencées de la manière suivante<sup>1</sup> :

	Nb filters	Activation	Kernel initializer
Downblock 1	64	ReLU	he_normal
Downblock 2	128	ReLU	he_normal
Downblock 3	256	ReLU	he_normal
Downblock 4	512	ReLU	he_normal
Bottleneck	1024	ReLU	he_normal
Uplock 1	512	ReLU	he_normal
Uplock 2	256	ReLU	he_normal
Uplock 3	128	ReLU	he_normal
Uplock 4	64	ReLU	he_normal
Output	1	Sigmoid	

TABLE 6.1 – Détails de l'architecture du modèle U-Net

Les hyper-paramètres utilisés pour entraîner le modèles sont les suivants :

- Loss function : Dice Loss
- Smoothing factor : 10
- Optimizer : Adam
- Learning rate : 1e-5
- Metric : Dice coefficient

---

1. Tableau extrait du mémoire de Sarra Laksaci : "Table 5.1 : U-Net architecture details", p.37

- Epoch : 60
- Batch size : 32

Un post-processing est réalisé après le modèle U-net. En effet, il est possible que des trous soient présents dans le masque prédit par le modèle. La morphologie mathématique est utilisée pour résoudre ce problème étant donné que nous travaillons sur une image-binaire. Une opération de "closing" est appliquée à l'image pendant une itération avec un élément structurant carré de 20x20 sur le masque binaire prédit de 256x256. Cependant, cette opération peut créer des faux positifs dans le masque corrigé en connectant les 2 pattes de l'animal.

Ci-dessous des exemples de segmentation de salamandres<sup>2</sup> :

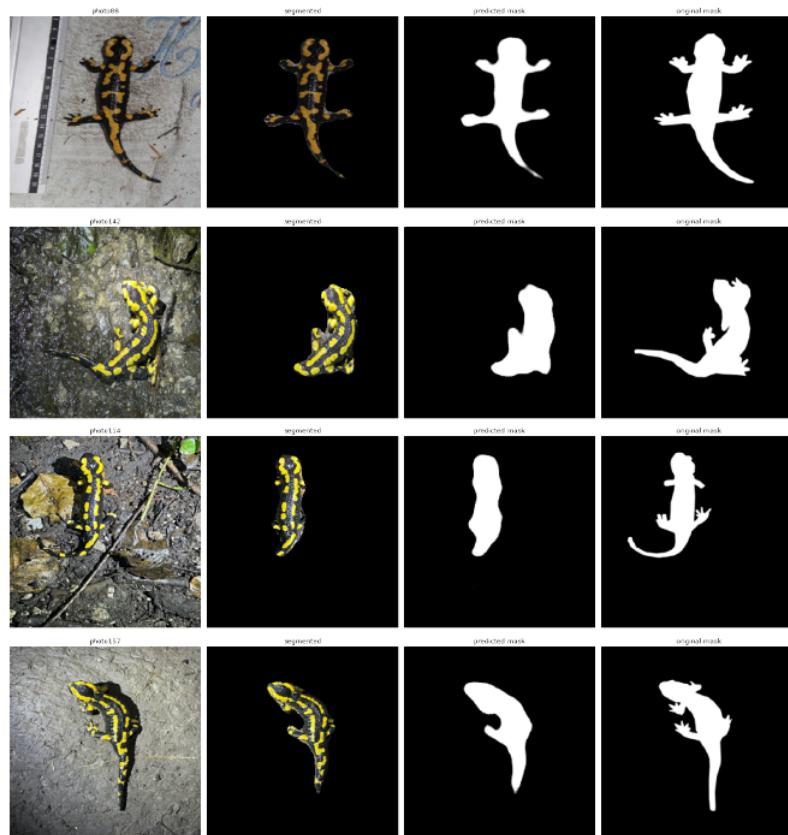


FIGURE 6.4 – Visualisation des résultats de la segmentation U-net. (a) Image original (b) Image segmentée (c) Masque prédit (d) Masque original

---

2. Illustration extraite du mémoire de Sarra Laksaci : Figure 5.4 : Visualization of U-Net segmentation results. (a) original image sample,(b) segmented image, (c) predicted mask and (d) original mask. p.40

### 6.4.2 Image moments

Une fois la segmentation de la salamandre réalisée, il faut maintenant récupérer la position de ses taches. Pour ce faire, une méthode d'image moments a été utilisée. Tout d'abord, revenons sur deux termes : le centroïde d'une forme et le moment de l'image :

- Le moment de l'image est :"une moyenne pondérée particulière des intensités des pixels de l'image, avec l'aide de laquelle nous pouvons trouver certaines propriétés spécifiques d'une image, comme le rayon, la surface, le centroïde, ..." [22].
- Le centroïde d'une forme est :"la moyenne arithmétique de tous les points de la forme" [22].

Afin de trouver les taches de la salamandre, l'image est dans un premier temps transformée en une image en nuances de gris. Un flou gaussien est appliqué à l'image en utilisant la méthode "GaussianBlur" du package OpenCV. Ce flou permet de réduire le bruit sur l'image et de rendre l'image plus lisse. Par la suite, l'image est convertie en image binaire en utilisant la méthode "Threshold" du package OpenCV où les pixels ayant une intensité supérieure à 140 sont définis à 255 (blanc), les autres sont définis à 0 (noir). Ensuite, les pixels ayant une valeur de 255 sont mis à 1 dans l'image binaire, les autres à 0. Le seuil de 140 a été choisi car les tâches étaient majoritairement récupérées avec ce seuil sans avoir d'autres éléments.

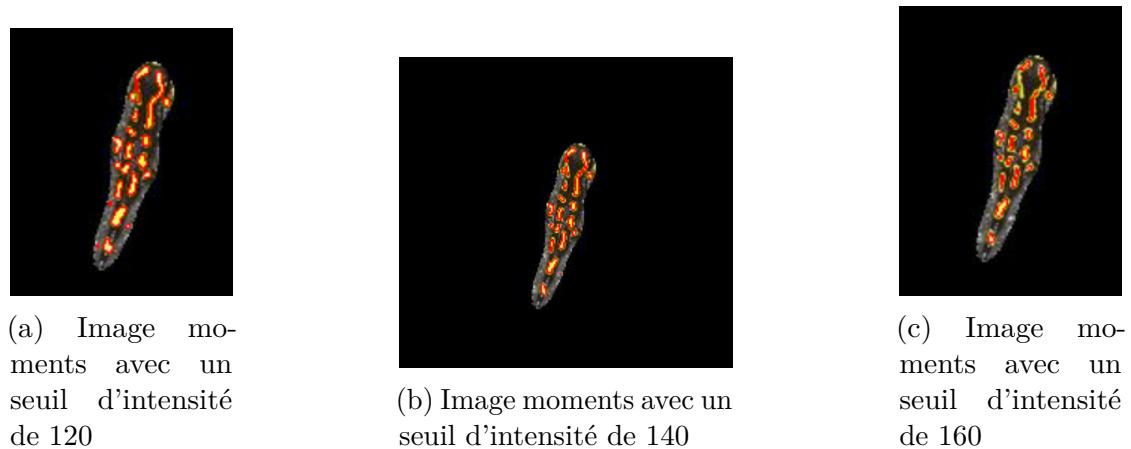


FIGURE 6.5 – Comparaison de résultats de la méthode d'image moments avec différents seuils

Nous pouvons voir sur la figure ci-dessus le résultat de la méthode d'image moments avec différents seuil d'intensité des pixels. Sur l'image (a) lorsque le seuil d'intensité est fixé à 120, des éléments en plus des taches sont identifiés par la méthode comme étant des taches (points rouges le long de la queue de la salamandre).

Sur l'image (c) lorsque le seuil est de 160, la totalité des taches n'est pas reprise par la méthode.

Une fois que l'image est convertie en binaire, la méthode "findContours" du package OpenCv lui est appliquée. Cette méthode détecte les contours dans l'image binaire. Les deux paramètres utilisés de la méthode "findContours" sont les suivants : RETR\_EXTERNAL qui ne retourne que les contours externes et CHAIN\_APPROX\_SIMPLE qui compresse les contours en ne stockant que leurs points d'extrémité. Par la suite les contours produits par la méthode "findContours" sont parcourus afin d'y appliquer la fonction "moments" du package OpenCV. Cette méthode permet de retrouver le centroïde de la tache. Une fois que ce centroïde est retrouvé, celui-ci est utilisé afin de récupérer sa position dans un tableau de 14x14 (8 pixels par case) et donc d'identifier la position des taches de la salamandre. Ce tableau est utilisé par la suite pour réaliser l'encodage d'identification de la salamandre.

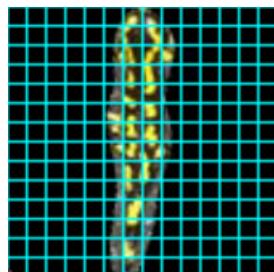


FIGURE 6.6 – Illustration du découpage d'une salamandre segmentée en un tableau de 14x14

Dans certains cas, les taches ne sont pas encore toutes identifiées. De plus, certains reflets de lumière sur la salamandre comme par exemple les reflets du flash sur le corps humide de la salamandre, peuvent également être pris pour des taches. Une solution potentielle pour résoudre ce problème est l'utilisation de l'érosion sur les images. Le but de l'utilisation de cette méthode est de réduire le bruit de l'image. Il s'agit d'isoler des événements individuels, de joindre des éléments disparates d'une image, et de rechercher les maximums et minimums d'intensité dans l'image. Cette méthode s'applique à des images binaires. L'opération d'érosion est la suivante :

$$dst(x, y) = \min_{(x', y'): element(x', y') \neq 0} src(x + x', y + y')$$

La méthode utilisée est la méthode "erode" du package python OpenCV avec comme paramètre un noyau de 5x5.

Cependant, j'ai fait le choix de ne pas utiliser cette méthode d'érosion car j'ai

fait le constat que de nombreuses taches ne sont pas trouvées lorsque l'érosion était utilisée. En effet, j'ai testé la méthode sur un répertoire de 400 photos de salamandres segmentées du répertoire Boleil utilisé comme donnée d'entraînement dans le cadre du mémoire de Sarra Laksaci [3]. La figure 6.8. illustre des résultats avec érosion et sans érosion :

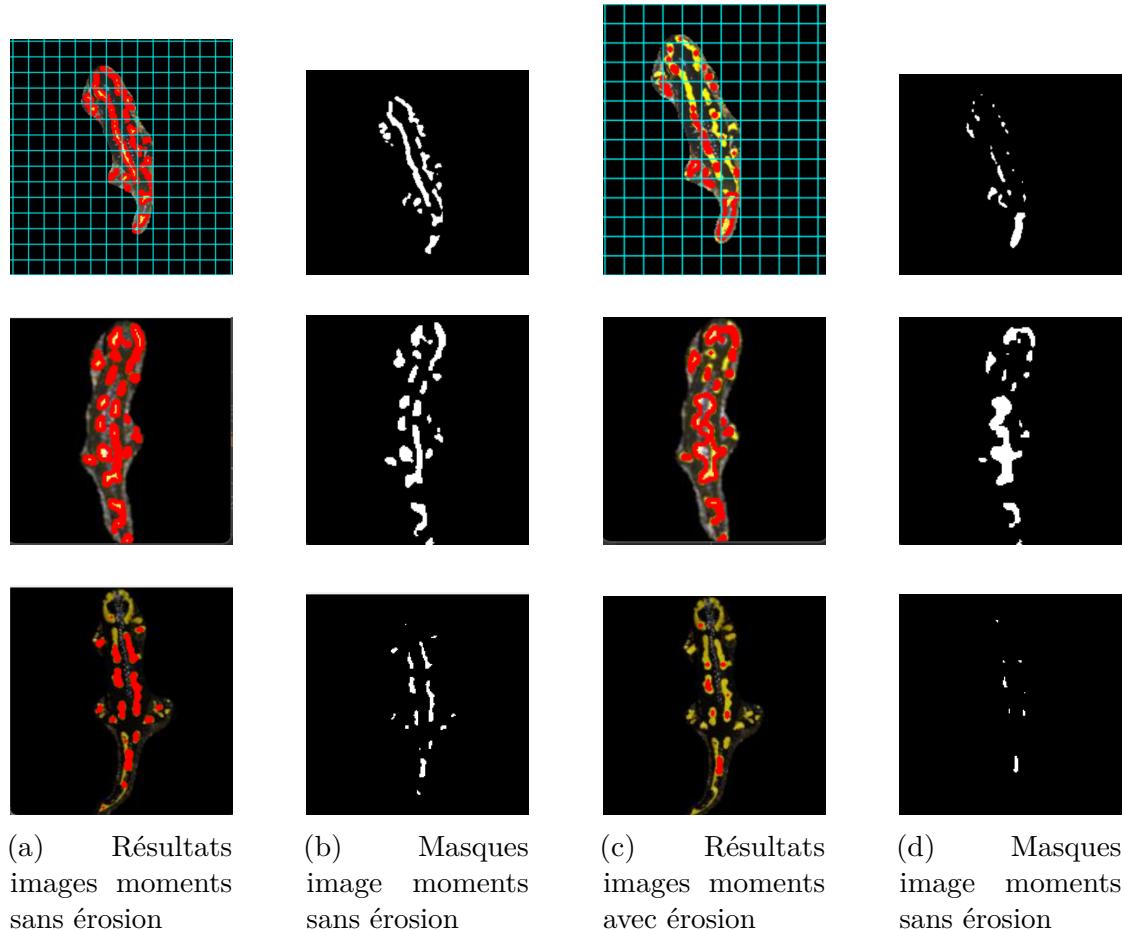


FIGURE 6.7 – Comparaison de résultats de la méthode d'image moments avec ou sans érosion

Comme nous pouvons voir, même en n'utilisant pas l'érosion, il est possible que toutes les taches ne soient pas retrouvées ou alors que des reflets sur l'image soient considérés comme une tache. C'est donc pour cela que l'utilisateur aura encore le dernier mot concernant l'encodage de l'identification. En effet, après avoir récupérer la position des taches dans un tableau, ce dernier est analysé afin de vérifier la présence et le nombre de taches pour chaque partie de l'animal. Comme la sala-

mandre est segmentée et remise dans la même position grâce au modèle développé par Sarra Laksaci, la position de chaque partie du corps correspond théoriquement toujours à la même cellule du tableau.

### 6.4.3 Fonctionnement de l'automatisation

Lorsque l'utilisateur upload une photo sur l'application web et que la photo est envoyée vers le back-end et que la position GPS est récupérée, la méthode de segmentation est utilisée. Ensuite cette segmentation permet de récupérer les tâches via la méthode d'image moments. Par la suite, le tableau ainsi généré est stocké dans la base de données de manière provisoire dans la colonne "identification" de la table "Pictures". Lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton "Pré remplir l'encodage", l'identification provisoire est renvoyée vers le front-end via une requête axios. Les cellules de l'encodage sont alors remplies avec les valeurs de l'identification provisoire correspondantes. L'utilisateur doit ensuite vérifier les valeurs et corriger les éventuelles erreurs ou les éventuels manques. La suite du procédé fonctionne de la même façon que pour l'encodage manuel.

Nous pouvons voir dans le tableau ci-dessous la répartition des parties du corps dans le tableau (voir figure 6.2) :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1							Snout	Snout						
2							Eye to snout	Head	Head	Eye to snout				
3							Left cheek	Head	Head	Right cheek				
4							Extensions	Extensions						
5			Front toes left	Front toes left	Front toes left	Back sequence	Back sequence	Back sequence	Front toes right	Front toes right	Front toes right			
6						Back sequence	Back sequence	Back sequence						
7						Back sequence	Back sequence	Back sequence						
8						Back sequence	Back sequence	Back sequence						
9						Back sequence	Back sequence	Back sequence						
10		Hind toes left	Hind toes left	Hind toes left	Hind toes left	Back sequence	Back sequence	Back sequence	Hind toes right	Hind toes right	Hind toes right	Hind toes right	Hind toes right	
11							Tail	Tail						
12							Tail	Tail						
13							Tail	Tail						
14							Tail	Tail						

FIGURE 6.8 – Positions des parties de corps dans le tableau d'encodage

Le désavantage de cette méthode est lié à l'utilisation de paramètres fixes : la

salamandre doit toujours être dans la même position, le plus droite possible afin d'obtenir les mêmes résultats. Dès lors, ce procédé ne fonctionne pas lorsque la salamandre fait une courbe ou un "S" avec son corps. Cependant, étant donné que les salamandres bougent très lentement, il n'est pas très compliqué de prendre une photo de celle-ci le plus droit possible.

# Chapitre 7

## Application Web

Comme mentionné à quelques reprises, l'objectif final de ce mémoire est de créer une application web qui regroupe toutes les fonctionnalités décrites dans les chapitres précédents. Le but de cette web app est de permettre de collecter des données sur l'évolution des populations de salamandres en perturbant le moins possible la salamandre dans son milieu naturel et en respectant les législations en vigueur.

### 7.1 Caractéristiques de l'application web

L'application web a été développée en utilisant le micro framework Flask. Flask est un micro framework car il a été créé pour permettre de prendre toutes décisions en matière d'implémentation. Par exemple, quel type de base de données le développeur veut utiliser. Flask utilise Werkzeug pour créer une application WSGI correcte et s'appuie sur Jinja2 pour la gestion efficace des templates HTML. [23] WSGI (Web Server Gateway Interface) est une norme définissant la manière dont un serveur Web peut communiquer avec une application Python. [24]

Comme décrit dans le chapitre sur la base de données, la web app est reliée à une base de données PostgreSQL. La communication entre l'application web et la base de données se fait en utilisant le package Flask-SQLAlchemy qui est une extension de Flask permettant l'utilisation de SQLAlchemy. SQLAlchemy est l'outil python qui permet de faire le lien entre python et une base de donnée SQL. [25]

L'application web utilise des requêtes axios pour créer le dialogue entre le front-end et le back-end de celle-ci. Axios représente un client HTTP reposant sur des promesses, destiné à la base au framework node.js ainsi qu'au navigateur. Du côté serveur, Axios exploite le module http natif de node.js, tandis que du côté client (dans le navigateur), il utilise les XMLHttpRequests.[26].

Enfin, le back-end a été implémenté en utilisant le langage de programmation

Python, le front-end a été développé en utilisant le langage de programmation JavaScript pour les scripts ainsi que HTML pour les templates visuels.

## 7.2 Accueil

Lorsque l'application web est chargée, nous arrivons sur l'écran d'accueil.

### Aide au suivi des salamandres

Cette application web vous permet de prendre ou de télécharger une photo d'une salamandre pour mesurer sa taille et obtenir sa localisation, facilitant ainsi le suivi de sa population.

De plus, l'application web offre la possibilité d'identifier les salamandres en utilisant l'encodage ManderMatcher.

Instructions d'utilisation :

- Placez une pièce de 0,5, 1 ou 2 euros à côté de la salamandre de manière bien visible. Vous pouvez également utiliser un objet d'une longueur de 1 cm ou un dispositif permettant une mesure précise de 1 cm (comme une règle ou tout autre objet approprié).
  - Assurez-vous que la salamandre soit clairement visible et positionnée aussi verticalement que possible.
- Si vous téléchargez simplement la photo après l'avoir prise, appuyez sur le bouton "Sélectionner un fichier". Le format du fichier doit être en jpg.
- Si vous prenez directement la photo, une fois que vous avez appuyé sur le bouton "Sélectionner un fichier", votre appareil photo s'ouvrira automatiquement.
- Vérifiez que la salamandre est bien droite et ne forme pas de courbe ou de "S" avec son corps. Sinon, l'encodage automatique ne fonctionnera pas correctement.
- Pour identifier précisément la salamandre, suivez attentivement sa colonne vertébrale, en partant du bout du museau jusqu'à la pointe de la queue.
- Assurez-vous également d'identifier la pièce de monnaie le plus précisément possible.

[Explication encodage ManderMatcher](#)  
[Ajouter une photo](#) |  
[Consulter les données](#)  
[Montrer la localisation de la dernière salamandre observée](#)

FIGURE 7.1 – Écran d'accueil

Un manuel d'utilisation est présent sur l'écran d'accueil qui précise à l'utilisateur comment prendre des photos qui pourront être utilisées dans l'application web. Voici les consignes d'utilisation :

- La salamandre doit être bien visible.
- Si vous uploadez la photo après l'avoir prise, le format du fichier doit être un jpg.
- Dans le cas où vous voulez directement prendre la photo via la web app, votre appareil photo s'ouvrira automatiquement lorsque vous sélectionnerez le bouton "Choisir un fichier".
- La salamandre doit être la plus droite possible et ne pas faire de courbe ou de S avec son corps. Dans le cas contraire, l'automatisation de l'encodage ne fonctionnera pas correctement.
- Placez une pièce de 50 centimes, 1 euro ou 2 euros ou un objet permettant d'avoir la mesure d'1cm de manière bien visible.
- Afin de mesurer la salamandre de la manière la plus exacte possible, assurez-vous de bien suivre sa colonne vertébrale en partant du museau jusqu'au bout de la queue. Assurez-vous également de bien identifier la pièce de la même manière.

En dessous des consignes d'utilisation se trouve un lien vers le drive où est disponible le manuel d'utilisation de l'encodage ManderMatcher.

Enfin, trois boutons permettent de rediriger l'utilisateur vers différentes fonctionnalités de l'application web : l'ajout d'une photo à la base de données avec la mesure de la taille de la salamandre et l'encodage ManderMatcher, la consultation des données issues de la base de données ainsi que la visualisation sur une carte de la position de la dernière salamandre ajoutée à la base de données.

## 7.3 Ajout d'une photo

Le second écran concerne de l'ajout d'une photo à la base de données. Cette

# Upload de la photo de salamandre

## Selectionnez votre photo

[Choisir un fichier](#) Aucun fichier choisi

Préremplir l'encodage

Entrez le pourcentage de similarité souhaitée

Snout

  
Eye to snout

  
Head

  
Left cheek

  
Extensions

Eye to snout

  
Head

  
Head

  
Right Check

  
Extensions

Front toes left



Front toes right

Back Sequence

Hind toes left



Hind toes right

Tail

FIGURE 7.2 – Ajout d'une photo

partie est le cœur de l'application web. En effet, sur cette page se trouvent la plupart des fonctionnalités. Tout d'abord, en appuyant sur "Choisir un fichier", l'utilisateur peut soit prendre une photo directement si celui-ci utilise la web app sur un smartphone, soit uploader un fichier sur la web app. Une fois la photo prise ou uploadée, celle-ci apparaîtra dans l'espace vide entre les boutons "Terminer l'identification de la salamandre" et "Préremplir l'encodage".

Ensuite l'utilisateur peut appuyer sur le bouton "Montrer la localisation". Ce bouton fera apparaître une carte en dessous de l'image de la salamandre avec un repère à l'endroit où la photo a été prise.

La prochaine étape sur cette page est la mesure de la salamandre. Tout d'abord

l'utilisateur doit sélectionner et valider le repère visuel présent sur la photo (pièce ou objet où l'on peut mesurer 1 cm). Une fois ce repère choisi, l'utilisateur peut commencer la mesure de la taille de la salamandre en appuyant sur "Identifier la salamandre". Une fois que ce bouton a été sélectionné, l'utilisateur doit cliquer sur des points clés sur la photo de la salamandre afin de tracer une ligne qui suit la colonne vertébrale de la salamandre. Lorsque le dernier point est sélectionné, l'utilisateur doit cliquer sur "Terminer l'identification de la salamandre" afin d'arrêter le suivi des cliques. Le message "Identification de la salamandre terminée" apparaît sur l'écran pour confirmer l'arrêt du suivi. L'utilisateur doit ensuite appuyer sur le bouton "Identifier la pièce" afin d'identifier le repère sur l'image de la même manière que la taille de la salamandre. Une fois le bouton "Terminer l'identification de la pièce" sélectionné, le message "Identification de la salamandre terminée" est remplacé par la mesure de la salamandre. Dès lors, la mesure de la salamandre est terminée. Cette information et la photo sont ajoutées à la base de données.

Une fois la mesure réalisée, l'utilisateur peut ensuite cliquer sur le bouton "Pré-remplir l'encodage". Cette action remplit le tableau en forme de salamandre situé juste en dessous par l'automatisation de l'encodage présenté au chapitre précédent. Cependant, si l'utilisateur souhaite faire l'encodage de manière manuelle, cela est également possible en ne cliquant pas sur ce bouton. Ensuite, l'utilisateur doit déterminer le pourcentage de similarité minimum souhaité pour effectuer la comparaison de l'encodage avec les autres encodages déjà présents dans la base de données. Il pourra ensuite soit vérifier les valeurs de l'encodage automatique ou réaliser l'encodage manuellement en modifiant ou ajoutant les valeurs du tableau en forme de salamandre. Une fois l'encodage terminé, l'utilisateur doit cliquer sur "Soumettre l'encodage de la salamandre" afin que celui-ci soit ajouté à la base de données et comparé avec les autres. Si une salamandre similaire a déjà été encodée dans la base de données, un message avec la position GPS et la date de la dernière observation apparaîtra sur l'écran. La photo de la salamandre identique apparaîtra également en dessous de l'encodage afin que l'utilisateur puisse confirmer que les salamandres sont bien identiques. Cette photo apparaît lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton "Afficher la salamandre".

## 7.4 Consulter les données

Enfin la dernière page de l'application web est la page de consultation des données. Un tableau reprenant toutes les données présentes dans la base de données est présent sur cette page. Seules les données suivantes apparaissent : l'ID de la photo, le nom du fichier photo, la latitude et la longitude de l'endroit de la photo, la date, la taille de la salamandre observée et l'ID de la salamandre. La photo en

elle-même n'est pas affichée afin de ne pas surcharger l'affichage.

202	IMG_0983.jpg	50.47933888888889	4.675050000000001	2021-10-31	14.918	
203	IMG_0962.jpg	50.48040833333334	4.673583333333333	2021-10-31	16.339	
204	007.JPG	0.0	0.0	2021-09-14	24.504	
205	IMG_0962.jpg	50.48040833333334	4.673583333333333	2021-10-31	18.051	
206	IMG_0983.jpg	50.47933888888889	4.675050000000001	2021-10-31	14.631	

FIGURE 7.3 – Consultation des données

Ces données présentes dans l'exemple, sont issues de tests de l'application, les valeurs qui en découlent ne sont pas à prendre en compte.

# Chapitre 8

## Tests

Ce dernier chapitre reprend les tests effectués afin de vérifier que les différentes fonctionnalités de l'application web fonctionnent correctement.

## 8.1 Ajout à la base de données

Afin de vérifier que les photos de salamandres et toutes les différentes données issues de ces photos se retrouvent bel et bien dans la base de données, j'ai utilisé le programme "pgAdmin4". Ce programme permet de consulter directement l'état de la base de données et le contenu de chacune des tables.

Des vérifications ont été faites lors de l'ajout des éléments dans la base de données ainsi que lors de la modification de ceux-ci. Par exemple, il a été vérifié que le tableau d'encodage automatique stocké provisoirement dans la colonne "identification" de la table "Pictures" changeait bien lorsque l'utilisateur a corrigé ce tableau.

	<b>id</b> [PK] integer	<b>filename</b> character varying (50)	<b>file</b> bytea	<b>latitude</b> double precision	<b>longitude</b> double precision	<b>geo</b> geometry	<b>focal</b> integer	<b>date</b> date	<b>size</b> double
36	187	photo	[binary dat...	0	0	0101000	0	2021-09-14	
37	188	photo	[binary dat...	0	0	0101000	0	2021-09-14	
38	189	IMG_0983.jpg	[binary dat...	0	0	0101000	0	2021-09-14	
39	190	photo	[binary dat...	0	0	0101000	0	2021-09-14	
40	191	IMG_0983.jpg	[binary dat...	50.47933888888889	4.675050000000001	010100000C2A8A44E40B3124048BD09FA5A3D4940	0	2021-10-31	
41	192	photo	[binary dat...	0	0	0101000	0	2021-09-14	
42	193	IMG_0983.jpg	[binary dat...	50.47933888888889	4.675050000000001	010100000C2A8A44E40B3124048BD09FA5A3D4940	0	2021-10-31	
43	194	082.JPG	[binary dat...	0	0	0101000	0	2021-09-27	
44	195	006.JPG	[binary dat...	0	0	0101000	0	2021-09-14	
45	196	011.JPG	[binary dat...	0	0	0101000	0	2021-09-14	
46	197	IMG_0983.jpg	[binary dat...	50.47933888888889	4.675050000000001	010100000C2A8A44E40B3124048BD09FA5A3D4940	0	2021-10-31	
47	198	photo	[binary dat...	50.47933888888889	4.675050000000001	010100000C2A8A44E40B3124048BD09FA5A3D4940	0	2021-10-31	
48	199	photo	[binary dat...	50.47933888888889	4.675050000000001	010100000C2A8A44E40B3124048BD09FA5A3D4940	0	2021-10-31	
49	200	photo	[binary dat...	50.47933888888889	4.675050000000001	010100000C2A8A44E40B3124048BD09FA5A3D4940	0	2021-10-31	
50	201	photo	[binary dat...	50.47933888888889	4.675050000000001	010100000C2A8A44E40B3124048BD09FA5A3D4940	0	2021-10-31	

FIGURE 8.1 – Vérification valeurs bases de données dans pgAdmin

## 8.2 Requêtes axios

Les requêtes axios jouent un rôle central dans la webapp, j'ai donc testé que ces requêtes fonctionnaient parfaitement. Pour chaque requête, il a été vérifié que son code de status est bien 200 après la fin de cette requête. Ce code status indique la réussite de la requête. La réussite de la requête dépend du type de la requête. En effet, pour une requête GET, ce code signifie que "la ressource a bien été récupérée et transmise", alors que pour une requête POST, ce code signifie que "la ressource qui décrit le résultat d'une action est transmise"[27].

Sur l'image ci-dessous, le code status 304 est également présent, ce code signifie "qu'il n'y a pas besoin de retransmettre les ressources demandées". Celle-ci est déjà présente dans le cache du navigateur.

```
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:16] "GET / HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:17] "GET /static/BestRendering.js HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:17] "GET /static/scripts_accueil.js HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:17] "GET /static/style.css HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:17] "GET /getLast HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:18] "GET /index.html HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:18] "GET /static/style.css HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:18] "GET /static/BestRendering.js HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:18] "GET /static/scripts.js HTTP/1.1" 304 -
2024-01-02 15:17:25.791245: I tensorflow/core/platform/cpu_feature_guard.cc:182] This TensorFlow binary is optimized to use available CPU instructions in performance-critical operations. To enable the following instructions: SSE SSE2 SSE3 SSE4.1 SSE4.2 AVX AVX2 FMA, in other operations, rebuild TensorFlow with the appropriate compiler flags.
1/1 [=====] - ls 1s/step
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:29] "POST /adpict HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:39] "POST /adetaille HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:44] "GET /getLast HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [02/Jan/2024 15:17:57] "POST /identification HTTP/1.1" 200 -
```

FIGURE 8.2 – Vérification code status requêtes

## 8.3 Fonctionnalités de l'application web

Les différentes fonctionnalités de l'application web ont été testées manuellement. En effet, les fonctionnalités ont été testées individuellement afin de vérifier que les résultats affichés ou renvoyés correspondaient aux attentes.

L'encodage ManderMatcher manuel implémenté dans le cadre de ce mémoire a également été testé par Louis Uytterhaegen afin de vérifier que celui-ci correspondait bien à celui développé par Jeroen Speybroeck. Louis a réalisé en 2023 un stage où il avait utilisé le programme ManderMatcher afin d'encoder un maximum de salamandres dans le cadre du mémoire de Sarra Laksaci.

# Chapitre 9

## Conclusion

L'objectif de ce mémoire était de développer une application permettant de récupérer et de stocker des informations relatives aux salamandres sur base d'une photo. Pour répondre à cet objectif, j'ai développé un application web permettant de réaliser un suivi des salamandres en Wallonie sans perturber celles-ci dans leur milieu naturel. Cette application permet de récupérer la localisation de la salamandre grâce aux fichiers Exifs de la photo. Elle permet également de mesurer la salamandre grâce à un repère (une pièce de monnaie ou un objet représentant 1cm) présent sur l'image.

L'identification de deux salamandres identiques peut être également réalisée dans l'application web grâce à la segmentation de la salamandre développée par Sarra Laksaci et aux méthodes d'image moments. Enfin, toutes les données récoltées dans l'application web sont stockées dans une base de données PostgreSql.

Les différentes fonctionnalités ont été testées pour vérifier le bon fonctionnement de celles-ci.

L'application permet ainsi de poursuivre le recensement des salamandres sans devoir les capturer et ainsi respecter la législation de protection de l'espèce en Wallonie.

L'usage sur le terrain de l'application web permettra d'identifier les améliorations possibles.

Une piste d'amélioration possible serait l'usage de la segmentation des couleurs par KNN plutôt que l'utilisation des moments d'image pour identifier les taches des salamandres après l'avoir segmentée. Cette modification pourrait augmenter le nombre de taches identifiés dans l'automatisation de l'encodage ManderMatcher.

# Bibliographie

- [1] *La salamandre tachetée en péril – appel à la collaboration de tous.* URL : <http://biodiversite.wallonie.be/fr/maladie-de-la-salamandre.includehtml?IDC=6229> (visité le 01/01/2023).
- [2] “Exploration de nouvelles techniques d’identification pour le recensement d’espèces protégées : Application pour le suivi de la population de salamandres”. In : (2022). URL : <https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/object/thesis:35556>.
- [3] “Salamander Individual Identification for population tracking”. In : (2023). URL : <https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/object/thesis:43227>.
- [4] *Salamandre tachetée.* URL : <http://biodiversite.wallonie.be/fr/salamandra-salamandra.html?IDC=587&IDD=50334413>.
- [5] *LA SALAMANDRE TERRESTRE.* URL : <https://www.natagora.be/la-salamandre-terrestre> (visité le 12/07/2023).
- [6] *La salamandre tachetée.* URL : <https://www.parcsnationaux.fr/fr/des-connaissances/biodiversite/faune-emblematique/les-amphibiens/la-salamandre-tachetee>.
- [7] *Why salamanders are important to you 30 years of nature protection in Europe.* URL : <https://www.consilium.europa.eu/en/salamanders-30-years-nature-protection-europe/>.
- [8] Ministère de l’éducation nationale et de la JEUNESSE. “La méthode de « capture-marquagerecapture »”. In : (2020).
- [9] Groupe naturaliste universitaire de BOURGOGNE. *Projet salamandre.* URL : <https://www.asso-gnub.fr/actions/projet-salamandre/>.
- [10] “A Case for Using Plethodontid Salamanders for Monitoring Biodiversity and Ecosystem Integrity of North American Forests”. In : (jan. 2002). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1523-1739.2001.015003558.x>.

- [11] *API Geolocation (géolocalisation)*. URL : [https://developer.mozilla.org/fr/docs/Web/API/Geolocation\\_API](https://developer.mozilla.org/fr/docs/Web/API/Geolocation_API).
- [12] *GeolocationCoordinates : accuracy property*. URL : <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/GeolocationCoordinates/accuracy>.
- [13] *Fichiers EXIF*. URL : [https://www.adobe.com/be\\_fr/creativecloud/file-types/image/raster/exif-file.html](https://www.adobe.com/be_fr/creativecloud/file-types/image/raster/exif-file.html).
- [14] *gpsphoto 2.2.3*. URL : <https://pypi.org/project/gpsphoto/>.
- [15] “The post hoc measurement as a safe and reliable method to age and size plethodontid salamanders”. In : (sept. 2020). URL : [https://opencv24-python-tutorials.readthedocs.io/en/latest/py\\_tutorials/py\\_imgproc/py\\_template\\_matching/py\\_template\\_matching.html](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.6748#:~:text=The%5C%20most%5C%20common%5C%20method%5C%20used,%5C%2C%5C%20%5C%26%5C%20Wake%5C%2C%5C%202018) ..</li>
<li>[16] <i>Template matching</i>. URL : <a href=) (visité le 05/05/2023).
- [17] *Object Detection*. URL : [https://docs.opencv.org/4.x/d4/df/group\\_\\_imgproc\\_\\_object.html](https://docs.opencv.org/4.x/d4/df/group__imgproc__object.html) (visité le 05/05/2023).
- [18] *Session Basics*. URL : [https://docs.sqlalchemy.org/en/20/orm/session\\_basics.html#what-does-the-session-do](https://docs.sqlalchemy.org/en/20/orm/session_basics.html#what-does-the-session-do) (visité le 12/03/2023).
- [19] *About PostGis*. URL : <https://postgis.net/> (visité le 12/03/2023).
- [20] *ManderMatcher*. URL : <https://jeroenspeybroeck.shinyapps.io/mandermatcher/> (visité le 12/03/2023).
- [21] “ManderMatcher an integrated software tool for population studies of the fire salamander Salamandra salamandra and its spotted relatives”. In : (mars 2017). URL : [https://drive.google.com/drive/folders/0B8\\_GTHBuoSRSRdkRzWGVtNS1ZZWM?resourcekey=0-7esIvjvUAROKNeKpKLjLjg](https://drive.google.com/drive/folders/0B8_GTHBuoSRSRdkRzWGVtNS1ZZWM?resourcekey=0-7esIvjvUAROKNeKpKLjLjg).
- [22] *Find the Center of a Blob (Centroid) using OpenCV (C++/Python)*. URL : <https://learnopencv.com/find-center-of/blob-centroid-using-opencv-cpp-python/>.
- [23] *Design Decisions in Flask*. URL : <https://flask.palletsprojects.com/en/2.3.x/design/#what-flask-is-what-flask-is-not>.
- [24] *Le protocole HTTP et WSGI*. URL : [https://perso.liris.cnrs.fr/pierre-antoine.champin/2017/progweb-python/cours/cm1.html#:~:text=WSGI%20\(Web%20Server%20Gateway%20Interface,interagir%20avec%20une%20application%20Python..](https://perso.liris.cnrs.fr/pierre-antoine.champin/2017/progweb-python/cours/cm1.html#:~:text=WSGI%20(Web%20Server%20Gateway%20Interface,interagir%20avec%20une%20application%20Python..)

- [25] *The Python SQL Toolkit and Object Relational Mapper*. URL : <https://www.sqlalchemy.org/>.
- [26] *What is Axios ?* URL : <https://axios-http.com/docs/intro/>.
- [27] *200 OK*. URL : <https://developer.mozilla.org/fr/docs/Web/HTTP>Status/200> (visité le 01/01/2023).

# Annexe A

## Vérification des mesures

### A.1 Valeur d'1 cm

Lors de la vérification des mesures des salamandres, les images du dossier Boleil comprenant des photos de salamandres avec une latte à côté celle-ci ont été utilisé. Ces images ont permis la vérification de la mesure en marquant la valeur d'1 cm sur l'image. Vous trouverez ci-dessous quelques exemples :

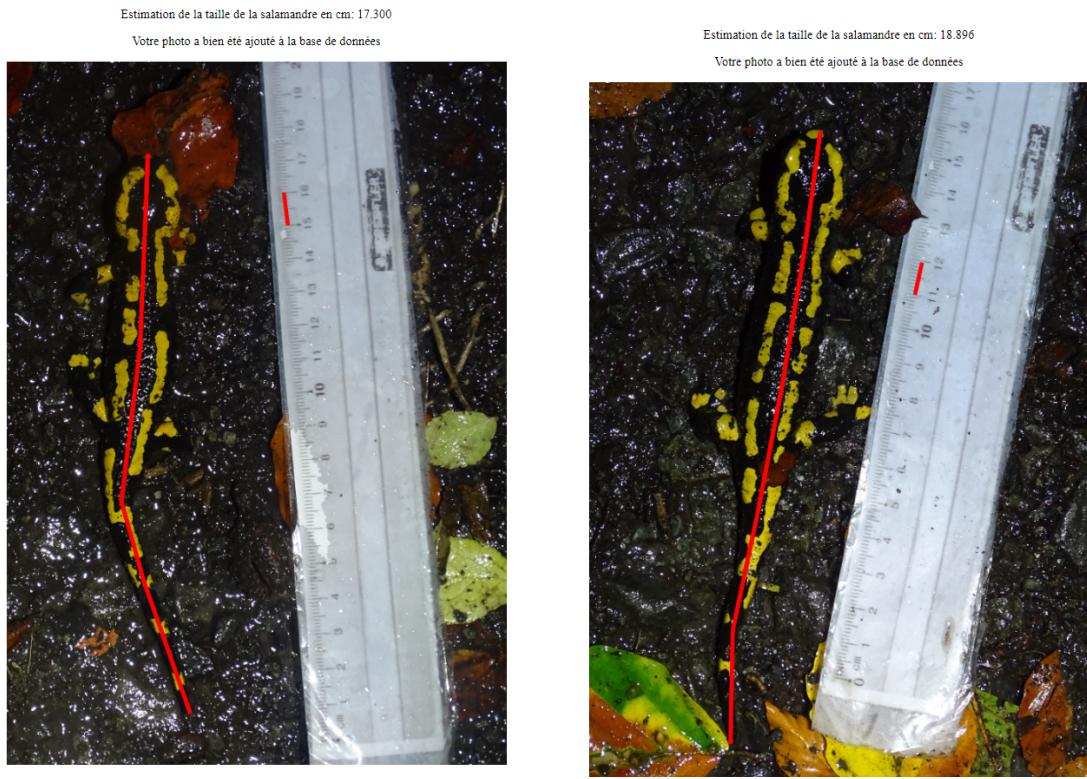


(a) Résultat renvoyé : 17.172 cm



(b) Résultat renvoyé : 15.869 cm

Comme nous pouvons constater, les résultats renvoyés correspondent bien à la



(a) Résultat renvoyé : 17.3 cm

(b) Résultat renvoyé : 18.896 cm

FIGURE A.2 – Vérification mesure avec un 1 cm sur l'image

distance que nous pouvons lire sur la latte (attention pour la dernière image, la latte est décalé d'environ 2cm vers le haut).

## A.2 Avec une pièce

Afin de vérifier la mesure de la salamandre avec une pièce de monnaie comme repère, j'ai été prendre des photos de salamandres avec une pièce et un mètre de menuisier en compagnie du Professeur Bonaventure et de Sarra Laksaci dans le bois de Lauzelle. Le Professeur Bonaventure a également réalisé des photos avec une pièce et un mètre dans le bois de Spy. Ces photos ont permis d'augmenter le dataset de photos avec une pièce et un mètre.

Comme vous le pouvez constater, les résultats renvoyés dans les exemples, ci-dessous, correspondent bien à la mesure sur le mètre.

Estimation de la taille de la salamandre en cm: 18.856

Votre photo a bien été ajouté à la base de données



FIGURE A.3 – Résultat renvoyé : 18.856 cm

Estimation de la taille de la salamandre en cm: 14.568

Votre photo a bien été ajouté à la base de données



FIGURE A.4 – Résultat renvoyé : 14.568 cm

**UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN**  
**École polytechnique de Louvain**

Rue Archimède, 1 bte L6.11.01, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique | [www.uclouvain.be/epl](http://www.uclouvain.be/epl)