

Diagnostic du sol d'une ferme de Terre de Liens

L'association Terre de Liens, née en 2003, agit dans une optique de **sauvegarde des terres agricoles** françaises. En effet, l'équivalent en surfaces agricoles d'un **département disparaît tous les sept ans** et le prix des parcelles a augmenté de **plus de 40% en 10 ans**, rendant moins accessibles les terres aux jeunes agriculteurs.

Terre de Liens a besoin de développer un outil pour:

- Déterminer l'**Utilité Sociétale et Environnementale** des fermes de Terres de Liens
- Mesurer les effets à long terme des mesures mises en place par le **Bail Rural Environnemental**, dans le domaine environnemental et le domaine social

Domaine environnemental

Réalisé par l'ENSAIA

Domaine social

Réalisé par ESO Caen et Lycée agricole de Coutances

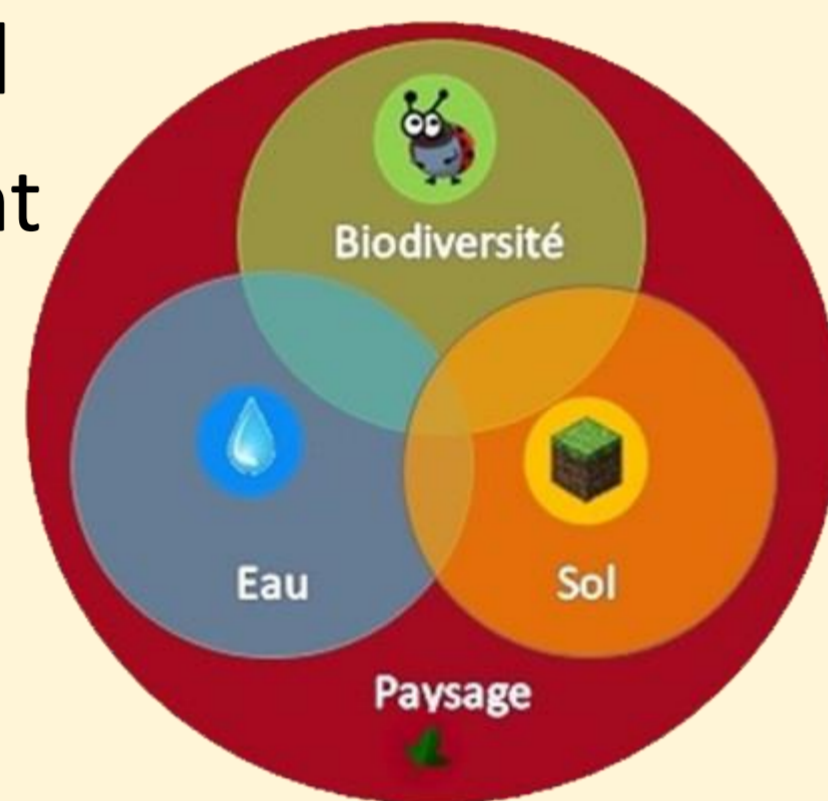
2011

2012

Aujourd'hui

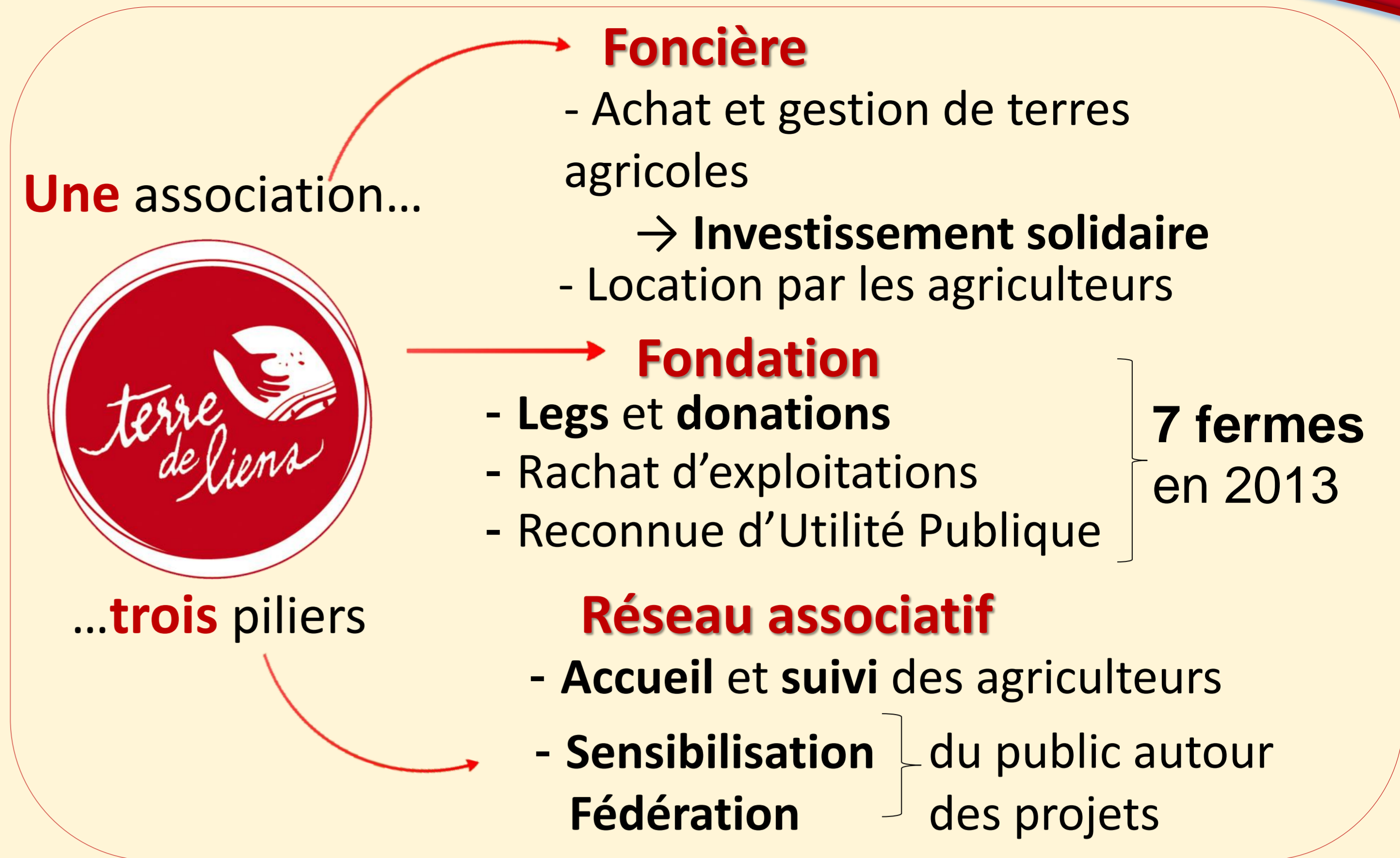
L'outil **agro-environnemental** est décliné en **indicateurs** suivant **quatre catégories** :

Sol, Eau, Biodiversité, Paysage



Dans chacune des catégories, chaque indicateur est représenté par **deux fiches** (1) dans le **manuel** description de l'indicateur (2) **de terrain** qui décrit le protocole.

Le groupe 2013/2014 s'est concentré sur la **finalisation des fiches de la catégorie sol.**



Fiche terrain	Fiche manuel
Nom de la fiche	Nom de la fiche
Description de la méthode	Description de l'indicateur
↳ Matériel :	Description de la méthode
↳ Protocole :	↳ Matériel :
	↳ Estimation du temps :
	Interprétation des résultats
	↳ Interprétation des données obtenues
	↳ Piste de réflexion :
	↳ Disponibilité/accès à la base de données
	↳ Sources

Les différentes étapes du diagnostic du sol d'une ferme

1 Réalisation de l'esquisse par les membres référents de l'association

- ✓ **Premières analyses** sur le terrain par les **référents de TDL**:
 - observation du paysage, analyse topographique et géologique
 - choix des 12 sites d'observations et une fosse
 - prélèvement d'un échantillon par fosse
- ✓ **Envoi des échantillons** au laboratoire.

2 Les analyses de terres (réalisées par un laboratoire)

- ✓ Préparation des échantillons **au laboratoire**:
 - séchage des échantillons
 - tamisage à 2mm de diamètre
- ✓ Détermination de la **granulométrie**, du **pH**, de la **CEC** (Capacité d'Echange Cationique), de la quantité de **matière organique** dans le sol ainsi que des cations échangeables et du phosphore disponible **au laboratoire**.
- ✓ **Renvoi des résultats** à TDL.

3 Analyse de terrain avec les bénévoles

Les **bénévoles** participent au diagnostic environnemental de la ferme en utilisant les fiches indicatrices **avec l'aide d'un référent de Terre de Liens**.

Création de différents ateliers:

1. Fosse pédologique

Fiches à utiliser:

- Structure
- Texture
- Erosion
- Compacité
- Profondeur Racines
- pH
- Eau dans le sol



2. Atelier vers de terre



Fiches à utiliser:

- Vers de terre

Les vers de terre sont un atout de taille pour la santé du sol.

3. Atelier plantes bio indicatrices

Fiches à utiliser:

- Plantes bio indicatrices

Les « mauvaises herbes » renseignent sur l'état physique et chimique du sol.



4 Mise en page des résultats d'analyse et restitution au public:

- ✓ Regroupement de toutes les analyses
- ✓ **Interprétation** des résultats de labo et du terrain.
- ✓ **Publication** des résultats lors de réunion TDL avec **les bénévoles** et **actionnaires** ou ouverte **au public**.



Dimension pédagogique: accueil possible de **groupes scolaires** et **touristes** intéressés pour l'élaboration du diagnostic

PROJET PROFESSIONNEL

Projet 13 Terre de Liens Lorraine

L'association Terre de Liens œuvre pour faciliter l'accès à la terre agricole. Plus spécifiquement, l'association, via un système de financement, lutte pour la sauvegarde des terres agricoles, en prêtant particulièrement attention à la conservation d'un environnement durable, et en encourageant la pratique de l'agriculture biologique. Comme dans tout système de location, il est nécessaire de mettre en place un bail. L'association Terre de Liens a choisi de mettre en place un Bail Rural Environnemental (BRE), mesure créée par le ministère de l'Environnement via une loi d'orientation agricole datant de 2006. Le BRE comporte des clauses particulières quant à la conservation d'un environnement sain et durable pendant la durée de l'exploitation des terres. Pour élaborer ce BRE, Terre de Liens a souhaité se doter d'un outil de diagnostic de l'utilité sociale et environnementale de ses fermes. Dans ce cadre, depuis trois ans, différents projets professionnalisants ont travaillé à l'élaboration de la partie agro-environnementale de cet outil pour aboutir à un recueil de fiches outils regroupées suivant quatre grandes catégories ; Eau, Sol, Paysage et Biodiversité. Ce sont ces quatre thèmes, précédés d'une présentation plus poussée de l'association Terre de Liens qui sont ici présentés. Le projet 2013-2014 a pour but de terminer les fiches déjà créées les années précédentes afin de rendre un outil finalisé, et de les tester sur une ferme Terre de Liens Lorraine, et sur la ferme expérimentale de l'ENSAIA, la Bouzule.

Sarah BOGGIO-POLA
Mina CHARNAUX
Justine LAISEMENT
Krystof MICHALSKY
Hélène PITHON

Tuteurs :
Catherine SIRGUEY
Pierre LEGLIZE



SOMMAIRE

PARTIE 1 - L'ASSOCIATION TERRE DE LIENS : CONTEXTE ET PRESENTATION 1

I. DISPARITION DES TERRES AGRICOLES.....	1
1. <i>L'abandon des terres agricoles</i>	1
2. <i>L'artificialisation des sols</i>	2
II. TERRE DE LIENS : UNE ASSOCIATION ENGAGEE AUPRES DE L'AGRICULTURE	3
1. <i>L'association Terre de Liens</i>	3
2. <i>Mode d'action de l'association</i>	4
3. <i>Terre de Liens Lorraine</i>	5

BIBLIOGRAPHIE/WEBOGRAPHIE..... A

PARTIE 2 - LES INDICATEURS DE PAYSAGE..... 6

I. LA NOTION DE PAYSAGE AGRICOLE.....	6
1. <i>Un paysage modelé par la nature</i>	6
2. <i>Et remodelé par l'activité humaine</i>	6
II. LES INDICATEURS DU PAYSAGE	7
1. <i>Etude de la topographie et géologie des terrains</i>	7
2. <i>La présence de haies</i>	7
3. <i>La présence de forêt, d'arbres isolés et/ou remarquables</i>	8
4. <i>La présence de bandes enherbées</i>	8
5. <i>La présence de mares</i>	9
6. <i>Les perturbations humaines</i>	9
III. QUELLE FIABILITE ET QUELLE REFERENCE POUR CES INDICATEURS ?	9

BIBLIOGRAPHIE/WEBOGRAPHIE..... B

PARTIE 3 - BIODIVERSITE 11

I. LA BIODIVERSITE : GENERALITES	11
1. DEFINITION	11
2. LA BIODIVERSITE A L'ECHELLE PLANETAIRE	11
3. LA BIODIVERSITE EN FRANCE	12
II. LA BIODIVERSITE ET L'AGRICULTURE	13
1. LES IMPACTS NEFASTES DE L'AGRICULTURE SUR LA BIODIVERSITE	13
2. LA BIODIVERSITE : UN ATOUT MAJEUR DE L'AGRICULTURE	13
III. LES INDICATEURS DE BIODIVERSITE.....	13

BIBLIOGRAPHIE/WEBOGRAPHIE..... C

PARTIE 4 - L'EAU, INDICATEUR ECOLOGIQUE 15

I. LES FORMES DE L'EAU SUR LES FERMES	15
1. <i>Les eaux de surface</i>	15
2. <i>Les eaux souterraines</i>	16
II. IMPACTS DE L'ACTIVITE AGRICOLE SUR L'EAU	16
1. <i>Impacts sur la quantité d'eau disponible</i>	16
2. <i>Impacts sur la qualité de l'eau</i>	16

III. QUELS INDICATEURS METTRE EN ŒUVRE POUR LE DIAGNOSTIC DE LA FERME	17
1. <i>Les composants de l'eau</i>	17
2. <i>Les paramètres physico-chimiques</i>	17
<i>Conclusion</i> :	17

BIBLIOGRAPHIE/ WEBOGRAPHIE..... D

PARTIE 5 - LE SOL..... 18

I. DEFINITION DU SOL	18
1. <i>Constituants du sol</i>	18
2. <i>Facteurs de la pédogenèse</i>	18
3. <i>Importance du sol : deux services écosystémiques</i>	19
II. PROPRIETES DU SOL LIEES AVEC LA CULTURE DE VEGETAUX	20
1. <i>Propriétés physiques</i>	20
2. <i>Propriétés chimiques</i>	21
3. <i>Propriétés biologiques : la biomasse microbienne du sol</i>	21
III. EVOLUTION DE L'AGRICULTURE AU XXE ET XXIIE SIECLE ET CONSEQUENCES SUR LE SOL	22
1. <i>Brève description de l'agriculture du XXe/XXIe siècle</i>	22
2. <i>Impacts et conséquences sur le sol</i>	22
3. <i>Solutions alternatives à cette agriculture</i>	22

BIBLIOGRAPHIE/WEBOGRAPHIE..... E

Partie 1

L'association Terre de Liens : contexte et présentation

L'association Terre de Liens est née en 2003, dans un contexte où les surfaces agricoles étaient en constante diminution depuis les années 60. Son but : éviter la disparition de ces dernières tout en promouvant un usage écologique et responsable, via la location de terres aux agriculteurs et un réseau associatif actif. Pour quelles raisons une telle association a-t-elle vu le jour, et comment s'organise-t-elle pour répondre à ces objectifs ? C'est ce que nous allons voir dans cette partie.

I. Disparition des terres agricoles



Figure 1 : L'usage des sols se transforme, (d'après La Tribune Infographie)

La disparition des terres agricoles est devenue en l'espace d'une dizaine d'années un réel problème en France. Près de 9% du territoire français est urbanisé, soit environ 4,9 millions d'hectares [1], et ce au dépens des terres agricoles (voir figure 1) : 26m² disparaissent chaque secondes d'après une étude des Jeunes Agriculteurs [2], ce qui tendrait à correspondre à un département tous les 7 ans [3].

1. L'abandon des terres agricoles

Dans les années 80, de nombreux experts imputaient le recul de la Surface Agricole Utile (SAU, voir figure 2) à l'abandon des terres agricoles par les exploitants [4]. Ce phénomène est toujours observable en 2013, car le métier d'agriculteur est parfois synonyme de difficultés (tous les deux jours, un agriculteur se suicide en France [5]), qui se traduisent par diverses pressions.

Des pressions économiques et financières tout d'abord, car l'agriculture est aujourd'hui devenue un système de production comme les autres : toute entreprise cherche à maximiser son profit et augmenter sa rentabilité, il en est de même aujourd'hui avec l'exploitation agricole. De plus, l'activité agricole est devenue dépendante des marchés financiers pour fixer les prix des matières premières (blé, soja, lait), ce qui a donné naissance à de nouvelles contraintes.

Des pressions administratives ensuite, notamment à cause des nouvelles politiques de traçabilité (au niveau du produit comme au niveau des conditions environnementales de production) et des politiques d'aides européennes, nécessitant toutes deux un travail lourd et parfois écrasant [6].

L'isolement enfin, car l'agriculteur travaille fréquemment sur son lieu de vie (travail qui peut s'avérer prenant), où l'on retrouve 1 à 3 personnes seulement en général [6].

De plus, la spéculation foncière s'est développée à grande vitesse, imposant ainsi des prix des terres plus élevés que leur valeur productive. Ainsi, non seulement les terres agricoles sont abandonnées, mais un faible renouvellement est observé car les jeunes agriculteurs ont plus de mal à s'installer [7].

Et c'est à ces différents niveaux, pour tenter de pallier ces problèmes, que Terre de Liens va proposer un modèle de d'achat et de gestion alternatif du foncier agricole, et suggérer un autre système de production ne se voulant pas exclusif mais complémentaire.

2. L'artificialisation des sols

La disparition des terres agricoles ne peut être imputée qu'à leur seul abandon. Un autre facteur, très voire plus important, entre en ligne de compte : l'artificialisation des sols.

En effet, l'urbanisation en France n'a cessé d'augmenter ces dernières années. La population a augmenté de 40% en 50 ans [1], entraînant une demande croissante de logements. S'ajoute à cela une augmentation du « besoin » d'espace par habitant : selon l'INSEE, la surface habitable par logements a été multipliée par 2,3 de 1968 à 2007. La volonté de maisons individuelles (avec pelouse et jardins) a elle aussi entraîné un étalement urbain, renforcé par le besoin inhérent de création d'axe routier. Entre 1992 et 2004, l'habitat individuel a représenté à lui seul 50% de la consommation d'espace, soit 37 fois plus que l'habitat collectif et 2,8 fois plus que le développement du réseau routier [8]. Et c'est en périphérie urbaine que l'on trouvera les logements les moins coûteux...

D'autre part, le développement des activités économiques a entraîné une demande elle aussi croissante d'espace : on voit apparaître de nombreuses ZAC (Zone d'Aménagement Concerté) ou ZI (Zones Industrielles), s'installer en zone péri-urbaine du fait de l'attractivité des prix.

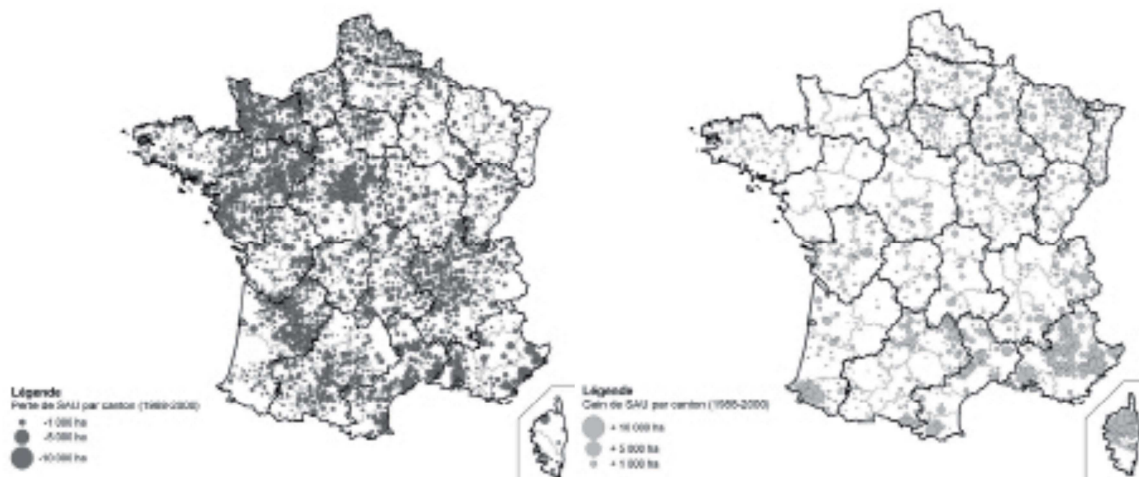


Figure 2 : Evolution de la SAU par canton en France 1970 – 2000 (Source : Recensement agricole)

Ainsi, on a pu constater que la disparition des terres agricoles était un réel problème en France. On peut donc se demander : en quoi l'association Terre de Liens va-t-elle apporter une alternative à ce problème ?

II. Terre de Liens : une association engagée auprès de l'agriculture

1. L'association Terre de Liens

L'association Terre de Liens, créée en 2003, est née de la fusion de plusieurs associations, chacune apportant sa spécificité. Elle est aujourd'hui séparée en trois entités aux actions distinctes.

La première structure correspond à la Foncière, qui achète et gère des terres agricoles sous forme d'investissements solidaires. Les actionnaires placent de l'argent dans des projets écologiques et sociaux, qu'ils peuvent ensuite suivre grâce à la composante associative. Les terres sont ensuite louées à des agriculteurs s'engageant à suivre une agriculture respectueuse de l'environnement [9]. Cette entité est soutenue par la Nef, une « société coopérative de finances solidaires », c'est-à-dire une banque coopérative où les épargnes et les prêts (des particuliers, associations, entreprises...) sont utilisés pour financer des projets sociaux et/ou environnementaux [10].

La seconde entité de l'association est le Réseau associatif, qui a pour but l'accueil et le suivi des paysans, la sensibilisation et la fédération du publique autour des projets. Elle s'occupe par ailleurs du développement de nouvelles structures internes, comme cela a été fait avec la Foncière (2006) et la Fondation (2013). Elle se divise en deux branches, nationale et régionale (19 associations) [11].

La dernière structure correspond à la Fondation, qui reçoit les legs et donations de fermes et qui se charge du rachat d'exploitations dans une optique de sauvegarde des terres agricoles [12]. Elle possède le statut légal de Fondation Reconnue d'Utilité Publique (FRUP), réunissant des fondateurs se fixant de réaliser une œuvre d'intérêt général sans but lucratif via la gestion de ressources ou de biens^[13]. La Fondation Terre de Liens a acquis sept fermes sous forme de donations, et possédait en mai 2013 un capital d'un millions d'euros (dont 50% correspond à la valeur des fermes) [12].

2. Mode d'action de l'association

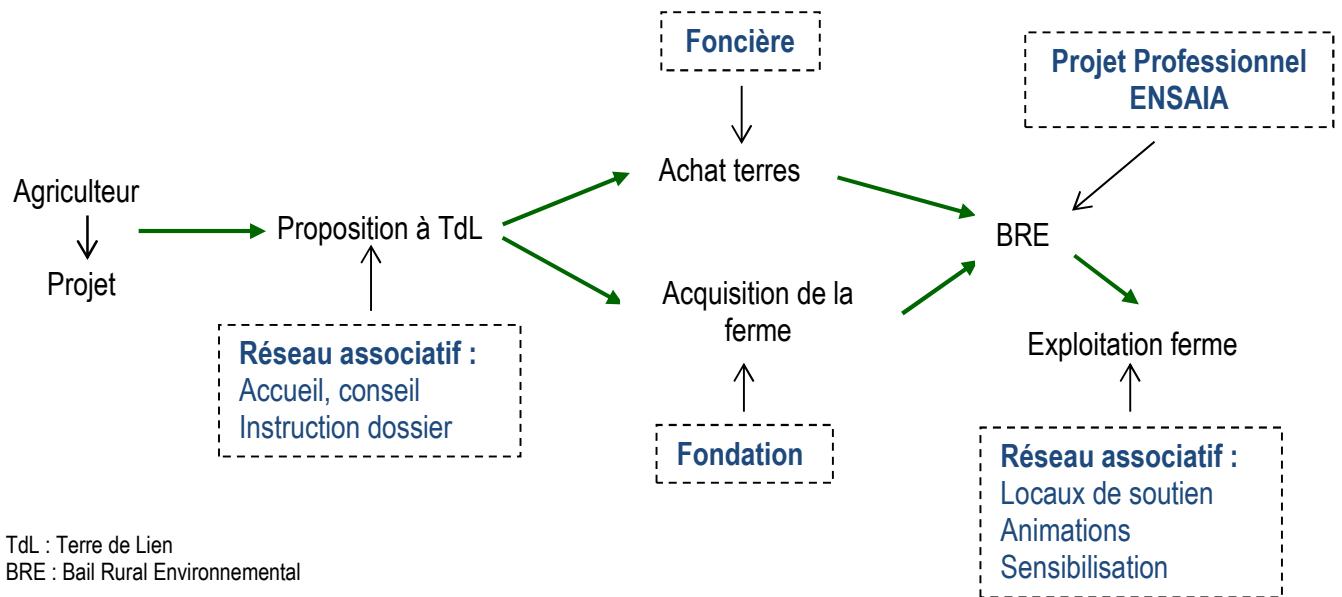


Figure 3 : Schéma d'un parcours simplifié

Prenons l'exemple de l'exploitation étudiée pendant ce projet professionnel : Sébastien Zehnacker, aujourd'hui reconverti dans le maraichage, après avoir muri son projet pendant quatre ans décide de chercher des terres pour implanter son activité. Il propose son dossier à Terre de Liens fin 2011, qui l'accompagne pendant deux ans dans son installation. L'association achète (via la Foncière) les terres agricoles pour un montant total de 160 000 € [14], l'achat des bâtiments agricoles et du matériel étant à charge de l'exploitant. La collecte auprès des citoyens est encore en cours, avec à ce jour 71 personnes qui se sont mobilisées et ont investi dans des actions. En parallèle, des actions ont été mises en place par le réseau associatif, notamment une visite de la ferme et un chantier participatif en juin 2013 [15]. Grâce à Terre de Liens, Mr Zehnacker a pu commencer son activité en réduisant son endettement, ce qui lui permet de penser à d'autres projets comme la création d'une AMAP ou l'aménagement d'une boutique à la ferme. Étant locataire, il doit toutefois verser un loyer mensuel à Terre de Liens.

Chaque projet s'inscrit dans une logique territoriale, et pour ce fait le réseau associatif possède des branches régionales en complément de la branche nationale. Le projet présenté, implanté à Pierre-La-Treiche en Meurthe-et-Moselle, dépend donc de Terre de Liens Lorraine. Quelles sont les spécificités de cette association régionale ?

3. Terre de Liens Lorraine

La composante régionale Lorraine est très active : outre de nombreux prix (Lauriers 2011 de la Fondation de France, Trophée 2012 de l'agriculture durable, Diplôme de l'engagement solidaire 2013 de la Fondation de France), elle a mis en place un système d'annonces (vente/appel à projet) sur son site ainsi que des ateliers d'animations. Trois projets sont actuellement soutenus en Lorraine : la Ferme du bois Nathan depuis 2010 (146 ha, vaches laitières bio), l'Arpent vert depuis 2012 (2 ha, maraichage bio) et enfin la Ferme de la Chaudeau, sur laquelle porte ce projet professionnel^[15].

La Ferme de la Chaudeau (voir figure 4) a été acquise en 2013. Cette ancienne exploitation, abandonnée depuis la tempête de 1999, représente 3,66 hectares qui sont destinés à accueillir du maraichage bio : légumes variés, fraises et safran sont prévus. Trois serres sont en construction pour les accueillir.



Figure 4 : Ferme de la Chaudeau, (Source : Géoportail)

C'est sur ces terres que les fiches mises en place par le groupe précédent en 2012/2013 vont être testées, tant au niveau du sol et de l'eau qu'au niveau de la biodiversité et du paysage. Ces différents thèmes sont abordés dans les autres parties de ce projet.

Bibliographie/Webographie

[1]. Commissariat Général du Développement Durable – Service de l'Observation des Statistiques, 2012. Urbanisation et consommation de l'espace, une question de mesure. Collection « La Revue », 101p, disponible en ligne : <http://www.lesenr.fr/actualites/537-etalementurbainvuepar15experts.html>

visité le 10/12/13

[2]. Momagri, 2012. Chiffres clés de l'agriculture http://www.momagri.org/FR/chiffres-cles-de-l-agriculture/Chaque-jour-plus-de-220-hectares-de-terres-agricoles-disparaissent-en-France-soit-l-equivalent-de-4-exploitations-moyennes_1057.html

visité le 11/01/14

[3]. Laugier R., 2012. *L'étalement urbain en France, Synthèse documentaire*. Centre de Ressources Documentaire Aménagement Logement Nature, 23p, disponible en ligne : http://www.cdu.urbanisme.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Synthese_Etalement_Urbain2012.pdf

visité le 11/01/14

[4]. Pointereau P., Coulon F., 2009. *Abandon et artificialisation des terres agricoles*. Courrier de l'environnement de l'INRA, n°57

[5]. Institut de Veille Sanitaire, 2013. *Surveillance de la mortalité par suicide des agriculteurs exploitants : premiers résultats*. Communiqué de presse, disponible en ligne : <http://www.invs.sante.fr/Espace-presse/Communiqués-de-presse/2013/Surveillance-de-la-mortalité-par-suicide-des-agriculteurs-exploitants-premiers-résultats>

visité le 13/12/13

[6]. Benjamin A., 2013. *Un suicide tous les 2 jours chez les agriculteurs : "L'isolement est l'une des causes"*. MyTF1News <http://ci.tf1.fr/france/societe/un-suicide-tous-les-deux-jours-chez-les-agriculteurs-on-ne-decouvre-8288604.html>

visité le 13/12/13

[7]. Terre de Liens, 2013. *Constater l'effritement*. <http://www.terredeliens.org/constater-l-effritement>

visité le 14/01/14

[8]. Bisault L., 2009. *La maison individuelle grignote les espaces naturels*. Agreste Primeur, 210

[9]. Terre de Liens, 2013. *La Foncière*. <http://www.terredeliens.org/la-fonciere>

visité pour la dernière fois le 14/01/14

[10]. La Nef, Société coopérative de finances solidaires, 2006. *Qui sommes-nous*. <http://www.lanef.com/quisommesnous/introduction.php>

visité le 06/12/13

[11]. Terre de Liens, 2013. *Le réseau associatif*. <http://www.terredeliens.org/le-reseau-associatif>

visité pour la dernière fois le 14/01/14

[12]. Terre de Liens, 2013. *La Fondation*. <http://www.terredeliens.org/la-fondation>

visité pour la dernière fois le 14/01/14

[13]. Service Public, 2012. *Fondation reconnue d'utilité publique*. <http://vosdroits.service-public.fr/associations/F31023.xhtml>

visité le 06/12/13

[14]. Terre de Liens Lorraine. <http://tdllorraine.canalblog.com/>

visité pour la dernière fois le 14/01/14

Partie 2

Les indicateurs de paysage

Dans le cadre du projet, il nous a été demandé de travailler à la création d'un outil permettant de caractériser les territoires des exploitations agricoles de l'Association Terre de Liens. Il s'agit en fait lors de l'acquisition d'une terre par l'association de mettre en place un système permettant de qualifier l'état des terres, de l'environnement et du patrimoine présents sur l'exploitation, afin de faire un état des lieux précis noté sur le Bail Rural Environnemental (BRE), document contractuel entre l'association Terre de Liens et l'agriculteur. Pour ce faire, les étudiants des années précédentes ont créé des fiches regroupant des indicateurs qui peuvent se regrouper en quatre thèmes principaux : Sol, Eau, Biodiversité et Paysage. Dans cette partie il s'agira de travailler sur les indicateurs du paysage.

Le paysage peut être défini de la façon suivante : «étendue spatiale, naturelle ou transformée par l'homme, qui présente une certaine identité visuelle ou fonctionnelle» [1]. Il existe de nombreux types de paysages ; urbains, industriels, naturels ou encore agricoles, le dernier type étant celui que l'on étudiera ici. Dans un premier temps, il s'agira d'expliquer le rôle de chaque indicateur choisi pour qualifier le paysage de l'exploitation : topographie/géologie des terrains, haies, forêt/arbres isolés et/ou remarquables, bandes enherbées, mares, perturbations humaines. Dans un deuxième temps, il s'agira de montrer que le diagnostic de paysage est difficile à analyser d'une manière quantifiée, et que l'on manque de référence -quant aux paysages agricoles biologiques et durables.

I. La notion de paysage agricole

1. Un paysage modelé par la nature

A la base d'un paysage se trouve le sol, et particulièrement sa topographie. Le relief est un caractère essentiel dans la détermination du type de paysage (plaine, plateau, colline...), et peut surtout être un facteur important dans l'utilisation qui va être faite des terres (grandes cultures en plaine, vergers et vignes sur les coteaux, foresterie sur les plateaux...). La première description d'un paysage passe donc par un élément visuel, que l'on peut traduire grâce à une carte IGN par des altitudes précises. Ce relief est le résultat d'un modelage induit par la géologie des sols. En effet les roches mères constituantes des sols primaires, selon le climat, le vent, les ruissellements d'eau auxquelles elles sont soumises s'altèrent plus ou moins, donnant des reliefs proéminents ou au contraire des reliefs en creux. Selon le type de sols, on peut s'attendre à rencontrer certains reliefs ; des sols composés d'argiles ou de marnes auront tendance à être facilement creusés par le vent et les pluies, alors que des roches comme le granit ou le marbre seront à l'origine de relief positifs (montagnes, collines, butes).

2. Et remodelé par l'activité humaine

Quand on qualifie un paysage de naturel, l'est-il vraiment ? En effet, peu de surface en France peuvent être réellement qualifiées de naturelles, car l'homme a énormément transformé les territoires français, en commençant par des déforestations massives (perte de 75% de la surface en forêt au XIXème siècle [2]), une urbanisation majeure au XXème siècle et actuellement une périurbanisation, mais surtout la mise en culture d'une énorme partie du territoire français (54% du territoire). Au niveau des exploitations agricoles, comme celles que l'association Terre de Liens peut être amenée à rencontrer, il s'agit majoritairement de modifications liées à une amélioration des techniques de culture ou d'élevage. On peut citer par exemple les opérations de remembrement qu'ont connu de nombreuses régions

françaises ; les petites parcelles d'antan sont rassemblées en de plus en plus grandes parcelles, les chemins et haies disparaissant au fur et à mesure, ce qui a fortement bouleversé les paysages comme par exemple en Lorraine où les haies ont complètement disparu. Dans certaines régions comme la Beauce ou la Brie on arrive même jusqu'à d'énormes parcelles rectangulaires, où les rotations qui ont fortement diminué laissent parfois place à des monocultures quasi strictes. Tout au long de l'histoire de l'agriculture, les paysages agraires changent et mutent selon les techniques et le type de production. Même sans avoir subi de profonds changements comme le remembrement, un paysage peut être modifié d'une manière anodine ; construction d'une route, passage d'un canal aux environs...

II. Les indicateurs du paysage

Compte tenu de l'optique avec laquelle on veut étudier le paysage de l'exploitation, il s'agit de trouver des indicateurs qui montreront l'état paysager de l'exploitation, dans ses points positifs, qui seront alors à préserver, comme dans ses points négatifs qui seront dans la mesure du possible à améliorer et/ou corriger.

1. Etude de la topographie et géologie des terrains

Avant d'étudier en détail les éléments paysagers de l'exploitation, il s'agit d'étudier l'ensemble du paysage, en passant tout d'abord par une étude de la topographie des terrains pour mieux comprendre les aménagements qui y ont été réalisés.

La topographie peut permettre de comprendre quelles sont les productions réalisables sur certains terrains plutôt que d'autres, elle renseigne également sur les risques de ruissellement et d'érosion. Ainsi, il faut prêter attention à des reliefs particuliers comme les cuvettes : leur profondeur, leur largeur, les pentes : le pendage et la différence d'altitude. Observer la topographie permettra de comprendre pourquoi certaines zones sont peut-être inutilisées pour la culture de céréales mais plutôt pour des zones de pâturages du bétail ou comme prairie maraîchère.

La géologie des terrains a aussi un rôle très important quant à la détermination du type de cultures à y installer. La géologie peut rendre compte de la facilité du travail de la terre, ainsi que de sa capacité à retenir l'eau, de sa résistance au travail des machines agricoles ou encore de sa capacité à supporter une agriculture intensive sans être trop appauvrie.

2. La présence de haies

Les haies sont un atout important dans la biodiversité faunistique et floristique d'un territoire. Leurs fonctions peuvent être résumées sur le diagramme suivant :

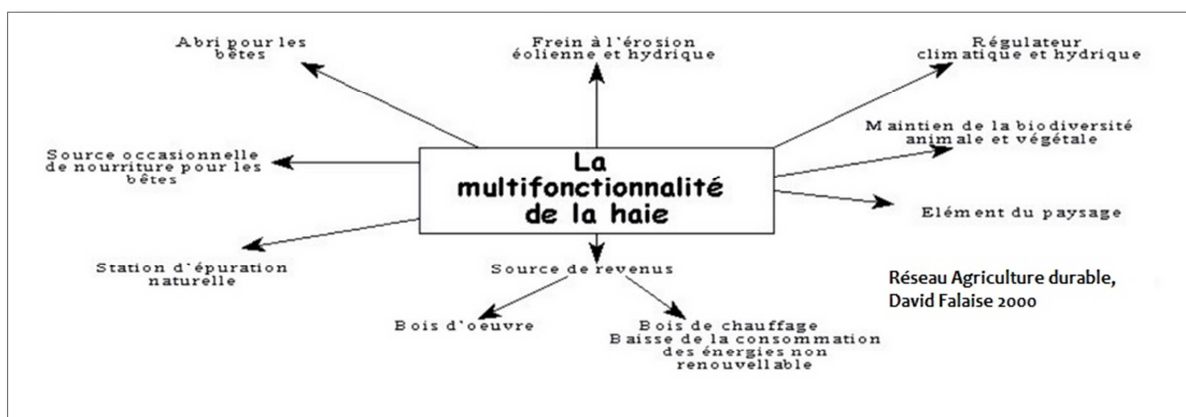


Figure 1 : Diagramme des fonctions des haies (Falaise D. [3])

Les haies ont également un rôle de protection contre les pathogènes ; certains spores de champignons étant apportés par le vent [3] la haie va limiter leur dissémination.

En tant qu'indicateur, il s'agit donc de dénombrer le nombre de mètres carrés que couvrent les haies par rapport à l'intégralité du territoire selon la formule suivante [4] :

$$\text{Surface de compensation écologique} = \frac{\text{Somme de la surface en haies}}{\text{SAU}} \times 100$$

Plus le pourcentage obtenu est important, plus le territoire est considéré comme un habitat favorable à la biodiversité. Cependant, une valeur minimale de 10% peut-être retenue comme à valeur d'objectif.

Cependant dans une optique agro-environnementale cet indicateur n'a pas de réelle valeur, en effet la quantification de la surface plantée en haies dans une exploitation ne suffit pas à étudier la valeur ajoutée de cet aménité. C'est pourquoi dans la fiche « haies », en plus de ce calcul, il faut ajouter d'autres critères pour juger de leur qualité ; il est nécessaire que les haies présentent une diversité des essences de végétaux. Elles doivent également être entretenues soigneusement. On doit pouvoir y observer la présence de nids, de terriers, de fourmilières ou autre indices montrant qu'elle représente une source de biodiversité. Pour finir, il faut pouvoir s'assurer que l'implantation de la haie possède une valeur agronomique : haie plantée parallèlement aux courbes de niveau pour limiter l'érosion ou haie servant de crèche à des prédateurs des ravageurs volontairement introduits comme auxiliaires de culture.

3. La présence de forêt, d'arbres isolés et/ou remarquables

De la même façon que les haies, la présence d'arbres, regroupés ou isolés, améliore la biodiversité, limite l'érosion des terrains, sert de nichoirs et lieux de nourritures pour de potentiels prédateurs de ravageurs. Il s'agit donc encore d'apprécier la qualité de vie que peut offrir l'exploitation pour des plantes, animaux ou insectes utiles à la culture.

Il n'existe pas d'indicateurs chiffrés pour caractériser un nombre d'arbres minimum, il n'est possible dans le cadre du BRE que de noter précisément leur localisation afin de les préserver, et d'inciter l'agriculteur à observer régulièrement la faune qui peut y trouver refuge, afin d'apprécier leur rôles. Ces arbres notés au BRE seront appelés arbres remarquables. Il n'y a pas de critères précis pour déterminer le caractère remarquable ou non, mais les arbres à cavités, présentant des nids sur leurs branches, les arbres à écorces spécifiques et les essences rares peuvent en être qualifiés ainsi [5].

4. La présence de bandes enherbées

Les bandes enherbées sont en général présentes sur une exploitation, en bordure de champs, servant de chemins pour les machines agricoles. Mais il est démontré que les bandes enherbées ont un rôle très important à jouer sur la qualité des eaux de surfaces ; implantées en bas d'un champ en pente elles permettent de capter les écoulements et de faciliter l'infiltration de l'eau, situées le long d'un cours d'eau elles permettent de protéger celui-ci des dérives des écoulements de produits phytosanitaires. Un ruban de graminées situé à mi-pente peut également être un moyen de lutter contre l'érosion en empêchant les coulées de boues. Ce genre d'aménagement constitue également un réservoir important de biodiversité faunistique [6].

Là encore il n'existe pas de nombre optimal de bandes enherbées à mettre en place sur une exploitation, cela dépend de la topographie et s'il y a un cours d'eau ou non.

5. La présence de mares

Plus généralement cet indicateur traite des mares, marais, tourbières et étangs. Ces étendues d'eau sont d'importants réservoirs de biodiversité ; elles abritent de nombreuses espèces comme des mousses, des plantes, des insectes ou des mollusques [7]. Il est important lors du BRE de les comptabiliser pour déclencher leur préservation ou réhabilitation. En effet celles-ci assurent également un rôle d'épuration des eaux permettant de maintenir une bonne qualité de l'eau via les propriétés épuratrices de certains végétaux aquatiques et amphibies [8]. Elles recueillent les eaux de ruissellements ce qui stabilise le pH du sol et des cours d'eau qui les bordent, et dans une pratique agricole d'élevage, elles peuvent assurer les besoins en eau du bétail. Cependant ce sont des écosystèmes fragiles qui sont à surveiller et entretenir régulièrement. Les mares jouent également un rôle lors des catastrophes climatiques telles que des inondations ou coulées de boue.

6. Les perturbations humaines

Dans un souci de préservation de la biodiversité, il est important d'avoir le moins de perturbations de la faune ou la flore possibles. Les perturbations humaines notables sont ; la présence de routes, voies de chemin de fer, lignes électriques à haute tension, d'antennes relais. Ces facteurs ne dépendent pas de l'agriculteur, il s'agit donc par cet indicateur de noter quels aménagements ont été réalisés, ou pourraient l'être pour en minimiser les effets. Ainsi, il peut être envisagé de planter des haies le long des routes et voies de chemin de fer afin de minimiser la mortalité de la faune. En ce qui concerne les espaces sous les lignes à haute tension ou antennes relais, il s'agit souvent d'une perte d'espace pour les agriculteurs. Afin de minimiser celle-ci, on peut penser à y cultiver des arbustes, des arbres fruitiers de petite taille comme le noisetier, ou bien à y créer une zone de jachère fleurie qui sera utile pour le maintien de la biodiversité [9].

III. Quelle fiabilité et quelle référence pour ces indicateurs ?

Les indicateurs précédents relèvent tous d'une observation de l'espace que constitue l'exploitation. Seul l'indicateur « Haies » permet d'obtenir une quantification précise, et surtout un barème de bonne ou mauvaise gestion de la présence de haies. Seulement, pour tous les autres indicateurs, la quantification est souvent impossible et il n'existe pas de barèmes qui détermineraient si l'exploitation comporte assez d'arbres, de bandes enherbées ou de mares.

L'une des premières remarques est est-il vraiment nécessaire d'avoir des barèmes de notation dans les indicateurs vu l'optique dans laquelle le BRE est mis en place. En effet il ne s'agit pas de noter l'exploitation mais de faire un bilan de ses qualités environnementales. Il s'agit certes de mettre en place les indicateurs de paysage dans une optique de quantification mais surtout les indicateurs doivent servir à rendre compte si l'exploitation agit dans le respect de l'environnement. Ils doivent vérifier et encourager le maintien de la diversité des espèces, faunistiques et floristiques, la qualité des aménités paysagères déjà présentes, le respect des cultures en adéquation avec l'état des sols, ect. Les indicateurs de paysage sont donc en étroits liens avec les indicateurs de biodiversité, de sol et de l'eau, car la qualité de l'un dépend de la qualité des autres.

Ensuite, les indicateurs ont un autre rôle qui relève de critères environnementaux mais également sociaux ; ils doivent servir à rendre compte de l'intégration de l'exploitation dans son milieu ou terroir. De là, il s'agit de définir quel est le type d'exploitations qu'on rencontre dans la région, et quelles sont les spécificités de la région agricole, de par la géologie ou la topographie qui ont amenés à une telle évolution ou spécialisation des cultures. Il s'agit d'un travail à effectuer en amont avant toute mise en place de protocole de test ou de comptage, et pour le groupe du projet, il est nécessaire de créer les fiches dans cette optique d'intégration dans un territoire donné.

Les indicateurs de paysage qu'il est souhaitable de mettre en place sont des indicateurs qui permettraient d'évaluer à quel point l'exploitation est en concordance avec le territoire sur lequel elle est présente, de manières environnementale et sociale, et dans une plus large optique si elle permet d'allier viabilité économique et durabilité écologique.

On l'a beaucoup vu dans cette partie, le paysage a une forte influence sur la biodiversité. En effet, certaines espèces de végétaux représentent des nichoirs pour certaines espèces d'animaux, insectes, oiseaux plutôt que d'autres. Nous allons donc maintenant voir l'impact de la biodiversité et les indicateurs qui ont été mis en place pour la décrire.

Bibliographie/Webographie

- [1]. 2014. Larousse des noms communs. 1536p.
- [2]. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie. 2011. Un peu d'histoire : la forêt en France au fil des siècles. Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-gestion-de-la-foret-en-France.html>, mise à jour le 2 juillet 2012
- [3]. Roulleau D. 2001. La haie bocagère. Disponible sur : <http://didier.virion.free.fr/rouldeni/role.html>
- [4]. SOLAGRO. 2011. Manuel Dialecte, 61p. Disponible sur : <http://dialecte.solagro.org/index.php>
- [5]. Syngenta. Septembre 2011. Atouts des arbres isolés. Disponible sur : <http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/pratiques-et-techniques/bonnes-pratiques-agricoles/Ferme-des-bonnes-pratiques/Arbres-isoles/Pages/Atouts-des-arbres-isoles.aspx>
- [6]. Syngenta. Novembre 2011. Bandes enherbées pour maîtriser la qualité de l'eau et de la biodiversité. Disponible sur : <http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/pratiques-et-techniques/bonnes-pratiques-agricoles/Ferme-des-bonnes-pratiques/Bandes-enherbees/Pages/Bandes-enherbees.aspx>
- [7]. Conservatoire régional des espaces naturels de Franche-Comté, Office National des Forêts. Avril 2011. Mare&Vous, lettre d'information du Programme régional d'actions en faveur des mares de Franche-Comté. Disponible sur : <http://www.mares-franche-comte.org/zfiles/173.pdf>
- [8]. Agence régionale de l'Environnement de Haute-Normandie. Février 1998. Nos mares, hier, aujourd'hui et demain
- [9]. Balleux P et Van Lerberghe P, Juin 2001, Boisement des terres agricoles: guide technique, IDF, page 75

Partie 3

Biodiversité

La biodiversité rassemble toutes les espèces vivantes existantes. Elle est maintenue par un équilibre étroit entre les différents acteurs. L'homme, en quelques années, avec des avancées technologiques stupéfiantes, a fragilisé cet équilibre. La biodiversité se trouve maintenant plus ou moins menacée dans les différentes régions du monde. Il a été montré que l'agriculture en est le principal responsable. Ainsi différentes organisations se sont mobilisées pour trouver des solutions à ces problèmes. Certaines se sont tournées vers une agriculture dite biologique et plus respectueuse de l'environnement, l'agroécologie.

Terre de Liens est l'association avec laquelle nous travaillons. C'est une association qui essaye d'enrayer l'accaparement des terres. A travers l'agriculture, Terre de Liens est pleinement engagée dans la sauvegarde de la biodiversité.

I. La biodiversité : généralités

1. Définition

Etymologiquement, la biodiversité rassemble tous les processus, modes et fonctions qui maintiennent un organisme en vie. [1] En réalité, la biodiversité, contraction de diversité biologique, représente la variabilité des êtres vivants et des écosystèmes : la faune, la flore, les bactéries, les milieux mais aussi les espèces et les gènes [2]. Le mot est devenu pratiquement synonyme de « vie sur terre ».

2. La biodiversité à l'échelle planétaire

Les scientifiques estiment le nombre d'espèces entre 13 et 15 millions. A ce jour il a été identifié seulement 1.75 millions d'espèces. Il existe donc une très grande biodiversité à l'échelle mondiale. Chaque espèce appartient à un territoire spécifique, dans lequel elle s'est adaptée grâce à la sélection naturelle et par les interactions avec son environnement.

Mais cette biodiversité est menacée par les activités humaines. En effet, un grand nombre d'espèces sont en voie de disparition. Nous traversons actuellement la sixième grande crise biologique. C'est la première ayant une origine anthropologique faisant disparaître les espèces à un rythme sans précédent depuis les 50 dernières années [3].

En 1988, un écologiste anglais, Norman Myers invente le concept de points chauds. Ce sont les zones où la biodiversité est la plus menacée. La préservation de ces milieux est alors prioritaire par rapport aux autres régions du globe. En protégeant ces territoires, les écosystèmes peuvent se régénérer et donc la biodiversité prospérer. Norman Myers a dénombré 34 points chauds, répartis sur toute la planète [4].

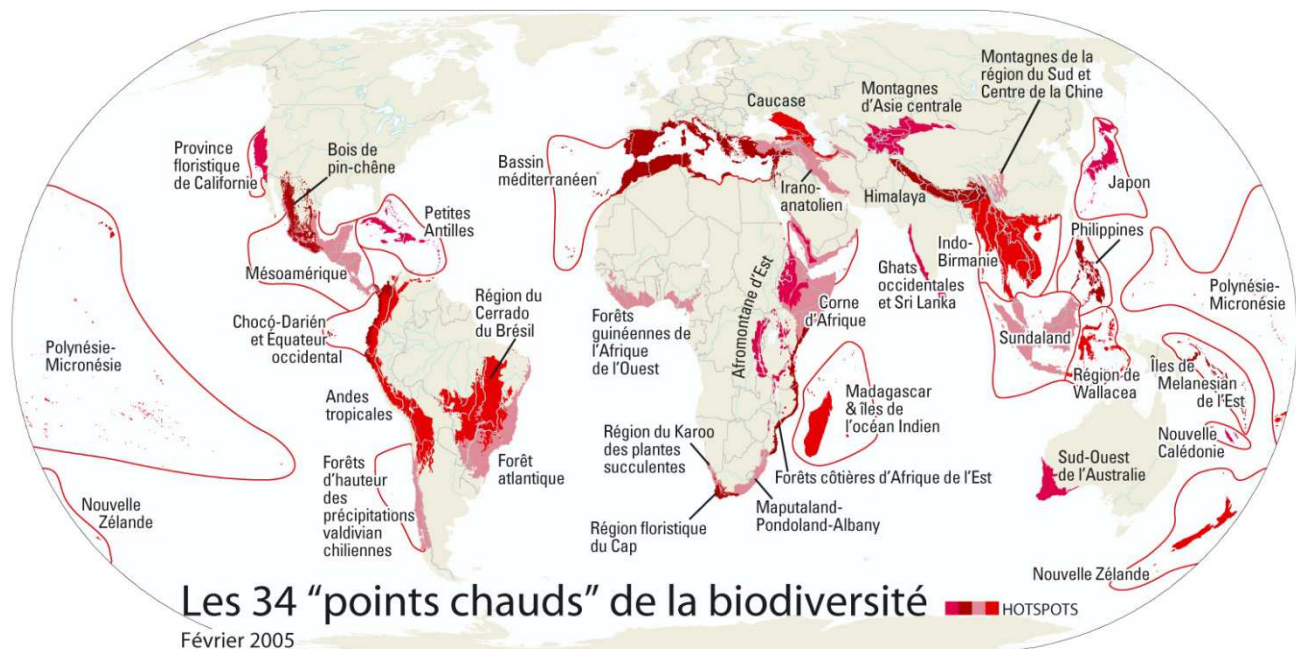


Figure 1 : Carte des points chauds de la biodiversité (Source : CNRS [5])

3. La biodiversité en France

La France, de par sa topologie et sa géologie, abrite un très grands nombre d'écosystèmes différents. L'Union Européenne compte 6 grandes zones biogéographiques et la France est concernée par 4 de ces zones. C'est le pays le plus diversifié de l'Union Européenne. Elle abrite environ 4900 espèces de plantes supérieures, 35200 insectes et un millier de vertébrés [6]. Les nombre d'invertébrés est difficile à connaître mais il se compte en dizaines de millier. Mais la dégradation des écosystèmes due à l'activité humaine diminue cette diversité. Par exemple, 41% des oiseaux en France ont un statut de conservation défavorable [7].

En 1976, une loi est adoptée en France sur la protection de la nature. En 1992, elle a signé la Convention sur la Diversité Biologique. Depuis 2004, elle a développé une **Stratégie nationale de la biodiversité** dorénavant incluse dans la **Stratégie nationale de développement durable** et la **Charte de l'Environnement** (2005). Dix actions ont été adoptées et sont en cours, gérées par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), aidé par d'autres organismes :

- L'Agence des aires marines protégées (AAMP)
- Le Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres (CELRL)
- L'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS)
- L'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA)
- L'Office national des forêts (ONF)
- Les Parcs nationaux
- Le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN)
- L'Atelier technique des espaces naturels (ATEN)
- Les Agences de l'eau
- L'Institut français de recherche pour l'exploitation des mers (IFREMER) conjointement avec le ministère de la Recherche et celui de l'Agriculture et de la Pêche [8]

II. La biodiversité et l'agriculture

1. Les impacts néfastes de l'agriculture sur la biodiversité

L'agriculture et l'élevage ont toujours modifiés la nature. Jusqu'au XXème siècle, ils modifiaient lentement les paysages ce qui permettait à des espèces de s'adapter à ce nouvel environnement. Mais depuis la dernière guerre, les atteintes à la faune et la flore sauvage se sont aggravés. La dégradation rapide des écosystèmes empêche les différentes espèces de s'y adapter ce qui entraîne leur extinction.

Les scientifiques s'accordent à dire que le principal acteur de cette dégradation est l'agriculture intensive. Ainsi les grandes cultures et bocages fragmentent les territoires occupés par les animaux sauvages et les espèces végétales, le retournement des prairies permanentes fragilisent le sol et dégrade l'habitat des espèces vivant dans le sol. Enfin la surexploitation de certaines surfaces entraîne une baisse de la fertilité du sol ce qui oblige les agriculteurs à les abandonner. Les nouvelles pratiques agricoles (la mécanisation, les engrais, les pesticides, les OGM, les monocultures...) sont à l'origine de la dégradation spectaculaire de la biodiversité aquatique et terrestre [9].

2. La biodiversité : un atout majeur de l'agriculture

L'agriculture repose sur un milieu physique naturel qui peut être transformé par l'agriculteur. La biodiversité est la base de nombreux processus naturels bénéfiques pour les agroécosystèmes. Les agroécosystèmes sont des écosystèmes où l'homme a une action permanente. Ils sont régulés artificiellement et dépendent donc des actions humaines. Ainsi la biodiversité joue un rôle essentiel dans les cycles de matière et d'énergie. De plus, la variabilité génétique des espèces peut constituer un atout majeur à l'agriculteur (résistance à des maladies, précocité...). Il est courant de croiser des espèces sauvages et des espèces domestiques pour améliorer les cultures.

Il existe aussi des espèces animales dites « utiles » pour l'agriculture. Ce sont toutes les espèces aidant la production agricole comme pour la pollinisation, la dégradation de la matière organique en forme assimilable par la plante, ou encore les espèces permettant la lutte contre les ravageurs [10].

Certains agriculteurs supportés par des organismes prônent cette agriculture respectueuse de l'environnement et de sa biodiversité. C'est dans cette optique que Terre de Liens (TDL) joue un rôle. L'association incite les agriculteurs à pratiquer une agriculture biologique et locale.

III. Les indicateurs de biodiversité

En louant des terres agricoles, Terre de Liens se place en tant que bailleur, avec un état des lieux d'entrée et de sortie. L'association fait signer un bail rural environnemental (BRE) aux agriculteurs, qu'ils doivent respecter sous peine de rupture de contrat. Ce bail rural est particulier car contrairement à un bail rural classique où seule la liberté des pratiques culturales du fermier est respectée, ce BRE contient des clauses préservant les ressources naturelles, qu'elles soient au niveau du sol, des réserves d'eau, du maintien des haies où de la préservation de la biodiversité [11].

C'est dans le cadre de ce BRE que TDL fait appel depuis 3 ans aux élèves de l'ENSAIA. Ils nous demandent d'établir des fiches outils indicatrices qui seront utilisées dans les états des lieux d'entrée et de sortie. Ces indicateurs sont divisés en quatre thèmes : paysage, eau, sol, biodiversité.

Dans le cadre des fiches indicatrices concernant la biodiversité, elles doivent nous donner une idée de l'état de la biodiversité et des pressions qu'elle a subi. Les fiches indicatrices créées par les élèves de l'ENSAIA de l'année précédente pour TDL permettent de connaître l'état de la biodiversité de la parcelle qui va être louée, afin que cet état

soit identique si ce n'est meilleur lors de l'état des lieux de sortie de l'agriculteur. Notre travail consiste en la finition de ces fiches puis à les tester sur le terrain.

Ces fiches ont différents niveaux de difficultés. En effet, certaines demandent seulement une observation du paysage pour trouver les indices de passage de tel ou tel animal ou reconnaître les plantes que l'on voit. Pour d'autres, il faut utiliser du matériel spécialisé ou non, et les dernières demandent l'aide de professionnels. Des fiches comme les Plantes Bio indicatrices ou encore l'IBGN ne peuvent être faites que par un professionnel.

Terre de Liens accorde donc une importance singulière à la biodiversité. De plus, cette biodiversité permet de déterminer l'état d'autres classes : le sol et l'eau. Ainsi, l'IBGN permet de déterminer la faune des cours d'eau, qui est influençable par la composition de cette dernière. Il est important de connaître dans une ferme l'état des cours d'eau présent, et l'IBGN est un des principaux indicateurs, mais il en existe d'autres permettant de connaître précisément la pollution du cours d'eau, sa teneur en azote etc.

Bibliographie/Webographie

- [1]. Futura Science, magazine en ligne, visité le 03/01/2014.
<http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/developpement-durable-biodiversite-3625/>
- [2]. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, site mis à jour le 28/01/2014.
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-La-biodiversite,4247-.html>
- [3]. Centre d'échange d'informations du Gabon, *Ministère de l'Economie Forestière, de la Pêche, du Reboisement, chargé de la Protection de la Nature*, Marthe MAPANGOUI dernière mise à jour : 26/05/2003.
<http://bch-cbd.naturalsciences.be/gabon/gabondef/convention/biodivnotion/situationmondialebiodiv.htm>
- [4]. Conservation international, 2014.
http://www.conservation.org/where/priority_areas/hotspots/Pages/hotspots_main.aspx
- [5]. CNRS, dernière mise à jour : 30/01/2014,
http://www2.cnrs.fr/image.php?id_media=1120&id_site=18
- [6]. Muséum National d'histoire naturelle, Inventaire National du Patrimoine Naturel, dernière mise à jour le 30/01/2014.
<http://inpn.mnhn.fr/informations/biodiversite/france>
19/02/2012
- [7]. *L'environnement en France*, IFEN, Annabelle Berger, Letizia Chiarore, Martine Wichmann, Noëlle Delécrin, Stéphane Levasseur, 2006
<http://www.pyrenees-pireneus.com/Environnement/Biodiversite/ENVIR-Biodiversite-IFEN.htm.pdf>
- [8]. Enviropea, dernière mise à jour le 20/12/2013
<http://www.enviropea.com/fr/en-france/biodiversite/biodiversite-en-france/>
- [9]. Revue scientifique Persée, article de Jean-Claude Lefeuvre, *Biodiversité et territoires agricoles*, 1992
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/ecoru_0013-0559_1992_num_208_1_4458
- [10]. *Agriculture et biodiversité*, Julie Bertrand, date d'édition : 2010.
http://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=owHVeVvIVfEC&oi=fnd&pg=PA9&dq=biodiversit%C3%A9+et+agriculture&ots=NDiurE3Okb&sig=QwfiHAT64W-H_tHC8j7HXfpiLQQ#v=onepage&q&f=false
- [11]. Terre de Liens, dernière visite le 14/01/2014.
<http://www.terredeliens.org/-proteger-les-terres->

Partie 4

L'eau, indicateur écologique

Terre de Lien (TDL) est une association qui rachète des terres agricoles pour éviter leur disparition et permettre ainsi leur accès à de jeunes agriculteurs. Les terres sont alors louées au prix minimum. En contrepartie, les agriculteurs s'engagent à faire de l'agriculture pour une production biologique ou paysanne. Cet engagement est contractualisé par un Bail Rural Environnemental (BRE) visant à promouvoir une agriculture respectueuse de l'environnement. Dans le cadre de ce bail, l'un des indicateurs utilisés est l'eau. En effet, dans le milieu agricole l'eau est une ressource indispensable. Son exploitation est au cœur de nombreuses problématiques et de nombreuses études mettent en évidence la complexité dans l'utilisation de cette ressource (conflits potentiels entre les différents utilisateurs) et sa qualité. L'exemple des algues vertes en Bretagne montre ainsi l'importance de la qualité de l'eau dans l'équilibre des écosystèmes. L'eau apparaît donc comme un facteur écologique du fonctionnement des fermes. Dans le cadre du diagnostic des fermes TDL, il s'agira alors de choisir les indicateurs les plus pertinents pour établir un état des lieux lors de l'acquisition des fermes puis de suivre leur évolution en lien avec l'action des agriculteurs.

I. Les formes de l'eau sur les fermes

L'eau sur les fermes se présente sous deux formes : les eaux de surface et souterraines. Ces deux formes s'inscrivent dans un cycle de l'eau que l'agriculture perturbe en prélevant de l'eau régulièrement pour irriguer ses terres (figure 1). Ces deux formes pouvant être utilisées par l'agriculteur, il apparaît donc nécessaire d'en faire un état des lieux dans le cadre du BRE.

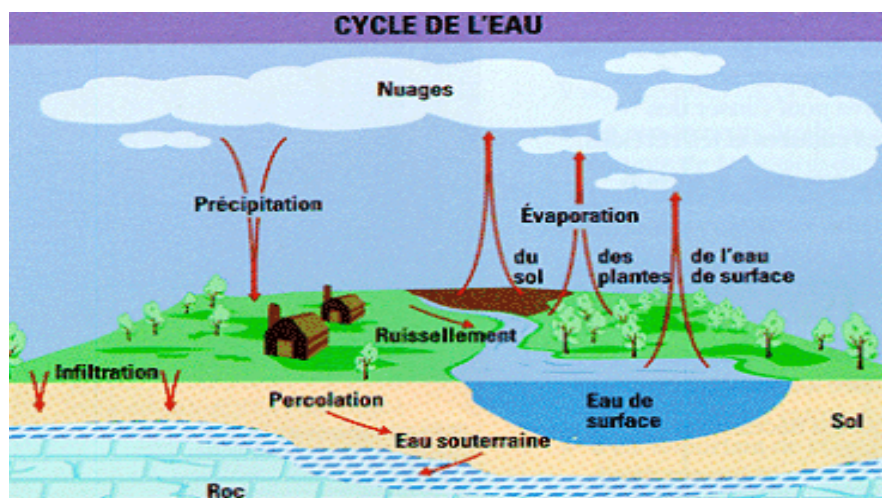


Figure 1: Cycle de l'eau, Our Land and Its Care, The Fertilizer Institute (2009)

1. Les eaux de surface

La première forme que nous voyons concerne les eaux de surface. Elles représentent 5% de la masse d'eau sur Terre [1]. A l'échelle de la ferme, cette catégorie d'eau sera la plus facile à étudier car directement accessible pour l'agriculteur et les bénévoles de TDL. Elle peut se retrouver sous différentes formes sur une ferme : dans les rivières, les mares, les zones humides ou encore les fossés de drainage. Le renouvellement de ces eaux est très rapide car elles sont beaucoup utilisées mais également régulièrement réapprovisionnées par les nappes phréatiques et les pluies.

En fonction sa disponibilité sur la ferme, l'agriculteur va pouvoir utiliser cette eau pour l'irrigation ou l'abreuvement des troupeaux tout en veillant à ne pas l'épuiser ni diminuer sa qualité. Ainsi il devra veiller non seulement à ce que ces sources soient réapprovisionnées par la pluie ou par d'autres sources d'eau mais aussi utiliser des pratiques respectueuses de leur qualité.

2. Les eaux souterraines

La deuxième forme d'eau est cachée, elle n'est pas directement visible lorsqu'on visite la ferme. L'eau peut être souterraine [2]. Elle est contenue dans les roches, dans la terre, sous forme de nappes phréatiques. Il existe différents types de nappes : des nappes libres de formation sédimentaire, des nappes captives, des nappes alluviales et des nappes de roches fissurées. Ces sources d'eau sont des lieux de stockage d'eau à long terme. Elles se remplissent en fonction de la perméabilité des couches de terre et de roches. Un sol perméable laisse l'eau s'infiltrer dans les couches géologiques jusqu'à la nappe phréatique. Au contraire, un sol imperméable aura tendance à alimenter les eaux de surface.

L'agriculteur a accès à cette eau grâce à la construction de puits. Cette eau sert uniquement lorsqu'il n'y a ni mare ni cours d'eau à proximité des zones de pâtures. Il peut donc l'utiliser mais de façon modérée car cette eau est très vite épuisée si on ne surveille pas le niveau des nappes phréatiques.

II. Impacts de l'activité agricole sur l'eau

1. Impacts sur la quantité d'eau disponible

L'eau est indispensable à l'agriculture. Pour préserver ses ressources, l'agriculteur devra puiser dedans avec parcimonie en fonction de ce qui est disponible. En effet, des prélèvements trop intenses peuvent assécher les espaces aquatiques (qui rassemblent les zones humides, rivières et mares) et détruire les écosystèmes qui en dépendent. Les précipitations fournissent 176 milliards de m³ tous les ans répartis sur l'ensemble du territoire français [3]. L'eau est utilisée par l'industrie, pour la production d'énergie (centrales hydroélectriques et nucléaires), l'agriculture et comme eau potable pour notre consommation. L'agriculture et particulièrement l'irrigation des terres agricoles consomme entre 2,5 et 3,9 milliards de m³ d'eau par an. Le reste des cultures non irriguées et des pâturages dépendent de l'eau de pluie. L'équilibre entre ce qui est consommé et ce qui est disponible est donc très précaire et demande aux agriculteurs de surveiller leurs consommations surtout en temps de sécheresse. L'été par exemple, les végétaux ont une demande plus forte en eau alors que la restitution par les précipitations est plus faible. Les prélèvements par les agriculteurs peuvent donc directement impacter le niveau des rivières et des nappes les plus sensibles.

2. Impacts sur la qualité de l'eau

Les points de captage sont les lieux les plus sensibles dans une ferme. Il faut donc particulièrement les protéger pour éviter toute contamination par les pesticides, nitrates, phosphates, etc. La mise en place de périmètres de protection de ces sources d'eau permet de réduire les risques de pollution par l'agriculture [4]. Deux niveaux de protection sont obligatoires (immédiat et rapproché) et un niveau supérieur est facultatif (éloigné). Par exemple, si une source d'eau se trouve au sein d'un enclos et que cette dernière est utilisée comme abreuvoir par le bétail, alors le piétinement des bêtes et leurs déjections peuvent contaminer l'eau et détériorer cette source. En effet l'eau devient alors boueuse car le fond de la mare est sans cesse remué et les micro-organismes présents dans les déjections vont se retrouver dans l'eau. Cela va détruire l'écosystème et rendre l'eau insalubre même pour le bétail qui ne pourra plus l'utiliser. La présence d'une barrière autour de cette source empêche alors les animaux d'y accéder.

De même pour éviter que les ruissèlements contaminent les eaux de surfaces situées en contre-bas, la mise en place de buttes de terre ou de fossé de protection permet de séparer les terres agricoles des sources d'eau.

III. Quels indicateurs mettre en œuvre pour le diagnostic de la ferme

Sept fiches outils basées sur sept indicateurs ont été développées afin de permettre d'évaluer l'état des sources d'eau présentes sur la ferme. Ces fiches ont été produites par les groupes de projet pro des années précédentes. Certaines font appelle à la composition de l'eau et d'autres à des paramètres physico-chimiques [5]. Ces fiches ont pour vocation d'être utilisées par des bénévoles de TDL et les agriculteurs et nécessitent donc d'être facile à utiliser. Les manipulations décrites dans ces fiches sont en train d'être testées sur le terrain afin de vérifier ce critère et requièrent soit un multimètre soit d'envoyer des échantillons à un laboratoire. Les indicateurs retenus à ce jour sont décrits ci-dessous.

1. Les composants de l'eau

Les teneurs en ammoniac, phosphate, nitrate et nitrite dans l'eau permettent de déterminer son niveau de pollution. Pour leur détermination, il est nécessaire de prélever des échantillons en plusieurs endroits sur la ferme. En effet, les teneurs en polluants peuvent ne pas être uniformes entre les sources d'eau et une mesure isolée donnerait ainsi une mauvaise idée de la qualité de l'eau. Ces échantillons doivent être envoyés dans un laboratoire pour être analysé ou l'acquisition d'un kit devrait permettre de faire les mesures directement sur le terrain. L'excès de certaines molécules comme l'ammonium (NH_4^+), le nitrate (NO_3^-) et le phosphate (PO_4^{3-}) sont des indices de pollutions de l'eau car ils peuvent entraîner son eutrophisation. Cela provoque une baisse de la qualité de l'eau en tant que ressource pour les cultures et également une perturbation des écosystèmes à proximité de cette source d'eau contaminée ; par exemple une diminution de la biodiversité.

2. Les paramètres physico-chimiques

Le pH, la dureté, la conductivité et la turbidité sont des indicateurs que l'on peut mesurer sur place à l'aide d'un multimètre ou tout simplement via la présence de particules dans l'eau. Le pH, la dureté et la conductivité dépendent de la composition de l'eau et toute variation de ces paramètres va avoir un impact sur les écosystèmes de ces sources aquatiques. Le pH idéal est compris entre 6.5 et 9, en dessous l'acidité est trop élevée et les organismes ne peuvent pas survivre. Pour la conductivité, c'est plus compliqué. Il n'existe pas de valeur idéale. Elle dépend de la composition des roches présentes autour de la source d'eau [6]. Ainsi, une rivière bordée par des roches calcaires n'aura pas la même conductivité qu'une rivière bordée par des roches argileuses. La turbidité dépend des particules solides en suspension dans l'eau. Si ces particules sont présentes en trop gros nombre, elles empêchent les rayons du soleil d'atteindre les végétaux aquatiques et bloquent la photosynthèse.

Conclusion :

L'eau est un élément indispensable au fonctionnement d'une ferme. Mais cette ressource est rare et sensible, il faut donc que l'agriculteur la partage et la protège. C'est pour ces raisons que le BRE fait appel à des indicateurs aquatiques. L'eau présente sur les terres agricoles peut se trouver sous différentes formes, il faut donc adapter l'agriculture en fonction de ces formes.

Promouvoir une agriculture biologique comme le fait TDL est un moyen de protéger ces ressources. Notre outil de diagnostic permet de contrôler l'impact de l'agriculture en utilisant des indicateurs environnementaux lors de l'entrée sur les lieux et puis régulièrement tout au long de l'activité pour mesurer leur évolution. Cette année, le but est de tester ces fiches outils et de vérifier leur faisabilité afin de les faire évoluer pour prendre en comptes les zones humides et les mares. Une autre catégorie d'indicateur utilisée dans le cadre du BRE sont les caractéristiques du sol.

Bibliographie/ Webographie

- [1]. Jean-François Sabouret, dossier Scientifique de l'eau : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/cycle/stocksfluxEau.html>
- [2]. Elisabeth Dupont-Kerlan, Eau souterraine : http://www.eaufrance.fr/comprendre/les-milieux-aquatiques/?id_article=6
- [3]. Thierry Blandinières, Agriculture et eau, 2009 : <http://www.invivo-group.com/dossier/41/agriculture-et-gestion-de-l-rsquo-eau-sont-elles-incompatibles>
- [4]. Protection de la ressource de l'eau : <http://mirabel-lne.asso.fr/content/protection-de-la-ressource-en-eau>
- [5]. Paramètres physico-chimique : http://www.polytech-montpellier.fr/olargues/index.php?option=com_content&view=article&id=48:presentation-parametres-physicochimiques&catid=38:physicochimie&Itemid=59
- [6]. Laurentides, 2009 : http://www.troussedeslacs.org/pdf/fiche_conductivite.pdf

Partie 5

Le sol

Dans le cadre de l'association Terre de Liens qui met en place une agriculture biologique accessible aux jeunes agriculteurs, il est nécessaire d'analyser le sol afin d'établir un diagnostic sur son état avant, pendant et après le mandat fourni par Terre de Liens aux agriculteurs.

Il s'agit donc dans cette bibliographie de définir ce qu'est le sol, établir quelles sont les propriétés à analyser pour connaître son état et ses capacités agronomiques, et finalement de comprendre son évolution au cours du dernier siècle.

I. Définition du sol

Le sol, aussi appelé couverture pédologique, est la partie meuble de la lithosphère [1]. Verticalement, il s'étend de la roche altérée jusqu'à la surface sur une épaisseur de quelques décimètres à quelques mètres. Horizontalement il recouvre de façon quasi continue l'ensemble de la surface des continents sauf les affleurements rocheux, les cours d'eau et les constructions de l'homme [2].

1. Constituants du sol

Le sol est constitué par des éléments liquides, gazeux et solides :

- Les éléments liquides sont l'eau issue de la pluie, de cours d'eau ou de nappes souterraines et les liquides rejetés par les microorganismes et autres êtres vivants dans le sol.
- Les éléments gazeux sont l'air et les gaz issus du métabolisme (CO₂, CH₄, etc.) des microorganismes et autres êtres vivants dans le sol.
- Parmi les éléments solides on distingue la fraction minérale et la fraction organique :

1. Fraction minérale

Elle représente en moyenne 38 % du volume et 95 % du poids de la phase solide du sol.

Ses constituants sont divisés en sables (particules de 50µm à 2mm de diamètre), limons (particules de 2µm à 50µm de diamètre) et argiles « minéralogiques » (particules de diamètre inférieur à 2µm).

2. Fraction organique

Elle constitue 12 % en volume et 5 % en poids de la phase solide du sol. La fraction organique contient des polymères tels que les protéines, enzymes et polysaccharides ainsi que des sucres et acides organiques d'origine végétale, fongique ou bactérienne. Cette fraction se divise en fraction organique fraîche (particules de diamètre supérieur à 20µm), fraction transformée, aussi appelée humus [1].

2. Facteurs de la pédogenèse

Le sol est le produit d'interfaces qui résultent de l'interaction entre différents milieux : la roche, l'eau, l'air et les êtres vivants [1].

- La roche mère a une action statique : elle agit sur le sol surtout par sa composition et confère au sol un certain nombre de caractéristiques physiques, chimiques et minéralogiques : en résultent des sols acides ou basiques, riches ou pauvres en éléments nutritifs, argileux, limoneux ou sableux, etc.
- La composante climatique est un facteur particulièrement actif qui détermine la répartition des sols au niveau du globe de par l'atmosphère (CO₂ et acidification du sol, par exemple) et le climat (température influe sur la vitesse des réactions et pluviométrie sur l'altération/l'érosion des sols). On définit ainsi des zones arides, semi-arides ou au contraire constamment humides.
- Le facteur biologique a un rôle essentiel dans toutes les étapes de formation et d'évolution d'un sol[3] : décomposition de la matière organique avec formation d'acides humiques ou de polysaccharides et formation d'associations organo-minérales et pédoplasmiation*. Les facteurs biologique et biochimique possèdent un rôle plus ou moins prépondérant selon la température : acidification et podzolisation du sol à basses températures et décomposition rapide de la matière organique à températures élevées.

***pédoplasmiation** : formation des associations organo minérales et des principaux niveaux d'agrégats des sols [1].

- Le facteur temps a une influence variable selon le type de roches mères et les processus de pédogenèse impliqués. Il y a des processus rapides, comme la décarbonatation, colonisation par la végétation, humification, pédoplasmiation, qui ont une durée moyenne de 100 à 500 ans et des processus plus lents, comme la podzolisation et la dissolution, qui durent plusieurs milliers d'années.

Le développement du sol dure donc au minimum quelques centaines d'années et plus souvent de nombreux millénaires. Il s'agit donc d'une ressource renouvelable à l'échelle géologique mais non renouvelable à l'échelle humaine.

- Un dernier facteur est l'influence de la pente et de l'altitude mais celui-ci n'est qu'indirect : il conditionne le climat par l'exposition par rapport au soleil et la température du sol, et l'hydrosphère, et influe le facteur biologique : sélection et adaptation de la flore et de la faune selon les différents étages bioclimatiques [1].

3. Importance du sol : deux services écosystémiques

1. Ecologique : cycle du carbone, azote, phosphore, effet de serre, rôle épurateur

Le sol est un véritable réacteur biologique et chimique : il participe au recyclage de la matière vivante. Les êtres vivants présents dans le sol effectuent la transformation d'éléments organiques en éléments minéraux au sein du cycle de carbone, de l'azote et du phosphore. Ils sont ainsi rendus assimilables par les végétaux.

Le sol est aussi un immense réservoir de carbone : il représente deux fois celui de la biomasse terrestre et deux fois celui de l'atmosphère. Par cette propriété, il joue un rôle majeur dans la régulation à court terme des flux de carbone entre les différents réservoirs du cycle de carbone. Il a donc une influence non négligeable sur la quantité de CO₂ dans l'atmosphère et donc sur l'effet de serre.

D'autre part, le sol est un système épurateur pour les composés organiques. Les liquides et les suspensions sont filtrées. Les matières solides participent à des réactions d'hydrolyse et d'oxydoréductions mises en œuvre par la microflore du sol, en parallèle des réactions de microdivision et de broiement par la faune. Le sol traite les résidus de l'agriculture (lisiers de porcs, déjections bovines) et des industries agro-alimentaires (déchets de l'agro-industrie tels que les sucreries, féculeries, laiteries) et épure les eaux et déchets urbains ainsi que des pollutions accidentelles (biodégradation d'hydrocarbures).

2. Agronomique : support de la croissance de végétaux

Le sol est un élément primordial dans la vie de l'homme ainsi que des autres êtres vivants sur Terre : c'est un support qui héberge le gros de la biomasse vivante de la planète et qui est à la base de tous les processus biologiques [4]. Du point de vue agronomique, c'est le support de croissance des végétaux ainsi que le réservoir de nutriments dont les végétaux ont besoin pour se développer. Néanmoins, il existe différents types de sol aux propriétés diverses, dont certains sont plus appropriés que d'autres pour la croissance des végétaux.

Quelles sont les propriétés qui influent sur la capacité d'un sol à faire pousser des végétaux ?

II. Propriétés du sol liées avec la culture de végétaux

1. Propriétés physiques

1. Profondeur

Plus un sol est profond, plus ses potentialités agronomiques sont élevées : les racines disposent d'un grand espace pour croître et d'un grand réservoir de nutriments pour se développer.

2. Structure

Il s'agit du mode d'agencement des constituants organo-minéraux du sol. La structure détermine la répartition dans l'espace de la matière solide et des vides occupés par l'eau ou par l'air. Cette propriété influe sur les qualités physiques et biochimiques du sol : présence d'air pour la respiration des êtres vivants ou rétention d'eau utilisable par les plantes. La structure renseigne aussi sur la stabilité structurale du sol et sa résistance à l'érosion et à la battance. C'est le résultat de processus biologiques, chimiques, physiques et mécaniques [5]. Elle se définit par le degré (intensité d'agrégation), la classe (taille des constituants) et le type (forme des agrégats).

3. Texture

La texture, aussi appelée granulométrie, fait référence à la répartition des particules du sol en fonction de leur grosseur (diamètre car les particules sont considérées sphériques). Elle correspond donc à la proportion des sables, des limons et des argiles dans le sol. La texture est aussi liée à la structure, et inversement.

Dans une terre sableuse il y a une majorité de grosses particules. Il y a donc une quantité relativement élevée de lacunes entre elles. Par conséquent il y a plus d'air, entre autres, que dans une terre argileuse avec une majorité de petites particules. La texture est donc avec la structure un facteur clé de la fertilité [5]. Certaines plantes comme le maïs sont adaptées à des sols limoneux ou argileux. D'autres comme la vigne sont adaptées à des sols sableux.

4. Compacité

La compacité est liée au passage de divers outils et machines lourdes sur le sol ainsi qu'au piétinement animal. Elle évalue l'espacement des particules dans le sol et donc la résistance du sol à la déformation. Si le sol a une compacité élevée, les racines peinent à se développer et à s'alimenter en oxygène car il y a trop peu de lacunes entre les particules. De plus l'eau crée une couche qui limite l'entrée de l'oxygène dans le sol et le rend donc anoxygénique. Un exemple de compacité est la semelle de labour, une couche de terre dure formée suite au passage d'un engin de travail [5].

5. Teneur en eau

L'eau dans le sol se caractérise par l'eau utile et l'hydromorphie. L'hydromorphie est le résultat visible de l'engorgement antérieur du sol. L'eau utile correspond à l'eau directement absorbable par les plantes. La quantité d'eau retenue est liée à plusieurs facteurs tels que la nature des constituants, la structure du sol et le climat. La teneur en eau

est donc variable en fonction du sol : un sol argileux retient plus d'eau utile qu'un sol sableux [1]. En revanche, le sable est hydromorphe : il retient de l'eau liée difficilement exploitable par les plantes.

2. Propriétés chimiques

1. pH

Le pH est un facteur clé qui influence de nombreuses propriétés du sol : il détermine la capacité des racines à absorber des nutriments en modifiant l'équilibre entre le complexe adsorbant du sol et la solution du sol. D'autre part, le pH influence toutes les réactions chimiques qui ont lieu dans le sol : les réactions enzymatiques chez les micro-organismes, les réactions d'ionisation, les réactions d'oxydoréduction entre l'eau et les ions minéraux, les réactions de complexation des ions calcium au sein du carbonate de calcium, entre autres.

2. Conductivité du sol

La conductivité du sol mesure la capacité du sol à conduire le courant électrique. Elle exprime la quantité d'ions présents et donne indirectement une estimation de la quantité de matière organique dans le sol. La conductivité donne aussi une information sur la teneur en eau du sol, sa salinité et sa sodicité [6]. C'est aussi un outil de diagnostic de la pollution du sol : une utilisation intensive d'engrais a une influence considérable sur la conductivité.

La conductivité dépend de la composition et de la structure du sol : les sols argileux ont une conductivité plus élevée que les sols sableux [7]. En lien avec les facteurs cités précédemment, la conductivité permet de donner une idée du futur rendement du sol : si elle est élevée, le rendement peut être relativement élevé et inversement.

3. Capacité d'Echange de Cations

La CEC est une propriété chimique caractéristique du sol en lien avec sa roche mère. Par définition, c'est "la quantité nette de cations contenus dans la région interfaciale" [6]. Elle dépend de la structure du sol et surtout de la quantité d'argile et de matière organique présente. Elle influence la nutrition minérale des végétaux et la rétention de polluants. Un sol avec une CEC faible témoigne d'une quantité faible de matière organique, c'est souvent le cas des sols sableux. Au contraire, un sol avec une CEC élevée est riche en matière organique, comme c'est le cas des sols argileux.

3. Propriétés biologiques : la biomasse microbienne du sol

La biomasse microbienne du sol est composée par la microflore (bactéries, champignons) et de la faune du sol (vers de terre, acariens). Elle constitue 2 à 5% de la matière organique totale du sol [5].

La biomasse du sol possède un rôle essentiel dans la dégradation de la matière organique à travers les différents cycles (cf.i.c.1). Les bactéries constituent une part importante du cycle de l'azote, parmi d'autres cycles : nitrification avec *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*, par exemple. Les actinomycètes et champignons participent à la décomposition des litières et à l'humification. Parmi la faune du sol, la mesofaune (acariens, par exemple) influe sur la microstructure du sol par la libération de boulettes fécales [8]. Les propriétés biologiques du sol sont donc primordiales dans la disponibilité des nutriments et influent sur d'autres propriétés du sol vues précédemment. Cela en fait un facteur clé de la bonne croissance des plantes.

III. Evolution de l'agriculture au XXe et XXIe siècle et conséquences sur le sol

1. Brève description de l'agriculture du XXe/XXIe siècle

L'agriculture a subi plusieurs révolutions depuis que l'Homme a appris à cultiver les plantes il y a plusieurs milliers d'années.

Avec la révolution industrielle à la moitié du XIXe siècle et la croissance rapide de la population mondiale, des moyens ont été mis en oeuvre pour faire face à cette demande croissante dans le secteur alimentaire. Il s'agit notamment d'engrais et de pesticides, développés par les industries chimiques et rapidement appliqués dès le début du XXe siècle. Les premiers phytosanitaires sont des molécules à caractéristiques communes : un large spectre d'action en tant que biocide et leur très faible biodégradabilité. On les retrouve dans le sol plus de 50 ans après leur utilisation. En résulte une contamination du sol mais aussi des rivières qui répandent les produits sur toute la planète. Aujourd'hui les pesticides sont soumis à des critères différents : un effet spécifique et facilement biodégradables [1].

Une autre révolution s'est mise en route au début des années 1980 avec le développement du génie génétique : une solution alternative aux pesticides grâce au développement des organismes génétiquement modifiés résistants à leur parasites, comme le maïs Bt.

Quels sont les conséquences de cette agriculture sur les propriétés du sol ?

2. Impacts et conséquences sur le sol

La conséquence de l'utilisation massive des agents chimiques difficilement biodégradables est une destruction de la biomasse du sol : les phytosanitaires ayant pour cible les "mauvaises herbes" et les insectes nuisibles détruisent une partie de l'écosystème du sol qui est nécessaire à son bon fonctionnement. Par conséquent, le sol perd de sa capacité à fournir aux plantes les nutriments nécessaires. De plus, les agents chimiques utilisés sont dans certains cas captés par les plantes et transmis à ceux qui les consomment. Il s'agit par exemple de molécules utilisées au début du XXe siècle comme le polychlorobiphenyle utilisé en sylviculture mais aussi lors de la guerre de Vietnam comme défoliant. L'utilisation des engrais a aussi provoqué une salinisation excessive des sols, influant sur les propriétés chimiques du sol tels que la CEC.

Plus généralement, l'exploitation intensive du sol a provoqué un phénomène compromettant les propriétés physiques du sol qu'est l'érosion. L'érosion du sol a été aggravée par les labourages et constitue aujourd'hui un risque écologique et un danger pour la population.

3. Solutions alternatives à cette agriculture

Plusieurs solutions émergent pour restaurer le sol ou du moins limiter sa détérioration :

- Utilisation de plantes génétiquement modifiées résistantes aux ravageurs, mais dont les effets sur l'écosystème sont encore mal connus, limiterait l'utilisation de phytosanitaires
- Dépollution des sols par les plantes : phytoremédiation, qui s'applique aux polluants organiques (hydrocarbures lourds, pesticides) et aux polluants minéraux (métaux, cyanures). Par exemple, l'accumulation de cadmium et de zinc par *Noccaea Caerulescens* [9].
- L'agriculture biologique qui n'utilise pas d'agents chimiques mais se concentre sur la restauration des liens entre les différents acteurs de l'écosystème du sol pour créer une relation symbiotique entre eux. C'est notamment le but de l'association Terre de Liens.

Bibliographie/Webographie

- [1]: M.ROBERT, *Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement*, Ed.Masson, Paris, 1996, 7,9,10,18,59,62,64,67,68,69
- [2]: A.BRUAND, *Qu'est-ce que le sol ?*, Le Sol, Ed.Quae, INRA, 2009, 12
- [3]: Robert, 1992
- [4]: C. et L.BOURGUIGNON, *Le sol, la terre et les champs*, Ed.Sang de la Terre, Paris, 2008, 56
- [5]: P.DUCHAUFOUR, *Abrégé de pédologie*, Ed.Masson, Paris, 1997, 11,59,60,
- [6]: R.CALVET, *Le Sol*, Ed.France Agricole, Paris, 2013
- [7] : R."Bobby" GRISSO, M.ALLEY, D.HOLSHOUSER, W.THOMASON, *Precision Farming Tools : Soil Electrical Conductivity*, Virginia Cooperative Extension, Publication 442-508, 2009, 1
- [8]: Ponge et Delhayé, 1995
- [9]: T.STERCKEMAN, *Dépolluer les sols par des plantes, la phytoremediation*, Le Sol, Ed.Quae, INRA, 2009

Projet 13 : Terre de Liens Lorraine

Partie 1 : L'association Terre de Liens	Mina CHARNAUX
Partie 2 : Les indicateurs de paysage	Justine LAISEMENT
Partie 3 : Biodiversité	Sarah BOGGIO-POLA
Partie 4 : L'eau, indicateur écologique	Hélène PITHON
Partie 5 : Sol	Krystof MICHALSKY

