

# Étude de faisabilité pour un projet de reconnaissance de plantes en Zones Humides via Android au PNR Scarpe-Escaut



## **Table des matières**

### **Introduction**

#### **I/ Les Zones Humides et le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut**

##### A/ Identifier les Zones Humides en agriculture

*1/ Les prairies humides : observations générales*

*2/ Critères d'identification des zones humides dans le code de l'environnement*

##### B/ Les Zones Humides, des espaces à valoriser

*1/ Les intérêts des Zones Humides*

*2 / Une mauvaise gestion historique des Zones Humides*

*3/ Les politiques actuelles de valorisation de ces espaces*

##### C/ Les prairies humides

*1/ Portrait de l'écosystème*

*2/ Mode de conservation des prairies humides*

#### **II / Le Deep Learning dans la reconnaissance de plantes**

##### A/ Les fondamentaux du Deep Learning

##### B/ Le Deep Learning vu par AgroTic pour l'aspect végétal de l'agriculture

##### C/ Les pistes du Deep Learning dans le monde agricole

#### **III/ Faisabilité du projet de reconnaissance de plantes en Zones Humides**

##### A/ En amont de la conception du projet

*1/ Présentation des possibilités générales du projet*

*2/ Les obstacles rencontrés dans la conception du projet*

*3/ Les choix à décider avant l'étape de la conception*

##### B/ Réaliser une application de reconnaissance de plantes sur Android

##### C/ Arborescence de l'application

*1/ Valoriser les Zones Humides auprès du grand public*

*2/ Accompagner les agriculteurs dans la gestion des Prairies Humides*

*3/ Nourrir la base de donnée de l'application avec un système de jeu*

*4/ Créer une communauté avec l'actualité et les réseaux sociaux*

*5/ Proposer plusieurs outils de Deep Learning contextualisés aux Zones Humides*

### **Conclusion**

### **Pour aller plus loin**

## Introduction

*« Desséchons ces marais, animons ces eaux mortes en les faisant couler, formons-en des ruisseaux, des canaux... Bientôt au lieu du jonc, du nénuphar dont le crapaud composait son venin, nous verrons paraître la renoncule, le trèfle, les herbes douces et salutaires... »*

Cette citation de Georges-Louis Leclerc de Buffon datée du XVIII<sup>e</sup> siècle illustre la connotation négative longtemps attribuée aux Zones Humides. Jusqu'à récemment, ces espaces étaient détruits au nom de l'intérêt général, dans un contexte d'industrialisation et de méconnaissance de ces milieux. Si les dégradations et les destructions des Zones Humides sont aujourd'hui en régression, ces milieux n'en ont pas moins perdu 50 % de leur surface en France entre 1960 et 1990. La principale raison demeure principalement la même : une ignorance des caractéristiques et des bénéfices de ces Zones Humides.

Ces Zones Humides se définissent comme des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, comprenant l'eau stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris les parties de mer dont la profondeur ne dépasse pas 6 mètres à marée basse. Cette définition intègre la plupart des étangs et des lacs peu profonds, les cours d'eau, les estuaires, les étangs ainsi que les mangroves.

Depuis ces dernières décennies, de plus en plus d'initiatives sont prises pour sauvegarder ces espaces, à l'instar par exemple du WWF<sup>1</sup> soutenant déjà en 1985 de nombreux projets en France avec un budget global de 5 millions de francs. Parmi leurs missions, on compte notamment l'instauration d'une indemnité spéciale destinée au maintien de l'élevage en prairies humides, ce qui m'amène au cœur du sujet.

En effet, le projet ne m'est initialement apparu que telle une demande de Saint-Amand-les-Eaux pour mettre au point une application sur Android afin de reconnaître des plantes. En essayant de préciser plus en détail le sujet, j'ai entendu dire que le premier destinataire était l'éleveur, qu'il y avait dans l'idée de créer un label pour les prairies humides afin de valoriser ces espaces. Ces prairies humides ou inondables ne sont jamais très loin d'un cours d'eau ou de zones humides. Elles

---

1 Fonds Mondial pour la Nature. C'est l'une des toutes premières organisations indépendantes de protection de l'environnement dans le monde, avec un réseau actif dans plus de 100 pays pour environ 6 millions de membres. WWF France compte plusieurs antennes sur le territoire nationale : Paris, Marseille, les Alpes, la Guyane et la Nouvelle-Calédonie.

s'apparentent parfois à des marais et sont caractérisées par l'engorgement temporaire du sol où elles sont installées. Cette présence d'eau, plus ou moins longue, peut être causée par la crue d'une rivière ou par une remontée de la nappe phréatique.

À partir de là, étant issu d'une formation en AgTech, j'ai fait l'état de l'art du point de vue agricole et du point de vue technique afin de préciser ce qui était possible de faire. L'objectif n'était alors que de convaincre de l'intérêt de solutions AgTech pour répondre à de telles problématiques. Disposant de quelques semaines pour préparer le projet, ce dernier s'est avéré d'une telle envergure qu'il n'était pas réaliste de mettre au point un prototype pertinent pour l'application. Aussi, je me suis redirigé vers une étude de faisabilité ouvrant sur de nombreuses pistes ; toutes inspirées par la compréhension que je voulais la plus proche du terrain. Les questions de cette étude sont donc nombreuses. Une solution AgTech est-elle pertinente pour répondre aux enjeux de valorisation de ces milieux particuliers ? Cette dernière est-elle économiquement viable ? Si oui, jusqu'où est-il technologiquement possible d'aller pour répondre aux problématiques actuelles de maintien de l'agriculture en Zones Humides ? À qui cette application pourrait bénéficier ? Comment la rendre perenne sur la durée ? Pour y répondre, nous aborderons d'abord les éléments de contextualisation des Zones Humides dans le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut. Ensuite, la démonstration portera sur l'état de l'art du Deep Learning dans l'agriculture. Enfin, il sera question d'esquisser les solutions avec leurs avantages et limites, les différentes possibilités de mise en œuvre jusqu'à la proposition d'une arborescence pour l'application.

## I/ Les Zones Humides et le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut

### A/ Identifier les Zones Humides en agriculture

#### 1/ Les prairies humides : observations générales

Il existe deux sortes de prairies humides : intensives et extensives. Les prairies extensives présentent peu ou pas d'ensemencement, une fertilisation limitée et une charge de pâturage inférieure à 1,4 UGB.

Les critères de reconnaissance d'une prairie humide sont :

- un engorgement du sol sur une période importante (présence d'horizons anoxiques dans la partie superficielle du sol) ou par l'inondation temporaire mais répétée des terrains (durée annuelle cumulée de l'inondation supérieure à une semaine) ;
- la présence d'un certain nombre d'espèces (la menthe aquatique est un marqueur de l'humidité du sol) ;
- la présence d'espèces facilement différenciables comme les joncs ou les laîches pour les prairies gérées de manière plus extensive.

#### 2/ Critères d'identification des zones humides dans le code de l'environnement

En tout cas, ce sont là les critères généraux. S'il faut aller dans le plus précis, il convient de s'appuyer sur les critères de définition et de délimitation des zones humides présents dans le code de l'environnement. Ces derniers critères sont les suivants :

1. des sols correspondant à un ou plusieurs types pédologiques<sup>2</sup>, sachant que dans certains contextes particuliers<sup>3</sup>, l'excès d'eau prolongée ne se traduit pas par les traits d'hydromorphie habituels facilement reconnaissables, ce qui implique de réaliser une expertise des conditions hydrogéomorphologiques<sup>4</sup> pour apprécier la saturation prolongée par l'eau dans les cinquante premiers centimètres de sol<sup>5</sup> ;

---

2 Histosols, réductisols, rédoxisols, fluviosols – rédoxisols, thalassols – rédoxisols, planosols typiques, luvisols dégradés – rédoxisols, luvisols typiques – rédoxisols, sols salsodiques, pélosols – rédoxisols, colluviosols – rédoxisols, fluviosols, podzols humides et podzols humoduriques.

3 Fluviosols développés dans des matériaux très pauvres en fer, le plus souvent calcaires ou sableux et en présence d'une nappe circulante ou oscillante très oxygénée ; podzols humiques et humoduriques.

4 En particulier profondeur maximale du toit de la nappe et durée d'engorgement en eau.

5 En prime, le préfet de région peut exclure l'une ou l'autre de classes & types de sols associés pour certaines communes, après avis du conseil scientifique régional du patrimoine naturel.

2. sa végétation, si elle existe, est caractérisée par :

- des espèces identifiées et quantifiées selon une méthode<sup>6</sup> et une liste d'espèces donnée ;
- des communautés d'espèces végétales dénommées « habitats », caractéristiques de zones humides, identifiées là aussi par une méthode<sup>7</sup> particulière.

Le protocole de terrain pour identifier et quantifier la végétation est le suivant :

- sur une placette circulaire globalement homogène du point de vue des conditions mésologiques et de végétation, d'un rayon entre 1,5 et 10 mètres selon que l'on est en milieu herbacé, arbustif ou arborescent, effectuer une estimation visuelle du pourcentage de recouvrement des espèces pour chaque strate de végétation (herbacée, arbustive ou arborescente<sup>8</sup>), en travaillant par ordre décroissant de recouvrement<sup>9</sup> ;
- pour chaque strate, noter le pourcentage des espèces, les classer par ordre décroissant, établir une liste des espèces ayant individuellement un pourcentage de recouvrement supérieur ou égal à 20 %<sup>10</sup>, le tout pour fournir une liste d'espèces dominantes pour la strate considérée ;
- répéter l'opération pour chaque strate ;
- regrouper les listes obtenues pour chaque strate en une seule liste d'espèces dominantes, toutes strates confondues<sup>11</sup> ;

---

6 Il faut déjà attendre la période incluant la floraison des principales espèces. Ensuite, l'examen porte en priorité sur des points à situer de part et d'autre de la frontière supposée de la zone humide, suivant des transects perpendiculaires à cette frontière, sachant que le nombre, la répartition et la localisation précise de ces points dépendent de la taille et de l'hétérogénéité du site avec 1 point (= 1 placette) par secteur homogène du point de vue des conditions mésologiques. Chacune des placettes est soumise à une vérification, voir si la végétation est bien caractérisée par des espèces dominantes, indicatrice de zones humides.

7 Lorsque des données ou cartographies d'habitats selon les typologies CORINE biotopes ou Podrome des végétations de France sont disponibles à une échelle de levés appropriée (1/1000 à 1/25000 en règles générale), la lecture de ces cartes ou données vise à déterminer si les habitats présents correspondent à un ou des habitats caractéristiques de zones humides parmi ceux mentionnés dans la liste correspondante. À savoir qu'un espace peut être considéré comme humide si les habitats qui le composent figurent comme habitats caractéristiques de zones humides dans ladite liste. Lorsque des données ou cartographies surfaciques sont utilisées, la limite de la zone humide correspond alors au contour de cet espace auquel sont joints, le cas échéant, les espaces identifiés comme humides d'après les critères relatifs aux sols qui ne nous intéressent pas au demeurant.

8 Une strate arborescente a généralement une hauteur supérieure à 5 ou 7 mètres.

9 Les espèces à faible taux de recouvrement (très peu abondantes (inférieures à 5 %) ou disséminées) apportent peu d'information, il n'est donc pas obligatoire de les relever.

10 Si elles n'ont pas été comptabilisées précédemment.

11 Lorsqu'une espèce est dominante dans 2 strates, elle doit être comptée 2 fois dans la liste finale.

- examiner le caractère hygrophile<sup>12</sup> des espèces de cette liste, sachant que pour cela, au moins la moitié des espèces de cette liste doit figurer dans la liste des espèces indicatrices de zones humides<sup>13</sup> pour que la végétation puisse être qualifiée d'hygrophile.

Lorsque des investigations sur le terrain sont nécessaires, le protocole pour identifier les habitats est le suivant :

- pour commencer, s'assurer de réaliser l'examen des habitats à une période où les espèces sont à un stade de développement permettant leur détermination, sachant que c'est la période de floraison des principales espèces qui est à privilégier ;
- cet examen doit porter en priorité sur des points à situer de part et d'autre de la frontière supposée de la zone humide, suivant des transects perpendiculaires à cette frontière. Le nombre, la répartition et la localisation précise de ces points dépendent de la taille et de l'hétérogénéité du site, avec 1 point (= 1 placette) par secteur homogène du point de vue des conditions mésologiques ;
- sur chacune des placettes<sup>14</sup>, l'examen des habitats consiste à effectuer un relevé phytosociologique conformément aux pratiques en vigueur<sup>15</sup> et à déterminer s'ils correspondent à un ou des habitats caractéristiques de zones humides parmi ceux mentionnés dans la liste correspondante<sup>16</sup>. Autrement, il convient de vérifier les indications fournies par l'examen des sols.

Pour une lecture commentée du code de l'environnement, se référer à [ce site](#). Il s'y trouve les critères relatifs aux plantes hygrophiles, la définition des plantes hygrophiles, les modalités de caractérisation de ces plantes, une présentation des espèces indicatrices des zones humides, une présentation des habitats caractéristiques des zones humides, la méthode de détermination de la présence de plantes caractéristiques des zones humides ainsi que la méthode de détermination de la présence d'habitats caractéristiques des zones humides.

---

12 On désigne par le terme d'hygrophytes toutes les plantes qui poussent en milieux humides mais, selon leur niveau d'adaptation, celles-ci se distribuent selon des gradients d'humidité et/ou de salinité. En France, on distingue ainsi les hydrophytes, toujours immergées ou affleurant à la surface de l'eau (cératophylles, potamots, nénuphars, élodées, lentilles d'eau...) et les amphiphytes qui poussent à la limite terre-eau et sont adaptées aux deux environnements ; ce groupe inclut les hélophytes qui sont enracinées au fond de l'eau et dont les parties aériennes sont émergentes (roseaux, Typha, Baldingère, carex...).

13 Cf l'annexe II table A du [code de l'environnement](#).

14 Elles-mêmes homogènes du point de vue physiologique, floristique et écologique.

15 Clair, M., Gaudillat, V., Herard, K., et coll. 2005. - Cartographie des habitats naturels et des espèces végétales appliquée aux sites terrestres du réseau Natura 2000. Guide méthodologique. Version 1.1. Muséum national d'histoire naturelle, Paris, avec la collaboration de la Fédération des conservatoires botaniques nationaux, 66 p.

16 Cf l'annexe II table B du [code de l'environnement](#).





## B/ Les Zones Humides, des espaces à valoriser

### 1/ Les intérêts des Zones Humides

Les prairies humides ont une haute valeur hydraulique leur permettant de lutter efficacement contre le ruissellement, en plus de pouvoir jouer le rôle de zones d'expansion des crues ou de zones de rétention en cas de pluies très importantes. Au sein des lits majeurs des cours d'eau, le drainage peut limiter cette valeur hydraulique<sup>17</sup> ; autrement, il faut simplement faire attention à certains paramètres qui peuvent augmenter le risque d'inondation<sup>18</sup>. Dans les zones alluviales<sup>19</sup>, la végétation favorise le dépôt de matières en suspension et des polluants qui leurs sont associés. Par ailleurs, le débordement des cours d'eau permet un amendement<sup>20</sup> naturel des sols.

Enfin, les prairies humides possèdent une valeur patrimoniale, de part leur aspect paysager ; en particulier lorsqu'ils sont bordés de haies ou d'arbres taillés en têtard. Si la valeur biologique est assez faible sur les prairies drainées ou gérées de manière intensive, ces espaces présentent une valeur beaucoup plus élevée dans le cas d'une exploitation extensive. Ceci dit, la valeur écologique de ces prairies varie selon le type de sol, le degré d'humidité et leur entretien qui permet notamment de maîtriser le développement d'espèces invasives comme l'Aster lancéolé.

D'un point de vue général, les zones humides assument des fonctions diverses et d'intérêt majeur, comme :

- des fonctions hydrologiques que nous connaissons bien avec le maintien et l'amélioration de la qualité de l'eau<sup>21</sup>, régulation des régimes hydrologiques<sup>22</sup> et prévention des inondations ;
- des fonctions biologiques dans la mesure où les zones humides constituent un réservoir de diversité biologique et écologique<sup>23</sup> en plus de leur conférer une extraordinaire capacité à produire de la matière vivante<sup>24</sup> ;
- des fonctions climatiques de régulation des climats locaux ;

---

17 Au sein du lit majeur des cours d'eau et de la plaine alluviale de la Scarpe, le drainage a pour conséquence d'empêcher les possibilités de stockage de l'eau en surface. Il accentue ainsi les risques d'inondation en aval.

18 Ceci dit, le sur-calibrage des réseaux de collecte des drains qui accompagne souvent ce type d'opération favorise le transfert des eaux vers l'aval et augmente ainsi les risques d'inondation.

19 Ce sont les zones couvertes de végétation qui longent les cours d'eau.

20 Un amendement est un matériau apporté à un sol pour améliorer sa qualité agricole.

21 Filtre physique et filtre biologique).

22 Rôle d'éponge à l'échelle du bassin versant.

23 Elles assument les différentes fonctions essentielles à la vie des organismes (alimentation, reproduction, abri, refuge et repos).

24 Elles se caractérisent ainsi par une productivité biologique nettement plus élevée que dans les autres milieux.

- une stabilisation et meilleure protection des sols, puisque les végétations des zones humides fixent les berges et participent à la prévention de l'érosion ;
- une valeur culturelle et paysagère ;
- un support d'activités touristiques et récréatives ;
- un support pédagogique et scientifique.

## 2 / Une mauvaise gestion historique des Zones Humides

Dans le champ culturel, les représentations mentales des zones humides sont fortes du fait que les mares, les marais et les étangs font partie de l'imaginaire collectif, qu'ils sont imprimés dans les mémoires. De plus, la réputation de ces espaces caractéristiques des zones humides est suffisamment importante pour influencer les comportements et usages. Pourtant, les représentations des zones humides en tant que telles sont aussi absentes, voire inexistantes. C'est un concept connu des techniciens et chercheurs, ce pourquoi il existe une déconnexion entre les représentations et les pratiques liées aux zones humides. Un problème que les politiques sont parvenues à prendre en compte, bien que les représentations évoluent plus lentement. Se confronte à présente une dualité entre des zones humides appréhendées comme des espaces riches à protéger ainsi qu'à mettre en valeur, et une représentation de zones humides comme des espaces jugés négatifs ou banaux. La conséquence de cette dernière représentation a conduit à la pratique des drainages, des assèchements ainsi que de remblaiements divers, le tout encouragé par une approche rationaliste et cartésienne de la nature faisant de la zone humide un espace « inutile ». De fait, les aménagements irrespectueux de ces espaces ont supprimé de manière radicale leurs fonctions écologiques, causant par ailleurs la disparition de nombreuses espèces animales et végétales<sup>25</sup>.

Historiquement, l'intensification de l'industrie depuis le début du XIXe siècle<sup>26</sup>, de l'agriculture<sup>27</sup>, le tout joint à la densité de population très importante dans la région<sup>28</sup> ont mis en péril la conservation des zones humides. Cette eutrophisation excessive et généralisée des bassins versants<sup>29</sup> a entraîné une diminution importante des populations d'espèces végétales inféodées aux sols ou eaux pauvres en éléments nutritifs<sup>30</sup>. Ces derniers ont favorisé la croissance d'espèces banaux

---

25 La flore des zones humides du Nord-Pas de Calais est parmi celles ayant payé le plus lourd tribut en terme de disparition au cours de ces deux derniers siècles.

26 Avec le développement du charbon, du fer et du textile.

27 Apparition des produits pétrochimiques.

28 La population régionale a triplé entre 1801 et 1990.

29 Agriculture intensive, pollutions domestiques et industrielles.

30 Azote et phosphore notamment).

exerçant une concurrence vis-à-vis des espèces caractéristiques des milieux oligotrophes<sup>31</sup> ou mésotrophes<sup>32</sup>. Plus spécifiquement pour les prairies humides, les végétations y sont victimes de l'échardonnage chimique et de l'emploi à grande échelle d'herbicides « antidicotylédones », y compris sur les bords de routes. Leur diversité s'est beaucoup amoindrie et elles présentent souvent une physionomie banalisée due à la dominance des espèces résistant aux herbicides et profitant des apports importants d'engrais.

### 3/ Les politiques actuelles de valorisation de ces espaces

Heureusement, de plus en plus de sites naturels remarquables sont maintenant gérés de manière à maintenir leurs fonctionnalités écologiques, leur richesse et leurs qualités biologiques. Ceci dit, en dépit de la prise de conscience de l'intérêt des zones humides ainsi que des annonces officielles visant à prioriser la protection des zones humides, beaucoup de travail demande d'être réalisé pour restaurer la qualité de l'eau et la fonctionnalité des zones humides de la région afin d'assurer leur pérennité sur le long terme.

Le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut est couvert par 9533 ha de prairies. Les prairies humides sont des espaces primordiaux dans la lutte contre les inondations et l'amélioration de la qualité de l'eau. À savoir que l'on se trouve dans un contexte de forte régression des prairies<sup>33</sup>. La priorité locale est de maintenir la surface en prairie, en commençant par celles situées en bord de cours d'eau. Cela est d'autant plus nécessaire que le drainage est rendu inefficace par l'ennoyage des drains et des plateaux de drains. Des pratiques qui tendent à augmenter le risque d'inondations. Cet objectif de concilier performance économique des exploitations et maintien des zones humides ainsi que de toutes leurs fonctions repose sur l'association depuis 2013 de la Chambre d'agriculture de la région du Nord-Pas de Calais, de l'Agence de l'Eau Artois Picardie et bien sûr du Parc naturel régional Scarpe-Escaut<sup>34</sup>. Tout cela recouvre le nom de programme de maintien de l'agriculture en zones humides (PMAZH)<sup>35</sup>. Il s'agit donc de renforcer les conditions de viabilité de l'élevage ou du

---

31 Un milieu oligotrophe, souvent une masse d'eau, est un milieu pauvre en nutriments. Dans ces milieux, la biomasse est généralement faible mais la biodiversité est élevée car les organismes qui y ont évolué ont développé des stratégies originales et spécialisées. Par conséquent, tout enrichissement (eutrophisation) de ces milieux aboutit le plus souvent à menacer leur biodiversité.

32 Milieu aquatique dont la teneur en éléments minéraux nutritifs est de valeur moyenne.

33 Diminution de la surface en prairie de 7,6 % en 5 ans entre 2003 et 2007.

34 L'activité agricole, orientée en polyculture-élevage, permet à ce jour de préserver près de 2400 ha de prairies humides sur le territoire, en collaboration bien sûr avec les éleveurs locaux.

35 L'ensemble des acteurs impliqués dans le PMAZH sont : Agence de l'Eau Artois Picardie, Avenir Conseil Elevage, Bio en Hauts-de-France, Chambre d'Agriculture du Nord-Pas de Calais, Chambre d'Agriculture de la Somme, Communauté d'Agglomération du Pays de Saint-Omer, Conseil départemental de la Somme, Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie, Métropole Européenne de Lille, Parc Naturel Régional de l'Avesnois, Parc Naturel

marâchage sur ces territoires en proposant des solutions adaptées de dimensions technique, financière et sociale.

Sur le terrain, 450 agriculteurs valorisent plus de 40 % du territoire, sachant que la taille moyenne des exploitations est de 48 ha. Elles détiennent des surfaces enherbées importantes, valorisées notamment par de l'élevage bovin via la fauche ou le pâturage. Travailler dans un tel milieu implique une gestion particulière, que ce soit le retard d'exploitation, l'apport moindre de fertilisant, le chargement en animaux plus faible, le parasitisme plus important, etc. Autant de contraintes aggravées par une pression foncière liée au caractère périurbain du territoire.

Plusieurs actions sont menées pour soutenir les éleveurs. Effectivement, ces derniers sont accompagnés pour obtenir des aides relatives aux Mesures Agri-Environnementales Climatiques, avec l'évaluation du dispositif permettant de l'améliorer ou de le modifier suivant les besoins. De plus, les productions agricoles locales sont valorisées par le développement des circuits courts et la sensibilisation des consommateurs. Afin d'anticiper et de cibler les actions à mener pour assurer la pérennité de l'activité agricole, une veille foncière est réalisée dans les zones humides. Enfin, les éleveurs peuvent bénéficier d'un accompagnement technique pour le développement de nouvelles pratiques durables, ce qui comprend :

- un audit technico-économique de l'exploitation ;
- un conseil relatif à la gestion des prairies via un suivi agro-écologique des parcelles ;
- des pesées d'animaux ;
- un suivi vétérinaire et parasitaire<sup>36</sup>.

Dans le cadre de ce programme, les éleveurs se voient ainsi acquérir des références locales permettant d'appréhender le lien entre prairies humides, diversité floristique et parasitisme des animaux.

En particulier autour de l'optimisation de la gestion des prairies humides via le suivi agro-écologique<sup>37</sup>, la Chambre d'agriculture évalue le potentiel agronomique de celles-ci en effectuant des analyses (sol, foliaires et alimentaires). S'y ajoute un suivi de la conduite du pâturage et de pousses d'herbe à l'aide de l'herbomètre. Le Parc naturel régional effectue enfin un suivi

---

Régional des Caps et Marais d'Opale, Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut, SCOPELA, Syndicat Mixte Baie de Somme-Grand Littoral Picard, VET'EL.

36 Organisé par Vet'el en collaboration avec le vétérinaire traitant.

37 Un suivi mis en place dans près de 25 ha répartis en 10 parcelles.

écologique (faunistique et floristique) du territoire. À terme, le croisement des données complété par les échanges des éleveurs devrait permettre d'acquérir des références sur la gestion optimale de ces milieux.

Entre 2013 et 2018, 57 prairies humides ont été suivies par le biais d'indicateurs. Cette première phase du programme a permis de recueillir des données précises à l'échelle locale permettant de mieux connaître ces milieux. Il résulte de ces premiers résultats que les prairies peuvent être très intéressantes pour les éleveurs, et pas uniquement sources de contraintes<sup>38</sup>. Les points forts qui sont ressortis et cités par les exploitants sont les suivants :

- complémentarité très intéressantes avec les prairies sèches ;
- utilisation des prairies humides pendant la période estivale pour le pâturage (pousse même en été) ;
- aptitude au report sur pied, accès à l'eau pour les bêtes facilité (fossés, mares), bonne valeur alimentaire (équilibre fibre-protéine si flore diversifiées).

À la suite de ces constats, la démarche Pâtur'Ajuste a été proposée aux éleveurs volontaires afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces prairies humides et leurs atouts. Désormais, le nouveau PMAZH 2019-2024 vise à mettre à profit les premiers résultats en proposant un appui technique adapté au plus juste besoin des agriculteurs situés dans ces zones. Certaines actions se poursuivent (suivi du parasitisme, calcul des marges brutes) et de nouvelles voient le jour. Parmi les nouveautés, du conseil individuel et collectif supplémentaires seront proposés aux agriculteurs. La démarche Pâtur'Ajuste se développe également sur plusieurs territoires.

Dernier aspect à prendre en compte sur le rayonnement du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut, c'est sa désignation comme 50<sup>e</sup> site Ramsar français le 2 février 2020<sup>39</sup>. Signataire de la Convention de Ramsar en 1971, la France a ratifié ce traité en 1986. Elle s'est alors engagée sur la scène internationale à préserver les zones humides de son territoire. Les actions de conservation et de gestion développées sur ces aires protégées servent à maintenir les caractéristiques écologiques des sites Ramsar. Son objectif est d'élaborer et de faire vivre un réseau international primordial pour la

---

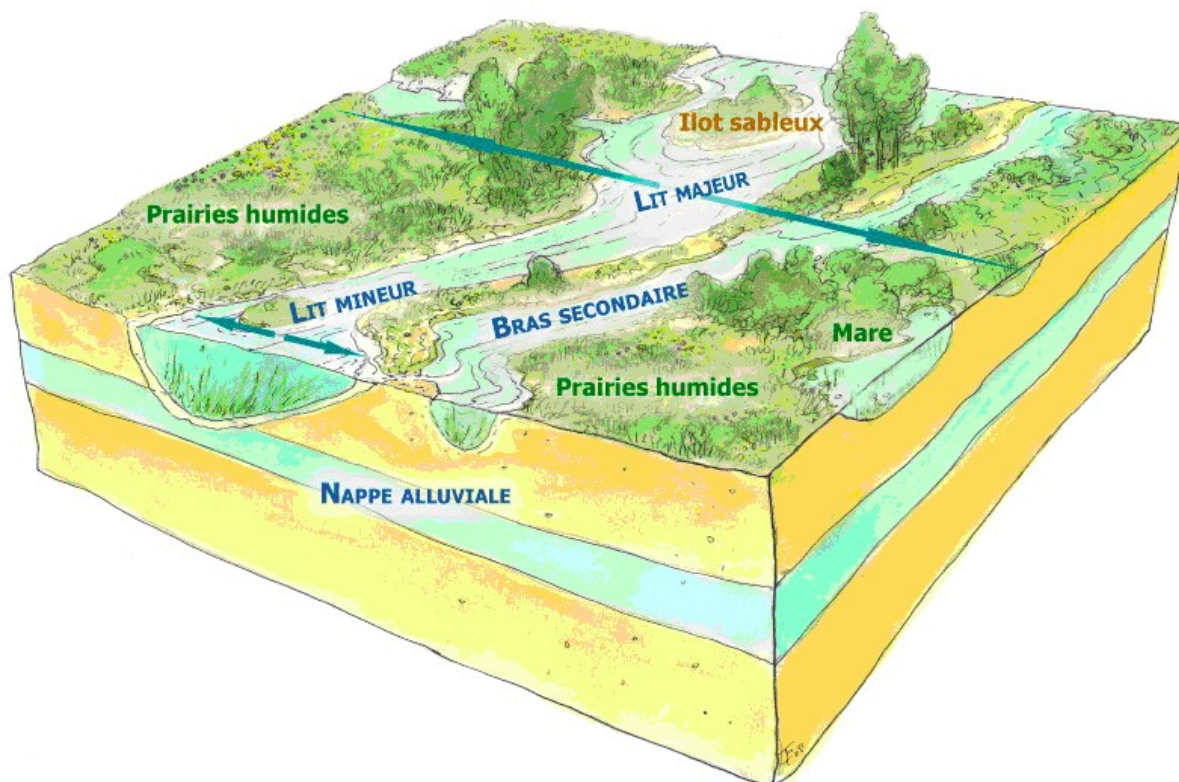
38 Faible portance, bêtes à l'eau.

39 Du nom d'une petite ville du bord de la mer Caspienne, la convention de Ramsar, signée en 1971 et entrée en vigueur en 1975, marque le début d'une reconnaissance officielle de l'importance écologique des zones humides. Instituant une coopération internationale, elle a pour objectif d'orienter les parties contractantes vers une politique commune pour la conservation et la recherche en matière de zones humides. L'inscription d'un site sur la liste « Ramsar » lui confère un statut international et, même si cette désignation n'entraîne pas d'obligation pour le pays signataire, de fait, le prestige acquis favorise la mise en place de mesures de conservation.

biodiversité mondiale. Un titre qui ne marque que plus le souci des collectivités locales à protéger et valoriser leurs zones humides.

## C/ Les prairies humides

### 1/ Portrait de l'écosystème



Pour rappel, en introduction, la prairie humide ou inondable a été définie comme un espace caractérisé par l'engorgement temporaire de son sol. Une présence d'eau qui peut être causée par la crue d'une rivière ou par une remontée de la nappe phréatique. Selon le degré d'humidité, l'acidité ou à l'inverse l'alcalinité et la richesse des sols en éléments nutritifs, les plantes, dominées par les graminées, vont être différentes. En effet, suivant la richesse du sol et sa durée d'engorgement, les prairies humides font fleurir la Gratiolle ou la Sanguisorbe officinale, mais aussi des orchidées comme l'Orchis à fleurs lâches ou encore la Fritillaire pintade. La flore s'accompagne souvent d'une faune considérable composée d'amphibiens, de petits mammifères et surtout de nombreux insectes. Parmi eux, des papillons comme la Damier de la succise, ou des criquets comme le Criquet ensanglanté. Autant d'espèces qu'on ne rencontre que dans ce type de milieu. Concernant les oiseaux, on peut rencontrer le Courlis cendré, le Tarier des prés, la Pie-grièche écorcheur, le Héron cendré, l'Aigrette garzette, le Râle des genêts.

Les végétations se développent sur les sols engorgés ou inondables des plaines et des collines. Les substrats sont essentiellement minéraux, non tourbeux, riches à moyennement riches en matières nutritives. Dans ces prairies, la végétation est dense et composée de plantes à taille moyenne<sup>40</sup>. Elles se rencontrent en général dans les systèmes alluviaux<sup>41</sup> à différents niveaux topographiques<sup>42</sup>, mais apparaissent aussi fréquemment sur les sols hydromorphes de versants et de plateaux humides. Les prairies dérivent, par fauche ou pâturage, de végétation de mégaphorbiaies naturelles ou de roselières et cariçaies.

La flore caractéristique des prairies humides se compose de plantes vivaces<sup>43</sup>, en particulier graminoides, liées aux prairies fraîches à plus ou moins longuement inondées. La fauche et le pâturage intensifs favorisent effectivement les espèces dont les bourgeons sont situés au ras du sol et échappent à la barre de fauche et à la dent du bétail. Leur floraison s'étale du printemps à l'été en fonction des espèces, conférant à ces végétations un aspect assez coloré. En général, la flore présente est assez commune et répandue dans la région.

Quelques espèces ont un intérêt patrimonial au niveau régional voire national, comme par exemple *Apium repens*<sup>44</sup>, *Ranunculus ophioglossifolius*<sup>45</sup>, *Fritillaria meleagris*<sup>46</sup>, *Dactylorhiza praetermissa*<sup>47</sup>, *Eleocharis uniglumis*<sup>48</sup>, etc. Certaines espèces sont présentes dans d'autres classes de végétations<sup>49</sup>. Dans le [guide des végétations en zones humides du Nord-Pas de Calais](#), on trouve des fiches de Senecioni aquatici - Oenanthetum mediae<sup>50</sup>, Hordeo secalini - Lolietum perennis<sup>51</sup>, Junco acutiflori - Brometum racemosi<sup>52</sup>, Senecioni aquatici - Brometum racemosi<sup>53</sup>, Junco gerardii - Agrostietum albae<sup>54</sup>, Samolo valerandi - Caricetum vikingensis<sup>55</sup>, Triglochino palustris - Agrostietum

---

40 De 0,4 à 0,8 m en général.

41 Lit majeur des rivières.

42 Bas à moyens.

43 Hémicryptophytes.

44 Très rare dans le Nord-Pas de Calais, protégée en France et appartenant à l'annexe II de la directive Habitats-Faune-Flore.

45 Exceptionnelle dans la région Nord-Pas de Calais, protégée à l'échelle nationale.

46 Exceptionnelle dans la région Nord-Pas de Calais.

47 Espèce rare et en régression en France, dont les populations régionales sont parmi les plus importantes de France.

48 Très rare dans la région.

49 Mégaphorbiaies des Filipendulo ulmariae - Convolvuletea sepium par exemple : *Angelica sylvestris*, *Filipendula ulmaria*, etc.

50 Prairie de fauche à Séneçon aquatique et Oenante à feuilles de silaüs.

51 Prairie pâturée à Orge faux-seigle et Ivraie vivace.

52 Prairie de fauche à Jonc à fleurs aiguës et Brome en grappe.

53 Prairie de fauche à Séneçon aquatique et Brome en grappe.

54 Prairie pâturée à Jonc de Gérard et Agrostide stolonifère.

55 Végétation à Samole de Valerandus et Laîche distante.



stoloniferae<sup>56</sup>, Pulicario dysentericae - Juncetum inflexi<sup>57</sup>, Junco compressi - Blysmetum compressi<sup>58</sup>, Rumici crispi - Alopecuretum geniculati<sup>59</sup>, Ranunculo repentis - Alopecuretum geniculati<sup>60</sup>, Eleocharito palustris - Oenanthetum fistulosae<sup>61</sup>, etc<sup>62</sup>.

---

56 Prairie pâturée à Troscart des marais et Agrostide stolonifère.

57 Prairie à Pulicaire dysentérique et Jonc glauque.

58 Prairie pâturée à Jonc comprimé et Scirpe comprimé.

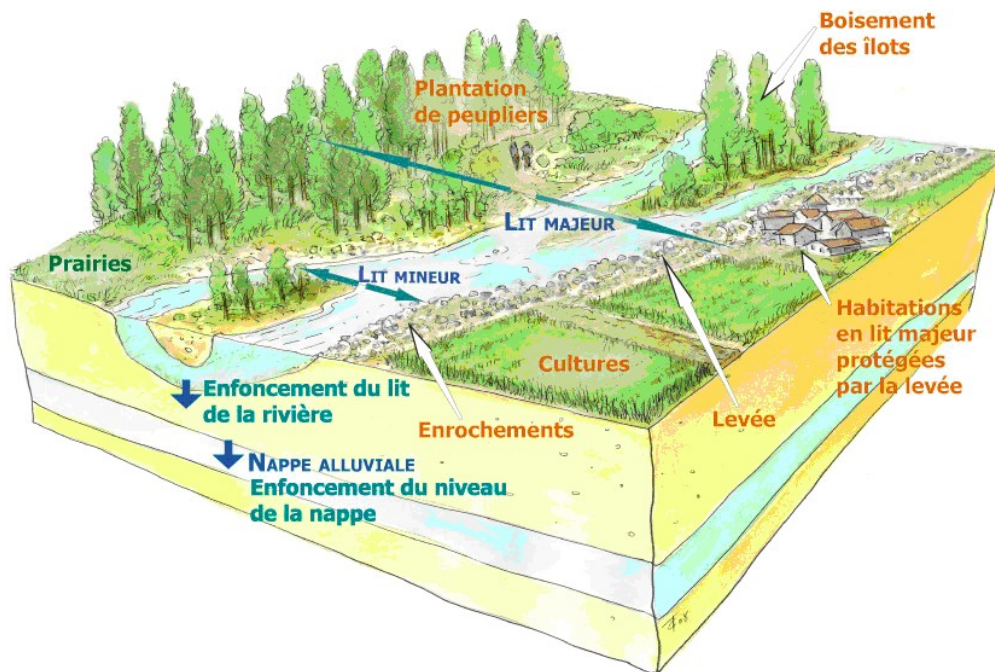
59 Prairie pâturée à Patience crépue et Vulpin genouillé.

60 Prairie pâturée à Renoncule rampante et Vulpin genouillé.

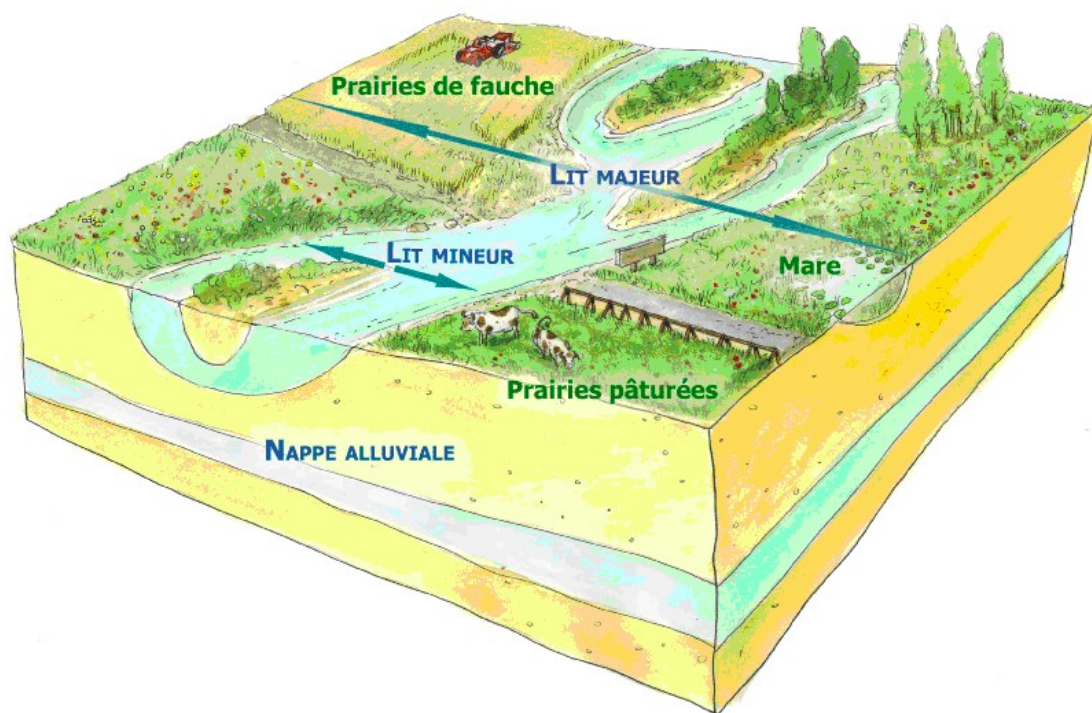
61 Prairie fauchée à Éléocharide des marais et Oenanthe fistuleuse.

62 Reprendre page 306 du document.

## 2/ Mode de conservation des prairies humides



Comme nous l'avons vu précédemment, la plupart de ces prairies continue encore d'être maintenue par des pratiques traditionnelles extensives telles que le pâturage et la fauche pour la production de fourrages. On peut mentionner à nouveau le drainage et la reconversion des prairies en culture céréalière, de maïs ou de peupliers. Pour les prairies aux sols plus pauvres, leur abandon ne leur a pas toujours été favorable, leur pérennité dépendant d'un mode d'entretien particulier. Ci-dessus, est présenté sur le schéma les facteurs de réduction des surfaces de prairies, et ci-dessous, les pratiques à valoriser pour concilier le maintien des prairies avec l'activité humaine :



Afin d'éviter que l'évolution naturelle ne les transforme en friche puis en boisement, il est nécessaire d'agir et de faire perdurer les pratiques qui ont créées et maintenues ces prairies, à savoir la fauche et/ou le pâturage. Seulement, pour ne pas nuire à certaines espèces animales ou encore aux insectes, il importe d'intervenir plus tardivement. Selon les secteurs et les espèces présentes, elle peut avoir lieu à partir du 15 juin, après la floraison des plantes, et parfois, être retardée jusqu'à septembre pour permettre la nidification des oiseaux.

Il existe d'autres adaptations de ces pratiques, comme la fauche dite « centrifuge », commençant par le centre et s'élargissant vers la périphérie. Cette méthode a cette autre qualité de permettre aux animaux de fuir avant l'arrivée de l'engin. Autre point, il est préférable, comme pour les pelouses, d'exporter les résultats de la fauche afin de ne pas enrichir le sol. Dans le même sens, l'apport d'engrais ou de produits phytosanitaires doit être limité.

Même si ce n'est pas forcément souhaitable, il reste possible de restaurer des prairies, par exemple, sur d'anciennes plantations de peupliers, grâce au réensemencement avec des espèces comme le trèfle, les fétuques ou la luzerne.

En outre, nous avons vu comment identifier une zone humide et plus spécifiquement une prairie humide. Nous connaissons désormais l'histoire de ces milieux et leur traitement actuel qui va vers

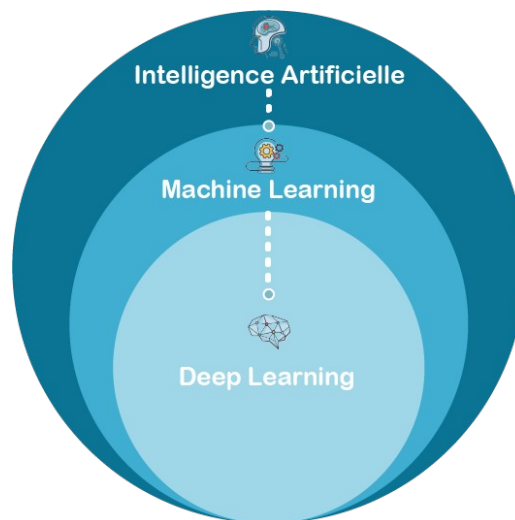
leur valorisation. À ce titre, plusieurs politiques et programmes sont mis en place par les différents acteurs du territoire. Ce travail s'explique par les nombreuses qualités hydrauliques, agricoles et écologiques des zones humides. Ceci dit, des données doivent encore être constituées pour mieux appréhender ces espaces. Avant ça, il importe même de rendre accessible ces dernières auprès des éleveurs afin de les accompagner dans la gestion de leurs parcelles. Autant d'efforts qui n'amènera rien de probant tant que les consommateurs ne seront pas intégrés à la réflexion. Cet aspect a déjà été intégré par les pouvoirs politiques, comme en témoigne l'inscription du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut à la Convention Ramsar. Reste à voir si le Deep Learning peut être une solution pertinente à ces problématiques. Mais avant ça, il nous faut commencer par étudier de quoi il est question.

## II / Le Deep Learning dans la reconnaissance de plantes

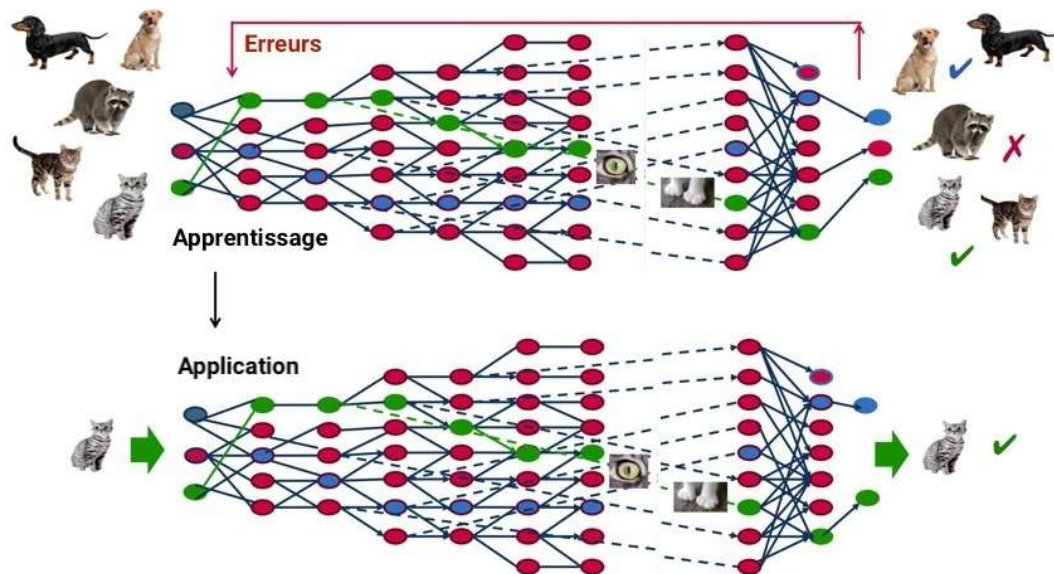
### A/ Les fondamentaux du Deep Learning

Le Deep Learning, ou apprentissage profond, est un dérivé du Machine Learning qui signifie « apprentissage automatique ».

Le Machine Learning permet aux ordinateurs d'apprendre à réaliser des tâches données sans être explicitement programmés à ces dernières. Le but, c'est d'imiter les caractéristiques de l'intelligence humaine, comme la capacité à percevoir son environnement, à communiquer, résoudre des problèmes, etc. En somme, un domaine très vaste où interviennent sciences cognitives, mathématiques, électronique, informatique et j'en passe. Seulement, pour que ça marche, il est nécessaire de disposer d'une base de donnée conséquente. En effet, l'ordinateur a besoin de s'entraîner, d'accumuler des expériences pour devenir assez performant, à l'instar d'un être humain.



Le Deep Learning est une technique du Machine Learning qui est elle-même une composante de l'intelligence artificielle. En l'occurrence, il s'agit de s'inspirer du cerveau humain pour reproduire artificiellement un réseau de neurones, le tout demandant de mettre en place des formules mathématiques dans chaque noyau afin de procéder à des calculs prenant plus ou moins de temps suivant la complexité de l'opération. Ci-dessous, un exemple de système neuronal :



L'objectif, c'est d'apprendre à la machine à reconnaître un chat. À la base du processus, on a donc une image de chat que l'algorithme ne connaît pas.

Le schéma présente un arbre de possibilités. Chaque colonne définit une couche à l'intérieur de quoi se trouve une famille de choix. Telle colonne, par exemple, s'intéressera aux yeux de l'animal ; telle autre, aux pattes. À partir de l'image, l'algorithme cherche à comparer par rapport à ce qu'il connaît. Après que la machine se décide entre toutes ses couches, une réponse est proposée. Dans l'hypothèse où elle reconnaîtrait un chien, un superviseur ou programme d'entraînement infirmerait la réponse. Ce faisant, la machine recommence ses calculs et teste d'autres hypothèses en éliminant à chaque fois les mauvaises réponses pour ne retenir que les bonnes. Suivant que la base de donnée soit plus ou moins conséquente, le processus d'apprentissage prendra plus ou moins de temps.

Le Deep Learning sert pour reconnaître les images, traduire automatiquement, créer des voitures autonomes, réaliser des diagnostics médicaux, modérer des réseaux sociaux, identifier des pièces défectueuses, etc. Ici, on va s'intéresser à la reconnaissance d'image dans l'agriculture, plus spécifiquement dans le domaine végétal.

## B/ Le Deep Learning vu par AgroTic pour l'aspect végétal de l'agriculture

La Chaire AgroTIC notamment s'est intéressée de près à ce sujet. Cet organisme est un pôle d'innovation qui vise à accompagner la transition numérique de l'agriculture en créant un lien entre la formation, la recherche et l'entreprise. Il s'agit donc de rechercher des outils pratiques qui répondent aux enjeux du moment.

Pour revenir au Deep Learning, on constate que l'IA est déjà une réalité en agriculture, que ce soit par l'utilisation croissante des technologies de vision via ordinateur pour les applications agricoles, ou la demande croissante de surveillance continue et d'analyse de la santé des cultures. Reste qu'en l'état, la principale utilisation du Deep Learning dans l'agriculture se tient à l'analyse d'images. En particulier dans le secteur des productions végétales. Les enjeux sont doubles :

1. pouvoir identifier des plantes afin de caractériser un peuplement (composition de prairies par exemple) ou la biodiversité (quantification et qualification des espèces) ;
2. lutter contre les adventices via une identification et localisation permettant d'intervenir de la manière la plus adaptée et proportionnée.

Seulement, ces enjeux posent plusieurs difficultés :

- 400 000 espèces végétales sur terre, sans parler des variétés et sous-variétés d'espèces cultivées ;
- il faut détecter des plantes non désirées parmi les plantes cultivées ;
- il faut être capable de détecter des individus avec des inter-rangs faibles, voire en intra-rangs, avec des superpositions possibles de plantes ;
- les adventices, plantes cultivées et fruits passent par différents stades phénologiques ou stades de maturité et sont soumis à des environnements variables (luminosité, obstacles, etc.).

Pour y répondre, plusieurs expérimentations ont été menées.

Tout d'abord, des applications basées sur une reconnaissance ponctuelle de plantes à partir d'images acquises par smartphones. Parmi elles :

- Xarvio Scouting qui dispose d'une capacité de reconnaissance de 82 adventices avec une précision de plus de 80 % pour 75 % des adventices détectées, intégrant également la

reconnaissance de maladies, d'insectes, la quantification de dégâts foliaires et du taux d'absorption d'azote ;

- Pl@ntnet qui reconnaît les plantes via smartphone, incorporant un algorithme de Deep Learning calculant la probabilité de reconnaissance s'affinant à mesure que les utilisateurs infirment ou confirment les propositions de résultat de l'application.

Ensuite, des applications basées sur des acquisitions systématiques et automatisées (on ne cadre pas une plante en particulier), à partir de dispositifs embarqués :

- Telespazio France travaille sur la reconnaissance de certaines adventices en Grandes Cultures où se présentent des difficultés, comme les temps de traitement, la qualité nécessaire du jeu de données et la difficulté de compréhension de certains résultats ;
- Carbon Bee cartographie des adventices et détecte des espèces pour une pulvérisation au bon endroit, en combinaison avec des technologies d'injection directe.

Ces dernières applications montrent que l'identification des végétaux peut se coupler avec la robotique et le machinisme. Je citerai à cette fin quelques entreprises travaillant sur ces problématiques :

- Bilberry propose des algorithmes pour l'identification des mauvaises herbes couplés à un système de pulvérisation automatique pour une application de précision. Ce système se couple à des buses pilotables individuellement sur des rampes de pulvérisation installées sur les côtés d'un tracteur ;
- Ecorobotix propose un robot se servant d'algorithmes de reconnaissance d'adventices pour une pulvérisation ultra-localisée sur l'inter-rang voire le rang. Le robot embarque deux réservoirs d'une vingtaine de litres qui alimentent des buses placées au bout de bras articulés ;
- Agrobot est un système de récolte robotique autonome conçu pour automatiser la récolte de baies. L'algorithme détermine quand les fruits sont à maturité pour être cueillis. Ce faisant, jusqu'à 24 bras robotisés permettent de séparer le fruit de sa tige.

Le dernier domaine de recherche concernant la détection des plantes tient à la reconnaissance de maladies ou de carences. Les enjeux pour lutter contre les maladies sont de réduire les coûts liés à la perte de production ou à l'utilisation d'intrants, de réduction de l'impact environnemental. Seulement, ces outils sont compliqués à mettre en place dans la mesure où il peut nécessiter d'identifier plusieurs symptômes sur différentes parties de la plante pour établir un diagnostic. C'est



sans parler que plusieurs maladies peuvent avoir des symptômes similaires, ou que plusieurs problèmes peuvent être concomitants<sup>63</sup>. Enfin, les symptômes ne se présentent pas toujours sur les surfaces facilement accessibles<sup>64</sup>.

Plusieurs entreprises travaillent à répondre aux enjeux, comme Xarvio Scouting que j'ai déjà cité. Il y a aussi l'application PhotoDiag qui vise à reconnaître la septoriose et la rouille brune du blé. À quoi on peut ajouter Chouette Vision qui propose aux viticulteurs d'acquérir un drone et de bénéficier de services de repérage et de cartographie de ces maladies.

---

63 Carences, diverses maladies, ...

64 Ils peuvent être situés sous les feuilles ou masqués par des obstacles.

## C/ Les pistes du Deep Learning dans le monde agricole

En conclusion, on peut retenir que le Deep Learning est déjà largement investi dans le domaine agricole. Et encore, on n'a abordé qu'un axe d'utilisation de cette technologie d'apprentissage. Pour être vraiment exhaustif, il aurait fallu aborder les utilisations du Deep Learning en productions animales pour identifier les bêtes, prévoir leurs comportements et contrôler les différents paramètres d'élevage (milieu, nourriture, etc.). Il faut aussi compter sur les estimations de récolte et de rendements, la classification de l'occupation du sol, le développement des biotechnologies agricoles, la maintenance préventive des machines agricoles, la production d'engins agricoles autonomes, les assistants de conversation. Bref, autant d'utilisations du Deep Learning, associées au développement des capteurs, objets connectés, robots et équipements agricoles qui permettent ensemble d'apporter de nouvelles réponses aux agriculteurs pour mieux gérer leurs exploitations et faciliter leur vie, dans le respect de l'environnement.

Ce qu'on a pu voir notamment, c'est que les technologies de Deep Learning sont pilotées par les données. Seulement, quand on parle de données, il s'agit d'un stock très conséquent. Autrement, le modèle ne saurait être suffisamment performant pour respecter ses promesses. Ainsi, plus le problème à résoudre s'avère compliqué, plus le nombre de données nécessaires aura tendance à être grand. Des données qui doivent couvrir des variétés de situations (stades de végétation, luminosité, humidité, etc.) et nécessitant parfois un recours à des sources multiples, plus ou moins faciles d'accès. Plusieurs bases de données sont à ce titre déjà utilisables en accès public<sup>65</sup> afin de répondre à ces problématiques. Autre nécessité, celle d'annoter les données. Seulement, ce travail est colossal et exige qu'il soit mené par des experts en agronomie, car c'est la précision de leurs annotations qui conditionnera la performance du système, que ce soit pour les résultats mais aussi pour le temps d'apprentissage. Bien sûr, il existe des techniques d'annotation automatique, mais ces dernières ne peuvent pas toujours être utilisées pour toutes les tâches. À cela s'ajoutent d'autres problématiques extérieures à la technologie, comme la réglementation, l'évolution des composants matériels, la certification des dispositifs, la vulgarisation de leur usage pour mieux les faire accepter ainsi que la capacité à travailler de façon interdisciplinaire.

Parce que ces technologies peuvent susciter questions et craintes, il importe de bien accompagner les agriculteurs. Un rôle que la Chaire AgroTIC entend assumer. Dans notre cas, leur retour d'expérience nous permet de mieux visualiser les solutions que peut apporter le Deep Learning dans

---

<sup>65</sup> Image-Net, Plant Village, Leafsnap, LifeCLEF, Flavia Leaf, Lefsnap, etc.

le cadre du projet présent, avec les limites ainsi que les points d'attention à considérer avant de se lancer. À présent, nous pouvons voir comment tirer parti de ces états de l'art en agriculture et en Deep Learning pour mettre au point l'application de reconnaissance des plantes en Zones Humides.

### III/ Faisabilité du projet de reconnaissance de plantes en Zones Humides

#### A/ En amont de la conception du projet

##### 1/ Présentation des possibilités générales du projet

J'ai engagé le projet depuis maintenant quelques semaines. Il était question de mettre au point une application de reconnaissance de plante pour la collectivité de Saint-Amand sur les zones humides. On m'a ensuite renvoyé sur les prairies humides en lien avec les éleveurs, dire de leur permettre d'identifier les plantes sur leurs parcelles pour mieux valoriser leurs productions. Jusqu'à présent, tout mon travail a consisté à me documenter afin de contextualiser la demande pour ne pas partir à l'aveugle. J'ai ainsi vu que le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut était récemment devenu un site Ramsar, soit une reconnaissance pour la préservation et la valorisation des zones humides. Signe que le sujet comptait bien parmi les priorités de la collectivité. En creusant plus loin, je suis tombé sur le PMAZH, soit le Programme de Maintien de l'Agriculture en Zones Humides. Cet acronyme associe depuis 2013 la Chambre d'agriculture du Nord-Pas de Calais, l'Agence de l'Eau Artois Picardie et le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut avec pour objectif de concilier performance économique des exploitations et maintien des zones humides ainsi que de toutes leurs fonctions.

Ayant exploré plus en profondeur le programme, je me suis dit que le plus pertinent serait de faciliter le suivi agro-écologique des parcelles. Ce suivi passe par un accompagnement technique de l'éleveur pour le développement de nouvelles pratiques durables, ce qui comprend en outre des conseils relatifs à la gestion des prairies humides. Dans ce domaine particulièrement, une application numérique pourrait être un bon support. J'ai à ce titre repéré plusieurs exemples d'applications de reconnaissance des plantes, comme Seek, [Pl@ntnet](#), Ecobalade, Garden Answers, Pictures This et Flower Checker. Parmi toutes ces solutions, le concept de [Pl@ntnet](#) est le plus proche de ce que je voudrais reproduire, soit, une application de reconnaissance visuelle en Deep Learning nourrie par les photos que les utilisateurs enverraient pour nourrir la base des données et corriger l'algorithme au fil de ses propositions. Bien sûr, cela demanderait un travail en amont pour constituer une base de données suffisante afin qu'on puisse en faire quelque chose. D'un point de vue matériel, il n'y aurait besoin que de la caméra d'un Smartphone. Le projet n'exigerait aucun matériel. Seulement, de la mise au point d'une application sur android sur une base Python.

Pour aller plus loin, je me suis demandé s'il ne serait pas possible de se reposer sur les images satellites afin d'identifier les zones humides à partir des critères d'identification figurant dans le code de l'environnement, à l'instar d'une première estimation à destination des éleveurs et autres professionnels du PNR Scarpe-Escaut. Il s'agirait donc de créer une IA en Deep Learning capable de reproduire le protocole d'identification d'une zone humide à partir de données satellites. L'objectif serait notamment de démarquer les couvertures végétales avec les différentes espèces dominantes de la parcelle. Sachant que le protocole exige de prendre des données sur le terrain, la première application pourrait recouvrir des fonctionnalités permettant de pousser au plus loin l'analyse et d'approcher au mieux le travail d'un expert. Les données récoltées par reconnaissance visuelle (peut-être en s'inspirant des modèles de Farmbot) seraient traitées pour estimer le pourcentage de recouvrement des espaces pour chaque strate de végétation (herbacée, arbustive ou arborescente), classant par ordre décroissant le recouvrement des espèces. L'algorithme examinerait ensuite le caractère hygrophile des espèces de cette liste, sachant que pour cela, au moins la moitié des espèces de la liste récupérée doit figurer parmi les espèces indicatrices des zones humides.

Dernièrement, sans doute serait-il possible de travailler l'application sur android comme un support de conseil à destination des éleveurs, transcrivant de manière didactique les informations techniques permettant de mieux appréhender ces espèces et de répondre aux exigences du PMAZH. Par ailleurs, cette partie didactique pourrait aussi bien être utilisée par les visiteurs, dire de sensibiliser le public aux intérêts des zones humides et ce, dans le courant de ce que la convention Ramsar cherche à mettre en place.

## [2/ Les obstacles rencontrés dans la conception du projet](#)

Avant même de penser à la conception du projet, plusieurs difficultés demandent d'être prises en compte afin d'établir sa faisabilité. Pour commencer, un logiciel de Deep Learning requiert une base de données conséquente, d'autant plus pour des objets aussi spécifiques que les plantes. En effet, il n'est pas question ici de distinguer un avion d'une voiture, ou un chien d'un chat. Le programme d'auto-apprentissage doit pouvoir faire la distinction entre des objets partageant de nombreuses caractéristiques : soit, des feuilles, une tige et des fleurs. De fait, chaque plante demanderait des centaines voire des milliers d'images labellisées pour que l'intelligence artificielle devienne suffisamment pertinente. Le nombre d'espèces bio-indicatrices des Zones Humides dépasse les 800, ce qui pourrait théoriquement comprendre 800 000 images. La première difficulté à surmonter est donc de savoir comment constituer une telle base de données.

La seconde est d'ordre plus technique. En effet, il est possible de retirer des programmes spécialisés dans la reconnaissance de plantes et de les personnaliser via Transfert Learning pour s'adapter au contexte naturel où le projet d'application doit s'inscrire. Cependant, un aménagement vraiment pertinent de ces programmes demanderait des compétences techniques que je dois encore développer. En l'état, mes tests – que je montrerai dans les parties suivantes – ont mis en évidence des délais de traitement trop longs pour satisfaire aux exigences d'une application mobile. Plusieurs personnes compétentes peuvent certes m'accompagner pour dépasser ces problèmes ; seulement, mon temps de formation doit être pris en compte dans le contexte de faisabilité de ce projet. Si l'objectif est de constituer un programme d'auto-apprentissage en interne, il faudra faire intervenir des professionnels en développement informatique spécialisés dans le langage python. Je détaillerai plus tard les potentielles solutions pour répondre à certaines limites posées ici.

La dernière limite que j'entrevois, c'est que la nature du projet demande un concours de compétences que je ne peux assurer seul. En effet, je n'ai pas de compétence de graphisme qui permettrait de rendre l'application sur Android visuellement attractive. Par ailleurs, si je veille à me documenter sur les Zones Humides ainsi que sur la reconnaissance des plantes bio-indicatrices, il demeure que je ne suis ni un spécialiste de ces espaces, ni un botaniste. L'accompagnement de tels professionnels m'apparaît donc essentiel pour rester de bout en bout cohérent avec les attentes formulées en amont du projet. Enfin, dans le cas où l'application serait développée, sa réussite dépendrait pour beaucoup de sa visibilité sur le territoire grâce à d'éventuels événements organisés avec des partenaires, que ce soit via des visites ou autres.

### [3/ Les choix à décider avant l'étape de la conception](#)

En premier lieu, il est nécessaire de décider du public à viser. À la base des demandes, il était question de s'adresser aux éleveurs. L'objectif est donc de développer une application qui permette de ne pas recourir à un botaniste pour venir sur chaque exploitation afin de déterminer lesquelles comportent des prairies humides et quelles sont leurs superficies. Dans l'idéal, l'application devrait pouvoir donner aux éleveurs les outils pour définir par eux-mêmes si leur exploitation peut s'inscrire ou non dans le PMAZH. De plus, il faudrait que cette application permette de valoriser ces espaces ; d'expliquer de façon didactique leurs problématiques et les recommandations propres à l'aspect productif. Enfin, il faudrait que l'application aide à mettre au point un label pour les productions réalisées en Zones Humides afin de valoriser l'agriculture dans ces espaces particuliers.

La solution la plus sûre serait de parvenir à un partenariat avec [Pl@ntnet](#). En effet, la plupart des plantes bio-indicatrices des Zones Humides sont déjà cataloguées dans leurs bases de données, avec une application de Deep Learning intégrée. S'y ajoute une communauté de passionnés essentielle pour surmonter les lacunes et parvenir au résultat le plus satisfaisant dans l'optique de répondre aux attentes initiales du projet. En tant qu'association ou collectivité territoriale, il est possible de contextualiser l'usage de [Pl@ntnet](#) à une flore d'intérêt sous la forme d'un micro-projet ; en l'occurrence, de la reconnaissance des plantes bio-indicatrices de Zones Humides.

Pour se faire, il est nécessaire de fournir une liste des espèces présentant un intérêt pour ce micro-projet, cette dernière incluant les noms latins des familles, genres et espèces impliquées. Une liste qu'il est possible de récupérer dans le code de l'environnement, portant le nombre d'espèces bio-indicatrices des Zones Humides à plus de 800. Ce préalable respecté, [Pl@ntnet](#) propose de co-supporter les coûts de mise en œuvre, notamment via le financement du travail en fonction du nombre d'espèces couvertes et de leur taux d'utilisation. Le mode de calcul est le suivant : coût total = coût de mise en œuvre<sup>66</sup> + coût de maintenance annuel<sup>67</sup>. Si l'intégralité des plantes sont intégrées au micro-projet, le coût fixe serait d'au moins 6000€, le coût de maintenance dépendant du nombre de requêtes effectuées sur l'année. À partir de là, il m'apparaît quatre solutions :

- soit il est possible d'assumer tous les coûts et toutes les espèces sont intégrées pour une application effective dans le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut, sachant que l'application sera plus efficace si elle s'intègre dans un territoire donné plutôt qu'à l'échelle nationale<sup>68</sup> ;
- soit il est financièrement impossible d'assumer un tel coût, sauf avec une réduction. En ce cas, il y aurait la possibilité de sélectionner parmi les 800 espèces une petite centaine qui prendrait en compte les spécificités du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut. Le coût fixe tomberait donc à 2500€ avec un coût de maintenance moins cher qu'une solution à l'échelle nationale ;
- soit il est financièrement impossible d'assumer un tel coût à l'échelle régionale, sauf s'il peut être reproduit à l'échelle nationale. L'application concernerait donc la cinquantaine de

---

66 Coût de mise en œuvre : 2K euros + (5 euros x nombre d'espèces). Par exemple, la mise en œuvre d'un micro-projet sur 200 espèces reviendra à 3K euros (i.e.: 2000 + (5 x 200)). Cet investissement nécessaire au démarrage du micro-projet, couvre notamment le temps d'ingénierie nécessaire au formatage et à l'intégration de données.

67 Coût de maintenance annuel : celui-ci est basé sur le nombre de requêtes d'identification pour ce micro-projet. Les micro-projets très utilisés nécessitant une infrastructure informatique plus conséquente, la grille des coûts ci-dessous vise à assurer une participation à la maintenance proportionnelle aux volumes d'utilisation. Le coût minimum annuel de maintenance est de 1K euros, celui-ci est calculé selon les tranches suivantes : a. 1K euros (jusqu'à 5K requêtes par an) ; b. 2K euros (5K-15K requêtes / an) ; c. 3K euros (15K - 30K requêtes par an) ; d. 5K euros (30K-100K demandes / an) ; etc.

68 Cela suppose un travail d'animation autour de l'application permettant de renforcer un mouvement déjà existant.

Zones Humides inscrites dans la convention Ramsar en France. Le défaut de ce choix serait que le nombre de requêtes serait logiquement plus important, augmentant de fait le coût de maintenance annuel. Par ailleurs, cela demanderait un effort dans chaque territorialité pour que l'application soit rentabilisée mais surtout rendue efficiente aux yeux des utilisateurs ;

- soit le projet devient financièrement acceptable avec la mutualisation d'un certains nombres de PNR. L'application ne prendrait alors en compte qu'un certain nombre de Zones Humides sur le territoire national avec un coût de maintenance plus raisonnable pour des collectivités qui auront toutes fait le choix de cet outil. En cela, elles devraient s'investir en conséquence pour en rentabiliser l'utilisation. Il serait alors possible d'étendre l'application progressivement dans le cas où d'autres PNR souhaiteraient s'inscrire rétrospectivement dans ce projet. Chaque nouveau partenaire allégerait le coût annuel de maintenance de l'application.

Une autre question qui se pose, c'est d'évaluer la pertinence à inclure les visiteurs dans l'application. Avec l'inscription du PNR Scarpe-Escaut comme 50<sup>e</sup> site de la convention Ramsar en France, les signaux participant au rayonnement de ces Zones Humides m'apparaissent très forts. Partant de là, est-il envisageable de donner deux dimensions à l'application ? D'un côté, s'adresser aux éleveurs dans le cadre du PMAZH. De l'autre, s'adresser aux visiteurs dans la continuité de la convention Ramsar afin de valoriser les Zones Humides. Le principal intérêt que j'y vois, ce serait de mettre en lien ces deux publics, précisément pour donner plus d'impact au projet de mise en place d'un label. D'autant que parmi les problématiques du PMAZH, figure la nécessité de sensibiliser les consommateurs à ces modes de production spécifiques aux Zones Humides. Il serait à ce titre tout à fait possible de développer des activités en groupes ou individuels avec un système de jeu attribuant des badges, des récompenses ainsi que des nouveaux pouvoirs. Autant d'activités qui pourraient se renforcer d'événements organisés avec le concours des collectivités, des éleveurs, des municipalités ou autres, dans le but de faire vivre ces espaces, de les dynamiser. J'entrerai plus tard dans des développements plus précis de ces idées.

S'il s'avère que le partenariat avec [Pl@ntnet](mailto:Pl@ntnet) n'est pas envisageable, il faudrait alors constituer ex-nihilo la base de données qui servirait à alimenter le programme d'auto-apprentissage de reconnaissance des plantes en Zones Humides ; lui-même, à élaborer en interne. Dans cette perspective, le paradigme de l'application exige d'être repensé. Effectivement, comment constituer cette base de données ? Faut-il investir du personnel pour prendre des centaines voire des milliers de photos pour chaque plante bio-indicatrice des Zones Humides ? Si oui, combien d'espèces



sélectionne-t-on parmi les 800 existantes dans le code de l'environnement ? Il est également possible de mettre au point une application où ce seraient les utilisateurs qui constitueraient les bases de données. L'objectif ne serait plus alors de valoriser les Zones Humides auprès du public, mais d'attirer des passionnés qui prendraient les photos et les labelliseraient. À cette fin, un système de jeu peut encore être envisagé.

Toutefois, à moins de pouvoir employer un professionnel qui validerait chacune des photos afin de s'assurer in fine de la pertinence de la base de données, il importerait de faire confiance aux utilisateurs dans l'espoir que la marge d'erreur demeure dans des proportions acceptables. Cela nécessiterait une réflexion pédagogique pour que l'utilisateur ait suffisamment d'éléments lui permettant d'identifier les plantes et de les labelliser correctement. Dans cet ordre d'idée, il n'est pas souhaitable de viser un public de profanes car la marge d'erreurs serait proportionnellement plus importante et desservirait l'application de Deep Learning. Ceci dit, combien de passionnés une telle application pourrait attirer ? Et combien de temps leur faudra-t-il pour constituer une base de donnée suffisante ? Sera-t-il possible plus tard de transformer l'application pour attirer un public plus large et répondre aux objectifs initiaux ? La solution technique en bout de course saura-t-elle mettre à profit ces données ? La certitude, c'est que cette solution demandera un investissement en interne très considérable, qui devra s'étendre sur la durée, avec un facteur risque à prendre en compte.

## B/ Réaliser une application de reconnaissance de plantes sur Android

Avant d'engager cette étude de faisabilité, j'ai commencé par explorer les possibilités techniques de la reconnaissance visuelle par Deep Learning sur Python. Si à l'avenir je devais me spécialiser dans ce domaine de programmation, il me faudrait suivre une formation de Data Scientist qui est la plus à même de répondre à ces problématiques. Ce dernier parcours est au croisement entre les mathématiques et l'informatique. Ayant travaillé le sujet en autodidacte, je verrai à détailler les éléments techniques nécessaires à la mise en place de cette technologie, les blocages rencontrés ainsi que les pistes pour y répondre.

Tout d'abord, pour mettre au point un tel programme, il importe de comprendre comment une image est vue par l'ordinateur. En mathématiques, une image est une fonction. Cette fonction quantifie l'intensité lumineuse de n'importe quel point dans l'image. Dans une image en noir et blanc, l'intensité est le niveau de gris. Cela veut dire que plus un point est sombre, plus son niveau de gris est faible. Si l'image est en couleurs, l'intensité d'un point désigne sa couleur. Celle-ci peut s'appréhender comme un mélange des trois couleurs primaires, à savoir rouge, vert et bleu. Comparativement à une image en noir et blanc, une image en couleurs ne correspond non plus à une seule fonction, mais à trois. En effet, on associe alors à chaque point son intensité de rouge, de vert et de bleu. Ces fonctions se transcrivent en des formules mathématiques que je ne maîtrise pas encore. Pour cette raison, il ne m'apparaît pas pertinent de les relever ici. De cette manière, je fais apparaître le premier blocage à la constitution de cette technologie : ma faiblesse actuelle sur le plan mathématique.

Ce qu'il faut retenir, c'est que pour traiter une image, il est nécessaire de la transformer en fonctions mathématiques dans l'optique de laisser au programme l'élément de langage lui permettant de la « lire » et de la « transformer » par le concours d'opérations là encore mathématiques. Ainsi, il est plus pertinent de parler de l'image comme un objet mathématique pour mieux se représenter sa place dans un environnement informatique. Cependant, ce n'est pas suffisant, car si on veut que l'image soit traitée par l'ordinateur, des restrictions doivent être imposées sur les formules mathématiques qui définissent la ou les fonctions. Effectivement, un ordinateur ne peut comprendre que des données numériques qui présentent un nombre fini de valeurs, ce pourquoi on parle de « numérisation »<sup>69</sup> pour parler de la transformation de l'image en donnée numérique. Cette numérisation se fait sur deux plans :

---

69 Ou discrétisation.

- l'échantillonnage, qui consiste à découper l'image suivant une grille donnée et à associer une intensité (ce dont je parlais plus tôt) à chacune de ses cellules. Ces cellules sont appelées des pixels. En d'autres termes, seul un nombre fini de points de l'image est conservé, précisément pour répondre au besoin de restriction de la fonction mathématique pour que l'ordinateur puisse la traiter ;
- la quantification, qui consiste à limiter le nombre de valeurs différentes que peut prendre l'intensité. Par exemple, les niveaux de gris concernent uniquement les entiers compris entre 0 (noir) et 255 (blanc). Les couleurs quant à elles sont déterminées par un triplet de niveaux de gris (rouge : (255,0,0), vert : (0,255,0) et bleu : (0,0,255)).

In fine, une image numérique est caractérisée par sa définition<sup>70</sup> et sa résolution<sup>71</sup>. La définition caractérise donc la taille de l'image, et la résolution, sa qualité.

Maintenant, nous allons voir comment manipuler une image en python. Python est un langage de programmation très utilisé pour automatiser des tâches simples mais fastidieuses. Dans le traitement d'image, je suis parvenu à réaliser plusieurs opérations via les bibliothèques PIL et Numpy : charger l'image, afficher l'image chargée, récupérer et afficher la taille de l'image en pixels, afficher son mode de quantification, récupérer et afficher la valeur du pixel à une position précise, récupérer les valeurs de tous les pixels sous forme d'une matrice et afficher la taille de la matrice de pixels. Toutes ces opérations donnent :

```
from PIL import Image

# Charger l'image

img = Image.open('/home/popschool/Documents/GitHub/projet_recoplante/Images_test/bruyere_des_marais_NB.jpg')

# Afficher l'image chargée

img.show()

# Récupérer et afficher la taille de l'image (en pixels)

w, h = img.size
```

<sup>70</sup> La définition correspond à la donnée hauteur x largeur exprimée en pixels.

<sup>71</sup> La résolution désigne le nombre de pixels par unité de longueur de l'image. Elle permet de mesurer la qualité de l'image obtenue après numérisation. Ainsi, plus la résolution est élevée, meilleure est la qualité de l'image.

```

print("Largeur : {} px, hauteur : {} px".format(w, h))
# Afficher son mode de quantification
print("Format des pixels : {}".format(img.mode))

# Récupérer et afficher la valeur du pixel à une position précise
px_value = img.getpixel((20,100))
print("Valeur du pixel situé en (20,100) : {}".format(px_value))

import numpy as np

# Récupérer les valeurs de tous les pixels sous forme d'une
matrice
mat = np.array(img)
mat

# Afficher la taille de la matrice de pixels
print("Taille de la matrice de pixels : {}".format(mat.shape))

```

Ce faisant, je suis ensuite parvenu à classer et segmenter les données visuelles grâce à Pyblot de Patplotlib, Numpy et PIL. J'ai notamment chargé l'image comme matrice de pixels, généré et affiché l'histogramme ensuite normalisé puis cumulé avec quelques exemples, comme la génération de bruit gaussien sur l'image. Cela donne :

```

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

from PIL import Image

# Charger l'image comme matrice de pixels

img =
np.array(Image.open('/home/popschool/Documents/GitHub/projet_recop
lante/Images_test/bruyere_des_marais_NB.jpg'))

# Générer et afficher l'histogramme

```

```

# Pour le normaliser : argument density=True dans plt.hist
# Pour avoir l'histogramme cumulé : argument cumulative=True
n, bins, patches = plt.hist(img.flatten(), bins=range(256))
plt.show()

# à gauche => pixels noirs ; au milieu => nuances de gris ; à droite => pixels blancs

# Voir la documentation :
https://pillow.readthedocs.io/en/3.1.x/reference/Image.html pour
utiliser la librairie

# Par exemple :

# Charger l'image sous forme d'une matrice de pixels
img = np.array(Image.open('/home/popschool/Documents/GitHub/projet_recop_lante/Images_test/bruyere_des_marais_NB.jpg'))

# Générer le bruit gaussien de moyenne nulle et d'écart-type 7 (variance 49)
noise = np.random.normal(0, 7, img.shape)

# Créer l'image bruitée et l'afficher
noisy_img = Image.fromarray(img + noise).convert('L')
noisy_img.show()

from PIL import ImageFilter

# Appliquer le lissage par moyennage (fenêtre de taille 9) et afficher le résultat
noisy_img.filter(ImageFilter.BoxBlur(1)).show()

```

S'il n'est pas vraiment au-dessus des autres langages pour l'intelligence artificielle, python s'y prête particulièrement bien et sa syntaxe autant concise que facile permet d'y progresser plus aisément. Concrètement, pour mettre au point une IA, le langage de programmation doit permettre :

- la récursivité, à savoir une démarche dont la description mène à la répétition d'une même règle ;
- la programmation orientée objets, soit une représentation des choses, de sorte à pouvoir définir et faire interagir entre eux des objets, compris ici comme tous types de structures issues d'un langage donné. Les objets désignent le plus souvent des variables<sup>72</sup> complexes, elles-mêmes composées de variables ou de fonctions<sup>73</sup> ;
- le paradigme fonctionnel, désignant un paradigme de programmation de type déclaratif<sup>74</sup> qui considère le calcul en tant qu'évaluation de fonctions mathématiques. Le paradigme fonctionnel met donc en avant l'application des fonctions, au contraire du modèle de programmation impérative qui met en avant les changements d'état ;
- des fonctionnalités de programmation logique, qui est une forme de programmation définissant les applications à l'aide d'un ensemble de faits élémentaires les concernant et de règles de logique leur associant des conséquences plus ou moins directes.

Outre ces éléments structurels, la problématique la plus difficile est de disposer d'un bon jeu de données. Pour y répondre, Python propose des outils particulièrement performants, à l'instar de Numpy<sup>75</sup> ou Pandas<sup>76</sup>. Enfin, tout particulièrement pour le Deep Learning, Python présente un très grand nombre de bibliothèques de très grande qualité, couvrant tous les types d'apprentissages disponibles sur le marché, le tout accompagné d'une communauté à la fois nombreuse et active. Pour réaliser une application de Deep Learning, il existe quatre procédés d'apprentissage :

- supervisé. L'apprentissage supervisé permet de répondre à des problématiques de classification et de régression. L'idée consiste à associer un label à des données sur lesquelles on possède des mesures. Si les labels sont discrets (avec des valeurs finies), on parle de

---

72 En informatique, les variables sont des symboles qui associent un nom (l'identifiant) à une valeur. Ce nom est unique dans un programme.

73 On appelle fonction un sous-programme qui permet d'effectuer un ensemble d'instructions par simple appel de la fonction dans le corps du programme principal. Les fonctions permettent d'exécuter dans plusieurs parties du programme une série d'instructions, cela permet une simplicité du code et donc une taille de programme minimale. D'autre part, une fonction peut faire appel à elle-même, on parle alors de fonction récursive.

74 La programmation déclarative est un paradigme de programmation qui consiste à créer des applications sur la base de composants logiciels indépendants du contexte et ne comportant aucun état interne. Autrement dit, l'appel d'un de ces composants avec les mêmes arguments produit exactement le même résultat, quel que soit le moment et le contexte de l'appel.

75 NumPy est une extension du langage de programmation Python, destinée à manipuler des matrices ou tableaux multidimensionnels ainsi que des fonctions mathématiques opérant sur ces tableaux. Plus précisément, cette bibliothèque logicielle libre et open source fournit de multiples fonctions permettant notamment de créer directement un tableau depuis un fichier ou au contraire de sauvegarder un tableau dans un fichier, et manipuler des vecteurs, matrices et polynômes.

76 Pandas est une bibliothèque écrite pour le langage de programmation Python permettant la manipulation et l'analyse des données. Elle propose en particulier des structures de données et des opérations de manipulation de tableaux numériques et de séries temporelles.

classification. Si au contraire les labels sont continus (comme l'ensemble des nombre réels), on parle de régression ;

- non supervisé, soit une situation d'apprentissage d'automatique où les données ne sont pas étiquetées, ce qui demande au programme de découvrir les structures sous-jacentes à ces données. Dans la mesure où l'étiquetage est absente, il est impossible à l'algorithme de calculer de façon certaine un score de réussite ;
- par renforcement, qui consiste, pour un agent autonome, à apprendre les actions à prendre à partir d'expériences, de sorte à optimiser une récompense quantitative au cours du temps. L'agent est plongé au sein d'un environnement et prend ses décisions en fonction de son état courant. En retour, l'environnement procure à l'agent une récompense, qui peut être positive ou négative. L'agent cherche, au travers d'expériences itérées, un comportement décisionnel optimal, en ce sens qu'il maximise la somme des récompenses au cours du temps ;
- par transfert, ce qui vise à transférer des connaissances d'une ou plusieurs tâches sources vers une ou plusieurs tâches cibles. Il peut être vu comme la capacité d'un système à reconnaître et appliquer des connaissances et des compétences, apprises à partir de tâches antérieures, sur de nouvelles tâches ou domaines partageant des similitudes.

Je ne détaillerai pas chacune de ces méthodes. Seulement, parmi toutes celles présentes, j'ai notamment testé une classification de données avec une SVM à noyau. Cette dernière correspond à un modèle d'apprentissage supervisé non linéaire. L'expérimentation donne le résultat suivant (j'ai intégré les problèmes rencontrés en cours de route sur le moniteur étape par étape) :

```
import numpy as np
# charger les données
import pandas as pd

data = pd.read_csv('/home/popschool/Documents/GitHub/winequality-
white.csv', sep=';')

# créer la matrice de données
X = data[data.columns[:-1]].values

# créer le vecteur d'étiquettes
```

```

y = data['quality'].values

# transformer en un problème de classification binaire
y_class = np.where(y<6, 0, 1)

# Avant toute chose, nous allons découper nos données en un jeu
d'entraînement (X_train, y_train) et un jeu de test (X_test,
y_test).

from sklearn import model_selection
X_train, X_test, y_train, y_test = \
    model_selection.train_test_split(X, y_class, test_size=0.3)

# Nous pouvons maintenant standardiser les variables, c'est-à-dire
les centrer (ramener leur moyenne à 0) et les réduire (ramener
leur écart-type à 1), afin qu'elles se placent toutes à peu près
sur la même échelle.

# standardiser les données

from sklearn import preprocessing

std_scale = preprocessing.StandardScaler().fit(X_train)

X_train_std = std_scale.transform(X_train)
X_test_std = std_scale.transform(X_test)

# OK, nous pouvons enfin entraîner notre première SVM à noyau !
# Créer une SVM avec un noyau gaussien de paramètre gamma=0.01
from sklearn import svm
classifcier = svm.SVC(kernel='rbf', gamma=0.01)

# Entraîner la SVM sur le jeu d'entraînement
classifcier.fit(X_train_std, y_train)

# Comment se comporte-t-elle sur le jeu de test ? Nous allons pour
le comprendre regarder la courbe ROC.

# prédire sur le jeu de test
y_test_pred = classifcier.decision_function(X_test_std)

```



```

# construire la courbe ROC
from sklearn import metrics
fpr, tpr, thr = metrics.roc_curve(y_test, y_test_pred)

# calculer l'aire sous la courbe ROC
auc = metrics.auc(fpr, tpr)

# créer une figure
from matplotlib import pyplot as plt
fig = plt.figure(figsize=(6, 6))

# afficher la courbe ROC
plt.plot(fpr, tpr, '-', lw=2, label='gamma=0.01, AUC=%.2f' % auc)

# donner un titre aux axes et au graphique
plt.xlabel('False Positive Rate', fontsize=16)
plt.ylabel('True Positive Rate', fontsize=16)
plt.title('SVM ROC Curve', fontsize=16)

# afficher la légende
plt.legend(loc="lower right", fontsize=14)

# afficher l'image
plt.show()

# Problème : le fichier winequality-white.csv n'a pas été trouvé
=> il faut aller le chercher pour que ça fonctionne. J'avais eu le
même problème avec l'image de la plante en noir et blanc, il
fallait trouver l'emplacement sur l'ordinateur.
# Résolution : Je suis donc allé chercher le fichier pour
l'installer sur le disque dur de l'ordinateur prêté par PopSchool.
Reproduire la manoeuvre sur un autre pc en allant chercher le
fichier ici : https://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-

```

```

databases/wine-quality/ => on edit le chemin sur le code, puis ça
fonctionne !

# Nous allons ici utiliser une validation croisée sur le jeu
d'entraînement pour sélectionner les valeurs optimales de C et de
gamma parmi une grille de valeurs.

# choisir 6 valeurs pour C, entre 1e-2 et 1e3
C_range = np.logspace(-2, 3, 6)

# choisir 4 valeurs pour gamma, entre 1e-2 et 10
gamma_range = np.logspace(-2, 1, 4)

# grille de paramètres
param_grid = {'C': C_range, 'gamma': gamma_range}

# critère de sélection du meilleur modèle
score = 'roc_auc'

# initialiser une recherche sur grille
grid = model_selection.GridSearchCV(svm.SVC(kernel='rbf'),
                                     param_grid,
                                     cv=5, # 5 folds de validation
croisée                                     scoring=score)

# faire tourner la recherche sur grille
grid.fit(X_train_std, y_train)

# afficher les paramètres optimaux
print("The optimal parameters are {} with a score of
{: .2f}".format(grid.best_params_, grid.best_score_))

# Problème rencontré : "Killed - The kernel process exited. (137)
=> ça plante au niveau du graphique.

```

```

# Résolution : en faisant attendre le programme, il finit par
afficher le résultat "The optimal parameters are {'C': 1.0,
'gamma': 1.0} with a score of 0.86"

# Nous pouvons maintenant évaluer la performance de notre modèle
optimisé sur le jeu de test :

# prédire sur le jeu de test avec le modèle optimisé
y_test_pred_cv = grid.decision_function(X_test_std)

# construire la courbe ROC du modèle optimisé
fpr_cv, tpr_cv, thr_cv = metrics.roc_curve(y_test, y_test_pred_cv)

# calculer l'aire sous la courbe ROC du modèle optimisé
auc_cv = metrics.auc(fpr_cv, tpr_cv)

# créer une figure
fig = plt.figure(figsize=(6, 6))

# afficher la courbe ROC précédente
plt.plot(fpr, tpr, '-', lw=2, label='gamma=0.01, AUC=%.2f' % auc)

# afficher la courbe ROC du modèle optimisé
plt.plot(fpr_cv, tpr_cv, '-', lw=2, label='gamma=%.1e, AUC=%.2f' %
\
        (grid.best_params_['gamma'], auc_cv))

# donner un titre aux axes et au graphique
plt.xlabel('False Positive Rate', fontsize=16)
plt.ylabel('True Positive Rate', fontsize=16)
plt.title('SVM ROC Curve', fontsize=16)

```

```

# afficher la légende
plt.legend(loc="lower right", fontsize=14)

# afficher l'image
plt.show()

# Résultat : un peu lent à charger, mais finit par fonctionner.

# Calculons la matrice de Gram obtenue sur notre jeu
d'entraînement quand gamma=0.01 :

from sklearn import metrics

kmatrix = metrics.pairwise.rbf_kernel(X_train_std, gamma=0.01)

# Nous allons réduire cette matrice à ses 100 premières lignes et
100 premières colonnes pour en faciliter la visualisation :

kmatrix100 = kmatrix[:100, :100]

# Nous pouvons maintenant utiliser plt.pcolor pour visualiser
cette matrice :

# dessiner la matrice

plt.pcolor(kmatrix100, cmap=matplotlib.cm.PuRd)

# rajouter la légende

plt.colorbar()

# retourner l'axe des ordonnées

plt.gca().invert_yaxis()

plt.gca().xaxis.tick_top()

# afficher l'image

plt.show()

# Problème : name 'matplotlib' is no defined
# Non résolu pour cette dernière partie du programme
# Remarque : la puissance de calculs est considérable et fait
ramer l'ordinateur

```

Si la plupart des étapes se sont passées correctement, il demeure cette difficulté que le temps de calcul est beaucoup trop long pour que cette méthode soit exploitable sur application. Il apparaît également que l'installation des modules sur ordinateur peut s'avérer particulièrement fastidieux. Toujours dans l'optique de s'entraîner, j'avais fait mention dans la deuxième partie de cette étude d'un réseau de neurones. Dans l'expérience ci-dessous, il va s'agir d'essayer d'implémenter un réseau de neurones avec Keras qui est une librairie très utilisée dans la reconnaissance de plantes :

```
from keras.models import Sequential

my_VGG16 = Sequential() # Création d'un réseau de neurones vide

# A ce stade, vous pouvez déjà implémenter quasiment tout le
# réseau VGG-16 ! Par exemple, la construction du premier bloc de
# couches est détaillée ci-dessous :

from keras.models import Sequential
from keras.layers import Conv2D, MaxPooling2D

my_VGG16 = Sequential() # Création d'un réseau de neurones vide

# Ajout de la première couche de convolution, suivie d'une couche
ReLU
my_VGG16.add(Conv2D(64, (3, 3), input_shape=(224, 224, 3),
padding='same', activation='relu'))

# Ajout de la deuxième couche de convolution, suivie d'une couche
ReLU
my_VGG16.add(Conv2D(64, (3, 3), padding='same',
activation='relu'))

# Ajout de la première couche de pooling
my_VGG16.add(MaxPooling2D(pool_size=(2,2), strides=(2,2)))

# J'ai un problème à ce stade : ImportError: Keras requires
TensorFlow 2.2 or higher. Install TensorFlow via `pip install
tensorflow`
# Pourtant, j'ai mis à jour tensorflow que j'ai à la version 3.1.0
```

```

# Ainsi, les trois dernières couches fully-connected et leur
fonction d'activation (ReLU pour les deux premières, softmax pour
la dernière) sont ajoutées de la manière suivante :

from keras.layers import Flatten, Dense

my_VGG16.add(Flatten()) # Conversion des matrices 3D en vecteur
1D

# Ajout de la première couche fully-connected, suivie d'une couche
ReLU

my_VGG16.add(Dense(4096, activation='relu'))

# Ajout de la deuxième couche fully-connected, suivie d'une couche
ReLU

my_VGG16.add(Dense(4096, activation='relu'))

# Ajout de la dernière couche fully-connected qui permet de
classifier

my_VGG16.add(Dense(1000, activation='softmax'))

# Pour résoudre le problème, je tente la commande 'pip install
keras==2.2.4' en suivant les indications sur ce site :
https://stackoverflow.com/questions/62482404/error-while-
importing-keras-and-tensorflow
# C'est un échec

# Pour utiliser le VGG-16 pré-entraîné :

from keras.applications.vgg16 import VGG16

from keras.layers import Dense

# Charger VGG-16 pré-entraîné sur ImageNet et sans les couches
fully-connected

model = VGG16(weights="imagenet", include_top=False,
input_shape=(224, 224, 3))

# Récupérer la sortie de ce réseau

```

```

x = model.output

# Ajouter la nouvelle couche fully-connected pour la
classification à 10 classes

predictions = Dense(10, activation='softmax')(x)

# Définir le nouveau modèle

new_model = Model(inputs=model.input, outputs=predictions)

# Il y a toujours les messages d'erreurs, mais ça mouline et donne
des résultats que je n'arrive pas à analyser

# Première stratégie : on entraîne tout le réseau, donc il faut
rendre toutes les couches "entraînables" :

for layer in model.layers:

    layer.trainable = True

# Deuxième stratégie : On entraîne seulement le nouveau
classifieur et on ne ré-entraîne pas les autres couches :

#[for layer in model.layers:

#     layer.trainable = False]

# Troisième stratégie : On entraîne le nouveau classifieur ainsi
que les couches hautes :

#[for layer in model.layers:

#     layer.trainable = False]

# Il ne reste plus qu'à compiler le nouveau modèle, puis à
l'entraîner :

# Compiler le modèle

new_model.compile(loss="categorical_crossentropy",
optimizer=optimizers.SGD(lr=0.0001, momentum=0.9),
metrics=["accuracy"])

# Entraîner sur les données d'entraînement (X_train, y_train)

model_info = new_model.fit(X_train, y_train, epochs=epochs,
batch_size=batch_size, verbose=2)

```

```
.  
# Résultat : j'ai à la fin une série de messages avec les fichiers  
qui paraissent défaillants.
```

Le résultat de l'expérience met le doigt sur des difficultés pour traiter correctement les fichiers de base. Je n'ai pour le moment pas de solution aux problèmes rencontrés. Juste, l'observation qu'il me faudra pousser plus loin ma formation avant d'être capable de manipuler un programme de Deep Learning pour reconnaître des plantes. À ce titre, j'ai réalisé une ultime expérience reprenant cette fois le procédé du Transfert Learning, précisément pour réadapter un programme de reconnaissance visuelle des fleurs à partir de la librairie Tensorflow, que je voulais à terme employer pour reconnaître les plantes en Zones Humides. Le prototype final donne le résultat suivant :

```
# Prototype fait à partir de  
https://colab.research.google.com/github/tensorflow/examples/blob/  
master/community/en/flowers\_tf\_lite.ipynb#scrollTo=\_TZTwG7nhm0C  
  
# Je commence avec TensorFlow Lite pour faire de la reconnaissance  
en Deep Learning sur mobile  
# Le modèle pré-entraîné que je veux utiliser correspond à "Image  
classification"  
# Sert à identifier des centaines de classes d'objets, notamment  
des personnes, des animaux, des lieux mais surtout des plantes (ce  
qui va nous intéresser)  
# Mon but va être de faire du "transfert learning", soit de  
réentraîner le modèle choisi pour lui faire effectuer une autre  
tâche. Ainsi, je pourrai ajouter de nouvelles catégories d'images.  
  
import tensorflow as tf  
# assert tf.__version__.startswith('2')  
  
import os  
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt  
  
# Je télécharge la base de données sur les fleurs  
  
_URL =  
"https://storage.googleapis.com/download.tensorflow.org/example_im  
ages/flower_photos.tgz"  
  
zip_file = tf.keras.utils.get_file(origin=_URL,  
                                   fname="flower_photos.tgz",  
                                   extract=True)  
  
base_dir = os.path.join(os.path.dirname(zip_file),  
'flower_photos')
```



```

# J'utilise ImageDataGenerator pour redimensionner les images
# Ce faisant, il me faut créer le générateur d'entraînement en
# spécifiant l'emplacement des données au sortir de l'entraînement
# (les données sur la plante, la taille de l'image, etc.)
# Ensuite, il me faut créer le générateur de validation avec une
# approche similaire à la méthode flow_from_directory()

IMAGE_SIZE = 224
BATCH_SIZE = 64

datagen = tf.keras.preprocessing.image.ImageDataGenerator(
    rescale=1./255,
    validation_split=0.2)

train_generator = datagen.flow_from_directory(
    base_dir,
    target_size=(IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE),
    batch_size=BATCH_SIZE,
    subset='training')

val_generator = datagen.flow_from_directory(
    base_dir,
    target_size=(IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE),
    batch_size=BATCH_SIZE,
    subset='validation')

for image_batch, label_batch in train_generator:
    break
image_batch.shape, label_batch.shape

# J'enregistre les étiquettes dans un fichier qui sera téléchargé
# plus tard

print (train_generator.class_indices)

labels = '\n'.join(sorted(train_generator.class_indices.keys()))

with open('labels.txt', 'w') as f:
    f.write(labels)

# !cat labels.txt

IMG_SHAPE = (IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE, 3)

# Je produis le modèle de base à partir du modèle pré-entraîné
# MobileNetV2

base_model =
tf.keras.applications.MobileNetV2(input_shape=IMG_SHAPE,
                                  include_top=False,

```

```

weights='imagenet')

# Je gèle la base convolutionnelle créée à partir de l'étape
précédente avant de l'utiliser comme extracteur de
caractéristiques, puis j'ajoute un classificateur par-dessus.

base_model.trainable = False

# J'ajoute donc une tête de classification

model = tf.keras.Sequential([
    base_model,
    tf.keras.layers.Conv2D(32, 3, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dropout(0.2),
    tf.keras.layers.GlobalAveragePooling2D(),
    tf.keras.layers.Dense(5, activation='softmax')
])

# Je compile le modèle avant de l'entraîner.

model.compile(optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(),
              loss='categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

model.summary()

print('Number of trainable variables =
{}'.format(len(model.trainable_variables)))

# J'entraîne le modèle.

epochs = 10

history = model.fit(train_generator,
                    steps_per_epoch=len(train_generator),
                    epochs=epochs,
                    validation_data=val_generator,
                    validation_steps=len(val_generator))

# J'affiche les courbes d'apprentissage.

acc = history.history['accuracy']
val_acc = history.history['val_accuracy']

loss = history.history['loss']
val_loss = history.history['val_loss']

plt.figure(figsize=(8, 8))
plt.subplot(2, 1, 1)
plt.plot(acc, label='Training Accuracy')
plt.plot(val_acc, label='Validation Accuracy')

```

```

plt.legend(loc='lower right')
plt.ylabel('Accuracy')
plt.ylim([min(plt.ylim()),1])
plt.title('Training and Validation Accuracy')

plt.subplot(2, 1, 2)
plt.plot(loss, label='Training Loss')
plt.plot(val_loss, label='Validation Loss')
plt.legend(loc='upper right')
plt.ylabel('Cross Entropy')
plt.ylim([0,1.0])
plt.title('Training and Validation Loss')
plt.xlabel('epoch')
plt.show()

# Jusque là, on n'a fait qu'entraîner quelques couches au-dessus
d'un modèle de base MobileNet V2. Les neurones du réseau pré-
entraîné n'ont donc pas été mis à jour.
# Pour augmenter davantage les performances, on peut entraîner les
neurones du modèle pré-entraîné parallèlement à la formation des
classements qu'on a ajouté. Le processus de formation forcera les
pondérations à être ajustées à partir de cartes d'entités
génériques vers des entités associées spécifiquement à notre base
de données.

# Pour se faire, il faut déverrouiller les couches initiales du
modèle.
# Pour se faire, il suffit de dégeler le modèle "base_model" et de
définir les couches inférieures de manière à ne pas pouvoir être
entraînées. Ensuite, on recompile le modèle (nécessaire pour que
les modifications prennent effet), puis on reprend l'entraînement.

# Let's take a look to see how many layers are in the base model
print("Number of layers in the base model: ",
len(base_model.layers))

# Fine tune from this layer onwards
fine_tune_at = 100

# Freeze all the layers before the `fine_tune_at` layer
for layer in base_model.layers[:fine_tune_at]:
    layer.trainable = False

# On compile le modèle en utilisant un taux d'entraînement plus
faible.

model.compile(loss='categorical_crossentropy',
              optimizer = tf.keras.optimizers.Adam(1e-5),
              metrics=['accuracy'])

model.summary()

```

```

print('Number of trainable variables =
{}'.format(len(model.trainable_variables)))

# Puis on continue l'entraînement du modèle.

history_fine = model.fit(train_generator,
                        steps_per_epoch=len(train_generator),
                        epochs=5,
                        validation_data=val_generator,
                        validation_steps=len(val_generator))

# On convertir en TFLite
# Pour ça, on enregistre le modèle à l'aide de
tf.saved_model.save, puis on convertit le modèle enregistré dans
un format compatible avec TFLite.

saved_model_dir = 'save/fine_tuning'
tf.saved_model.save(model, saved_model_dir)

converter =
tf.lite.TFLiteConverter.from_saved_model(saved_model_dir)
tflite_model = converter.convert()

with open('model.tflite', 'wb') as f:
    f.write(tflite_model)

# On télécharge le modèle converti avec les étiquettes.

from google.colab import files

files.download('model.tflite')
files.download('labels.txt')

# Après quoi, on peut jeter un oeil aux courbes d'apprentissage et
noter la différence.

acc = history_fine.history['accuracy']
val_acc = history_fine.history['val_accuracy']

loss = history_fine.history['loss']
val_loss = history_fine.history['val_loss']

plt.figure(figsize=(8, 8))
plt.subplot(2, 1, 1)
plt.plot(acc, label='Training Accuracy')
plt.plot(val_acc, label='Validation Accuracy')
plt.legend(loc='lower right')
plt.ylabel('Accuracy')
plt.ylim([min(plt.ylim()),1])
plt.title('Training and Validation Accuracy')

```

```
plt.subplot(2, 1, 2)
plt.plot(loss, label='Training Loss')
plt.plot(val_loss, label='Validation Loss')
plt.legend(loc='upper right')
plt.ylabel('Cross Entropy')
plt.ylim([0,1.0])
plt.title('Training and Validation Loss')
plt.xlabel('epoch')
plt.show()
```

# Utilisation d'un modèle pré-entraîné pour l'extraction d'entités: lorsqu'on travaille avec un petit jeu de données, il est courant de tirer parti des caractéristiques apprises par un modèle entraîné sur un jeu de données plus grand dans le même domaine. Cela se fait en instanciant le modèle pré-entraîné et en ajoutant un classificateur entièrement connecté sur le dessus. Le modèle pré-entraîné est «gelé» et seuls les poids du classificateur sont mis à jour pendant l'entraînement. Dans ce cas, la base convolutionnelle a extrait toutes les fonctionnalités associées à chaque image. On vient ici de former un classificateur qui détermine la classe d'image à partir de l'ensemble des fonctionnalités extraites.

# Affiner un modèle pré-entraîné: pour améliorer encore les performances, il peut être souhaitable de réutiliser les couches de niveau supérieur des modèles pré-entraînés vers le nouvel ensemble de données par l'intermédiaire d'un réglage fin. Dans ce cas, on règle les pondérations de sorte que le modèle apprenne des fonctionnalités de haut niveau spécifiques à l'ensemble de données. Cette technique est généralement recommandée lorsque l'ensemble de données d'entraînement est volumineux et très similaire à l'ensemble de données d'origine sur lequel le modèle pré-entraîné a été formé.

À ce stade, je n'ai pas assez de pratique pour dire quel modèle serait le plus approprié pour l'application de reconnaissance des plantes en Zones Humides. Simplement, la documentation pour mettre au point ce projet existe et est disponible en ligne. Toutefois, leur complexité fait que je ne saurai pas en l'état produire un outil vraiment adapté aux besoins du projet. D'où la proposition de travailler un partenariat avec [Pl@ntnet](#), qui apparaît comme la solution la plus sûre pour faire ressortir un produit assez performant.

## C/ Arborescence de l'application

D'un point de vue plus général, le projet tient en une application sur Android permettant d'identifier les plantes en les prenant en photo par l'intermédiaire du smartphone. Discuter avec des agriculteurs m'a fait prendre conscience que la demande la plus récurrente en matière d'AgTech, c'était de nouvelles technologies/applications les simples d'utilisation. Une exigence qui demande donc de penser l'arborescence pour la rendre la plus intuitive possible. Pour ce qui suivra, j'irai toujours vers l'hypothèse haute. L'application serait composée de cinq catégories.

### 1/ Valoriser les Zones Humides auprès du grand public

La première catégorie de l'application vulgariserait les connaissances sur les Zones Humides à destination du grand public. Elle s'adresserait au visiteur en règle générale qui y trouverait des informations synthétiques sur le PNR Scarpe-Escaut, sur l'histoire des Zones Humides dans la région et sur les intérêts des Zones Humides.

Il s'agirait de valoriser ces espaces particuliers dans la continuité de la Convention Ramsar qui devrait accroître le rayonnement du territoire comme peut le faire l'Unesco en matière de patrimoine. Tout un travail serait réalisé pour que les informations soient les plus didactiques possibles, sans apparaître trop académiques.

La présentation de quelques vidéos synthétiques de cinq minutes maximum pourraient être une solution. Tout l'enjeu des parties constitutantes de cette catégorie serait de donner envie aux visiteurs de s'intéresser aux Zones Humides et de s'investir plus avant dans les autres catégories de l'application.

L'idéal serait que le PNR Scarpe-Escaut gère ou au moins supervise la rédaction du contenu ainsi que la définition des sous-catégories.

### 2/ Accompagner les agriculteurs dans la gestion des Prairies Humides

La deuxième catégorie viserait les agriculteurs, tout ça dans le but de les aider à mieux appréhender les Prairies Humides. L'agriculteur y trouverait donc une présentation des Prairies Humides, leurs intérêts et leurs particularités dans le territoire du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut.

En outre, l'application s'occuperait de synthétiser le contenu du PMAZH, notamment les services, les aides et les conseils. Là encore, une vidéo sur les modes de gestion des prairies humides serait parfaitement pertinente. Des liens pourraient être présentés afin d'approfondir le sujet, renvoyant sur des articles du site de la Chambre d'Agriculture traitant de ces sujets.

L'objectif serait de répondre à la problématique d'agriculteurs exploitant les prairies suivant des méthodes conventionnelles par méconnaissance des particularités de ces Zones Humides. Pour se faire, l'accès aux différentes parties devra être le plus intuitif possible. De même, l'information devra être adaptée au format pour qu'à travers ce simple support, l'agriculteur puisse avoir connaissance de tout ce qu'il faut savoir très simplement.

Ici, le mieux serait que la Chambre d'agriculture du Nord-Pas de Calais s'occupe du contenu, possiblement avec la participation de ses deux autres partenaires du PMAZH. Ces trois acteurs seront les plus à même d'estimer quelles sous-catégories s'adapteront le mieux aux exigences susmentionnées. Ceci dit, un partenariat avec le GNIS serait pertinent pour le travail réalisé afin de rendre accessible aux agriculteurs le choix des semences suivant leurs besoins. Leurs conseils contextualisés au maintien ou à la restauration des prairies humides me semble être une piste à creuser.

### 3/ Nourrir la base de donnée de l'application avec un système de jeu

La troisième partie proposerait des jeux et des activités, soit pour valoriser les Zones Humides auprès des utilisateurs, soit pour guider les passionnés se chargeant de constituer bénévolement la base de données. Ces jeux se passeraient en groupe<sup>77</sup> ou individuellement<sup>78</sup>. Dans la mesure où les jeux demandent d'identifier des plantes bio-indicatrices de Zones Humides, une liste des différentes espèces végétales serait présentée.

---

<sup>77</sup> Par exemple, un animateur organise une visite pour un groupe de classe. L'application lui permettrait de monter un groupe directement sur la plate-forme. Les élèves seraient alors invités à prendre en photo des plantes bio-indicatrices des Zones Humides. L'algorithme validerait ou infirmerait les choix. Ce faisant, un classement serait établi, défini par le nombre de bonnes réponses. À l'issue de l'activité, chaque élève pourrait choisir sa plus belle photo de plante bio-indicatrice et le gagnant déciderait de laquelle serait envoyée sur les réseaux sociaux. Pour chaque plante bio-indicatrice, les votes de tous les utilisateurs permettrait de déterminer quelle photo lui servirait de vitrine dans la liste des plantes bio-indicatrices présentées sur l'application.

<sup>78</sup> Un système de défis permettant de gagner des badges serait mis en place. En valider un certain nombre pourrait permettre de débloquent des vidéos ou des bouts de texte (à définir, mais le potentiel de créer des petites histoires ou autre pourrait participer à l'attractivité du système de jeu), des rangs voire des pouvoirs (organiser des événements, devenir animateur, etc.).

Cette dernière devrait être accessible sans avoir besoin de passer d'une page à l'autre dans un souci de fluidité. De quoi questionner la mise en page de cette catégorie, sachant que l'écran des Smartphones n'attribue pas beaucoup d'espace. Sans doute qu'un bouton en haut à droite permettant d'ouvrir la liste en cliquant une première fois dessus et la refermant en cliquant une seconde fois serait une bonne solution. Le défilement serait enregistré dans l'optique d'éviter de se perdre dans les recherches en passant d'une fenêtre à l'autre. Possiblement, l'écran pourrait être divisé en deux sur tablette entre le jeu et la liste. Ces réflexions seront à travailler plus avant dans la mise en pratique.

En outre, l'objectif, c'est de donner envie d'apprendre, d'éveiller la curiosité par le jeu. Éventuellement, l'utilisateur pourrait choisir la nature de ses récompenses en fonction de ses préférences. Ces récompenses peuvent être des pouvoirs permettant de devenir un contributeur de l'animation de l'application, des bouts d'histoires en lien avec les zones humides<sup>79</sup>, des petites vidéos permettant de découvrir plus en profondeur les Zones Humides, etc. Autant de possibilités permettant de plus approfondir le contenu là où les autres catégories de l'application se doivent de se limiter pour ne pas apparaître trop lourdes aux yeux de l'utilisateur. Ici, l'accès progressif à du contenu secondaire via le système de jeu peut permettre d'intéresser ludiquement l'utilisateur à la richesse des Zones Humides.

Cette partie s'articulerait étroitement avec les réseaux sociaux et les outils de Deep Learning, qui constituent les deux dernières catégories de l'application.

#### [4/ Créer une communauté avec l'actualité et les réseaux sociaux](#)

La quatrième partie regrouperait l'actualité et les réseaux sociaux, l'actualité concernant évidemment celle du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut ainsi que des Zones Humides en règle générale.

J'ai déjà mentionné la possibilité de faire interagir les jeux avec les réseaux sociaux. Toujours dans cette optique, les utilisateurs pourraient avoir la possibilité de constituer des groupes de discussion

---

<sup>79</sup> Ces histoires s'inspireraient des représentations que l'on pouvait trouver à différentes époques sur les espaces humides type marais, tourbières, etc. Elles peuvent être des références à des anecdotes historiques, des œuvres littéraires, des films, etc. Chaque bout d'histoire se présenterait sur des formats courts, plus adaptés aux applications sur Android.



afin de partager leurs activités, récompenses, trouvailles au sein du Parc Naturel Régional Scarpe-Escout. L'idée serait également de leur permettre de s'organiser pour de possibles événements ; de quoi faire vivre le territoire.

En somme, l'objectif de ces réseaux sociaux est bien sûr de créer une communauté au sein de l'application, de quoi faciliter la mise en relation entre les simples visiteurs, les passionnés, les acteurs encadrants des Zones Humides et les agriculteurs. Tout un environnement pour aider les agriculteurs à mieux valoriser leurs produits auprès des consommateurs ; ce que la dernière catégorie doit approfondir.

#### 5/ Proposer plusieurs outils de Deep Learning contextualisés aux Zones Humides

Cette dernière catégorie de l'application regrouperait les outils en Deep Learning. Il y aurait tout d'abord le programme d'identification des plantes bio-indicatrices de Zones Humides directement exploitable à partir de la troisième catégorie avec les jeux. L'utilisateur prendrait une photo via smartphone. Cette photo serait identifiée et labellisée par le programme de Deep Learning, qui l'enregistrerait automatiquement dans le fichier correspondant de la base de donnée. Parmi les informations, on trouverait le nom latin, le lien vers la photo prise, l'image vitrine de la plante, la date de la photo et sa localisation dans le Parc Naturel Régional Scarpe-Escout.

La seconde composante de cette catégorie serait là encore un programme de Deep Learning permettant d'identifier et de délimiter les zones humides à partir des images satellites ou obtenues par drone. Il s'agirait d'automatiser les protocoles d'identification et de délimitation de ces espaces tels que détaillés dans le code de l'environnement ; ce que j'ai développé dans la première partie de l'étude sur l'identification des Zones Humides.

S'il s'avère trop compliqué de mettre au point un programme de Deep Learning, une autre méthode peut être employée pour dessiner ces zones. Celles-ci se verraient calquées sur une grande carte du PNR Scarpe-Escout. L'utilisateur pourrait alors cliquer sur chaque zone et voir à l'intérieur de chacune les plantes géolocalisées par l'intermédiaire des photos prises d'années en années. Le concours de ces deux outils permettrait aux éleveurs d'inscrire par eux-mêmes les parcelles de leur exploitation pouvant bénéficier du label.

L'objectif à terme serait qu'ils puissent devenir les gestionnaires de ces zones et d'ainsi attirer des utilisateurs passionnés qui se chargeraient de l'animation. Tout l'intérêt serait de mettre en lien les consommateurs avec les agriculteurs. En effet, la plateforme donnerait les outils pour valoriser les productions de l'exploitation avec une contextualisation marquée de l'importance des Zones Humides, permise par toutes les autres catégories de l'application.

Cet outil en particulier, avec l'établissement de zones faisant apparaître sur carte les plantes bio-indicatrices identifiées d'années en années, sera sans doute plus confortable sur ordinateur que sur smartphone. Cet aspect devra donc probablement être retravaillé pour s'adapter à cet autre support. Là encore, nous entrons dans des considérations techniques qui seront pleinement pertinents dans le cadre de la mise en pratique.

## Conclusion

En conclusion, nous avons commencé par compiler toutes les informations autour des Zones Humides du PNR Scarpe-Escaut. L'histoire qui a fait de ces milieux des espaces menacés. Leurs intérêts hydrauliques, agricoles et écologiques mis en avant par les différentes études ainsi que par le concours des éleveurs ; le tout accompagné par le PMAZH. À ce titre, nous avons vu la volonté politique de valoriser les Zones Humides, ce qui passe par l'association de plusieurs acteurs et par l'intégration du PNR Scarpe-Escaut comme 50<sup>e</sup> site de la convention Ramsar. Par ailleurs, nous sommes en mesure d'identifier et de délimiter ces milieux par l'intermédiaire de protocoles précis définis dans le code de l'environnement. C'était l'occasion d'apprécier les différentes espèces de la flore et de la faune d'intérêt général, à protéger, que l'on ne trouve que dans ces écosystèmes.

Ensuite, avant de nous soucier de vendre le Deep Learning comme solution aux problématiques formulées dans la première partie de cette étude, nous nous sommes attachés à définir cette technologie. Nous avons notamment vu le niveau d'avancement de ces nouveaux programmes d'auto-apprentissage, comme nous avons pu constater jusqu'à quel point ces derniers étaient déjà intégrés dans le monde agricole ; suivant le rapport d'Agrotic sur la question. Ce bilan prémâché nous a permis d'identifier les solutions déjà apportées par le Deep Learning, déjà capable de distinguer les adventices et d'accompagner les équipements mécaniques dans la gestion des parcelles, que ce soit pour prévenir les maladies que pour économiser l'administration des traitements phytosanitaires. Seulement, cela nous a aussi permis de relever les limites de cette technologie ainsi que les difficultés à intégrer pour la mettre en place. En effet, celles-ci passent par la constitution d'un jeu de données plus ou moins considérables suivant la complexité de l'opération recherchée. Et en agriculture, ce degré de complexité se joint à des réalités quantitatives et qualitatives, que ce soit par le nombre d'espèces végétales faramineux ou par les multiples subtilités qui caractérisent l'identification d'une plante et sa distinction par rapport à une autre.

Dans le contexte de réalisation d'un projet d'application de reconnaissance de plantes bio-indicatrices en Zones Humides, les promesses d'un tel logiciel d'auto-apprentissage sont aussi grandes que compliquées à mettre en place. Pour cette raison, l'alternative qui m'apparaît la plus réaliste et d'initier un partenariat avec un organisme déjà expert de la question, à savoir [Pl@ntnet](mailto:Pl@ntnet). Plusieurs solutions peuvent permettre d'alléger le coût que pourrait entraîner cette collaboration. Si celle-ci n'est pas possible, il faudra prendre en compte que j'aurai besoin d'être plus formé à ces technologies spécialisées ou du moins, d'être accompagné pour mettre au point une solution en

interne, ce qui prendra forcément plus de temps, avec un facteur risque à intégrer. Au-delà de ces deux alternatives, l'hypothèse de la réalisation de l'application suppose de dynamiser l'environnement autour d'elle pour l'exploiter au mieux. En effet, cette application ne saurait-être autre chose qu'un support aux initiatives que les différents acteurs pourraient prendre afin de mieux valoriser les Zones Humides sur le territoire.

En dépit de ces difficultés, je persiste à penser que ce projet peut contribuer à répondre de manière efficace aux problématiques posés en introduction. En effet, outre les outils de Deep Learning évoqués, l'arborescence de l'application peut être développée de telle manière à vulgariser les connaissances sur ces milieux que ce soit pour accompagner les agriculteurs gestionnaires des prairies humides dans le cadre du PMAZH, que pour sensibiliser les visiteurs à la nécessité de protéger les Zones Humides et de favoriser les modes de production les respectant. À ce titre, l'inscription du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut comme 50<sup>e</sup> site Ramsar me semble être une formidable base pour accentuer le rayonnement du territoire. Tout l'enjeu de l'application serait de réfléchir à un moyen de tisser un lien entre les éleveurs et les consommateurs afin de donner plus de visibilité à un label spécifique aux productions respectueuses des prairies humides. Un exercice de communication qui m'apparaît parfaitement abordable, dans la mesure où l'incitation à une agriculture extensive des prairies humides fait écho à autant de labels qualitatifs ayant déjà fait leurs preuves sur le marché. L'application pourrait alors servir à valoriser une agriculture d'excellence, sensibilisée aux questions environnementales aujourd'hui incontournables dans la société contemporaine. C'est sans parler que l'application aurait le potentiel d'aider l'agriculteur à identifier par lui-même les prairies humides présentes dans son exploitation et d'attirer des animateurs passionnés qui participeraient à la mise en valeur de leurs modes de production, sans que ce travail ne demande de trop s'investir.

L'avantage que je vois à cette application, c'est sa pérennité. En effet, sa mise en place permettrait de soulager les acteurs du PMAZH dans l'accompagnement des éleveurs, en plus de représenter une vitrine de communication parfaite si le système de jeu et les réseaux sociaux réussissent le pari d'entretenir une communauté assez importante sur la durée. En l'état, le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut comporte pas moins de 5500 ha de prairies humides. Celles-ci tiennent à des exploitants qui se renouvellent au fil des années. En cela, il nécessite bien moins d'efforts d'initier un nouvel éleveur à une application que de l'informer de zéro aux intérêts des Zones Humides, aux complexités de l'identification des plantes bio-indicatrices, aux programmes mis en place, etc. Il

serait en outre motivé par la promesse d'une meilleure visibilité auprès des consommateurs, sans parler qu'il profiterait à terme d'un label ayant fait ses preuves et permettant de mieux se rémunérer.

Maintenant, la mise en place d'un logiciel d'identification et de délimitation des Zones Humides par l'automatisation des protocoles détaillés dans le code de l'environnement sur fond de Deep Learning – soit sur des images satellites, soit sur des images prises par drones – demande d'être éprouvé par des mises en pratique. L'état de l'art technique ne permet pas d'affirmer si cette solution technique est possible. Pour cette raison, je tiens à rester prudent sur la question. Reste que les bénéfices amenés par cette perspective me semblent dignes d'intérêts. Sans doute cette réponse demande-t-elle d'utiliser le Deep Learning en lien avec d'autres technologies, comme on a pu le voir avec le machinisme. En AgTech, il existe de nombreux types de capteurs dans le monde des objets connectés. Nous avons vu qu'une zone humide pouvait être identifiée et délimitée par des analyses de sol. Des capteurs d'humidité dans le sol seraient-ils des pistes envisageables ? Dans l'idéal, en complément de cette étude de faisabilité qui n'a pu intégrer d'autre prototype que des programmes informatiques, il pourrait être intéressé de réaliser une étude de mise en pratique sur une parcelle donnée afin d'apprécier avec plus d'exactitude les possibilités et les investissements que peuvent comprendre ce projet d'application de reconnaissance de plantes en Zones Humides sur Android.

## **Pour aller plus loin**

### **Exemples d'applications de reconnaissance de plantes**

- [Seek par Inaturalist](#)
- [Pl@ntnet](#)
- [Ecobalade](#)
- [Garden Answers](#)
- [Picture This](#)
- [Flower Checker](#)

### **Documentation agronomique**

- [Rapport du WWF sur les Zones Humides](#)
- [Les prairies humides ou inondables | Observatoire biodiversité Centre](#)
- [Convention Ramsar](#)
- [Fiche Zones Humides | pole zhi](#)
- [Les prairies humides de la plaine Scarpe-Escaut | PNR Scarpe-Escaut](#)
- [Les prairies humides | Chambre d'agriculture](#)
- [Les actions des chambres d'agriculture Hauts-de-France | Chambre d'agriculture](#)
- [Les Zones Humides | Chambre d'agriculture](#)
- [Critères de définition et de délimitation des Zones Humides | legifrance](#)
- [Critères d'identification relatifs aux plantes hygrophiles](#)
- [Géohistoire des Vallées de la Scarpe et de l'Escaut | PNR Scarpe-Escaut](#)
- [Guide des végétations des Zones Humides du Nord-Pas de Calais](#)
- [Les vallées de la Scarpe | Zones Humides](#)
- [Inscription du PNR Scarpe-Escaut à la convention Ramsar | PNR Scarpe-Escaut](#)
- [Les sites Ramsar en France](#)
- [Intégration de la vallée de la Scarpe aux sites Ramsar | SNPN](#)
- [Site des Vallées de la Scarpe et de l'Escaut](#)
- [Site des Vallées Scarpe/Escaut](#)
- [Intérêts des prairies humides pour l'agriculture](#)
- [Les messicoles | PNR Scarpe-Escaut](#)
- [Les mares en Scarpe/Escaut | PNR Scarpe-Escaut](#)

- [MAEC : Les nouvelles mesures agro-environnementales et climatiques de la PAC](#)
- [Les MAEC | Chambre d'agriculture](#)
- [Eligibilité MAEC | Chambre d'agriculture](#)
- [Démarches MAEC | Chambre d'agriculture](#)

## **Documentation technique**

- [Deep Learning et agriculture | Agrotic](#)
- [Projet plant-detection | Farmbot](#)
- [Installation programmes/modules | plantcv](#)
- [Application Pl@ntnet avec API en onglet](#)
- [Le Deep Learning pas à pas : les concepts \(1/2\)](#)
- [Le Deep Learning pas à pas : l'implémentation \(2/2\)](#)
- [Réseaux de neurones en partant de zéro en Python](#)
- [Implémenter un réseau de neurones avec Keras](#)
- [Librairie NumPy](#)
- [Quantitative Plante](#)
- [S'initier au Machine Learning](#)
- [Construire un modèle statistique](#)
- [TensorFlow, créer et entraîner un modèle, les bases](#)
- [LifeCLEF 2019 Plant](#)
- [Pre-trained PlantCLEF models](#)
- [Overview of ExpertLifeCLEF 2018](#)
- [Webinar PlantCV sur YT](#)
- [Farmbot France](#)
- [Presse | Farmbot](#)
- [Tutoriel pour identifier les objets avec une caméra de Smartphone](#)
- [Introduction autour du deep learning et son application aux IoT - Partie 1](#)
- [Introduction autour du deep learning et son application aux IoT - Partie 2](#)
- [Introduction autour du deep learning et son application aux IoT - Partie 3](#)
- [Initiation au Machine Learning avec Python - La théorie](#)
- [FlowerChecker](#)
- [Plant identification | Plant.id](#)
- [Deep Learning with Python, TensorFlow, and Keras tutorial](#)

- [Tutoriel Tensorflow](#)
- [TensorFlow par BackProp](#)
- [Tensorflow pour les débutants](#)
- [Basic classification: Classify images of clothing](#)
- [Tutoriel Matplotlib](#)
- [Débuter avec Keras](#)
- [Commencer avec keras](#)
- [Keras – tutoriel](#)
- [Tutoriel pour apprendre NumPy](#)
- [Démarrer avec Numpy/Scipy/Matplotlib](#)
- [Cours Openclassroom pour créer une IA de reconnaissance visuelle en Deep Learning en mode supervisé](#)

### **Autres ressources**

- (Dir.) Alexis Joly, Stefanos Vrochidis, Kostas Karatzas, Ari Karppinen, Pierre Bonnet, *Multimedia Tools and Applications for Environmental & Biodiversity Informatics*, Multimedia Systems and Applications, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018.