

Rapport de Stage de fin d'étude de DUT génie biologique

Caractérisation du milieu biophysique pour
déterminer l'orientation technique d'une
parcelle agricole

Application au territoire du Livradois-Forez



FAYET Thomas

Maître de stage : Véronique GENEVOIS, Noëlle GUIX

Tutrice : Geneviève GAGNE

Université Clermont-Auvergne
IUT de Clermont-Ferrand, Campus universitaire d'Aurillac
Département génie biologique
Années universitaires 2016-2017

Résumé

Le stage précédent a montré qu'il est important de prendre en compte le **milieu biophysique** lors de l'acquisition des **références technico-économiques** dans les fermes de ruminants en AB du **Massif Central**, pour pouvoir utiliser ces références. Suite à ce constat, un **arbre de classification** à la parcelle a été construit à partir d'exploitations d'ovins allaitant. Son utilisation permet d'acquérir le **contexte pédoclimatique** de chacune des exploitations référencées.

Pour faire suite à ce travail, le stage est tourné vers la modification et la validation de cet outil de classification. Pour cela, un territoire précis fut choisi : le **Livradois-Forez**. Grâce à différentes données acquises sur le milieu par le biais des sondages pédologique effectués par le Référenciel régional pédologique d'Auvergne, un traitement statistique a pu être fait. Le traitement de ces données a permis de modifier et valider les différents **seuils de contraintes** déjà présents dans l'arbre précédent, sans qu'il ait de changement dans l'ordre d'importance des critères de **milieu biophysique** représenté.

De plus, un guide pour l'utilisation de l'**arbre de classification** a été créé afin de préciser le mode d'acquisition des **quatre indicateurs (altitude, pente, géologie et profondeur de sol)** présent dans l'arbre.

Malgré que cet arbre ne soit pas encore validé par les agriculteurs il est adapté au **Livradois-Forez**. Néanmoins, il est peut-être transposable à d'autres territoires du **Massif Central** où le milieu est proche de celui du Livradois-Forez. Cependant, un travail de validation et d'adaptation reste à faire pour l'ensemble du Massif-Central ainsi que pour toutes les productions de ruminant du réseau Bioréférence.

Abstract

The previous intership showed that it is important to take into account the **biophysical environment** when acquiring **technicals and economics references** on ruminant farms in the **Massif Central**, in order to use these references. As a result, a **classification tree** for the plot was constructed from suckling sheep farms. Its use makes it possible to acquire the **pedoclimatic context** of each of the referenced farms.

As a follow-up to this work, the intership turn to the modification and validation of this **classification tool**. For this, a specific area was chosen: the **Livradois-Forez**. Thanks to various data acquired on the environment through soil survey carried out by the pedology regional reference of Auvergne, a statistical treatment could be done. The processing of these data made it possible to modify and validate the various **thresholds of constraints** already present in the previous tree, without there being any change in the order of importance of the criteria of the **biophysical environment** represented.

In addition, a guide for the use of the **classification tree** was created to specify the method of acquisition of the **four indicators (altitude, slope, geology and soil depth)** present in the tree.

Although, this tree is not yet validated by the farmers, it is adapted to **Livradois-Forez**. Nevertheless, it may be transposable to other territories of the **Massif Central** where the environment is close to that of Livradois-Forez. However, validation and adaptation work remains to be done for the entire **Massif Central** as well as for all the ruminant production of the bioreference network.

Remerciements

Merci à Emmanuelle Soubeyran directrice générale de Vetagro Sup, pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein de Vetagro Sup à Lempdes.

Un grand merci à Noëlle GUIX maître de conférences en agronomie et science du sol, ma maître de stage, pour sa bonne humeur permanente, son soutien et son aide précieuse tout au long du travail et lors de la rédaction du rapport.

Je tiens à remercier Véronique Genevois pédologue-cartographe, co-encadrante du stage, qui m'a beaucoup aidé lors du traitement des données et de la création de l'outil de caractérisation et Pierre-Baptiste Gaignard assistant ingénieur (pédologue-cartographe), qui m'ont apporté beaucoup de connaissance notamment en pédologie tout le long de ce stage.

Merci à Adrien Deplat stagiaire à Vetagro Sup, pour les échanges de connaissances et de compétences tout au long du stage et pour les données sur les fosses pédologiques.

Merci à Julie Grenier, membre du pôle AB Massif Central, pour m'avoir apporté des connaissances sur le pôle et sur le projet.

Merci à Jean Zapata ingénieur à l'EDE du Puy de dôme, pour m'avoir transmis ses données et avoir pris le temps de me les expliquer.

Je remercie Jean-Marcel Morel géologue-volcanologue, pour les connaissances en géologie qu'il a su me transmettre toujours avec le sourire.

Sommaire

Résumé.....	
Abstract.....	
Remerciements.....	
Introduction.....	1
1. Contexte.....	2
1.1. L’agriculture biologique et le projet BioRéférence	2
1.1.1. L’AB en France et dans le Massif Central.....	2
1.1.2. Le projet BioRéférence au sein de l’AB.....	2
1.2. Comment prendre en compte le milieu biophysique dans l’acquisition des références ?	4
1.2.1. Les intérêts de la prise en compte du milieu.....	4
1.2.2. La démarche suivie pour prendre en compte le milieu.....	5
1.2.3. Les limites du modèle et les points d’améliorations.....	7
1.2.4. Les objectifs du stage.....	8
2. Méthodes d’acquisition et de traitements des données.....	9
2.1. Description biophysique du territoire du Livradois-Forez	9
2.2. Acquisition et méthode de traitement des données sol.....	10
2.3. Protocole de création du guide d’utilisateur	12
3. Les résultats obtenus lors du traitement de la base de données, mise en place de l’arbre et du carnet.....	12
3.1. Utilisation de la base de données : SOL, et modification du milieu biophysique dans l’arbre de classification.....	13
3.1.1. Les résultats obtenues	13
3.2.2. Les choix de changement dans l’arbre de classification (figure 13).....	15
3.2. Fabrication du carnet d’utilisation de l’outil.....	18

4. Limites d'utilisation et voies d'amélioration	19
4.1. Un faible nombre de facteurs de comparaison.....	19
4.2. Travail sur un territoire limité.....	20
Conclusion	21
Liste des acronymes.....	
Glossaire	
Bibliographie	
Liste des annexes	

Introduction

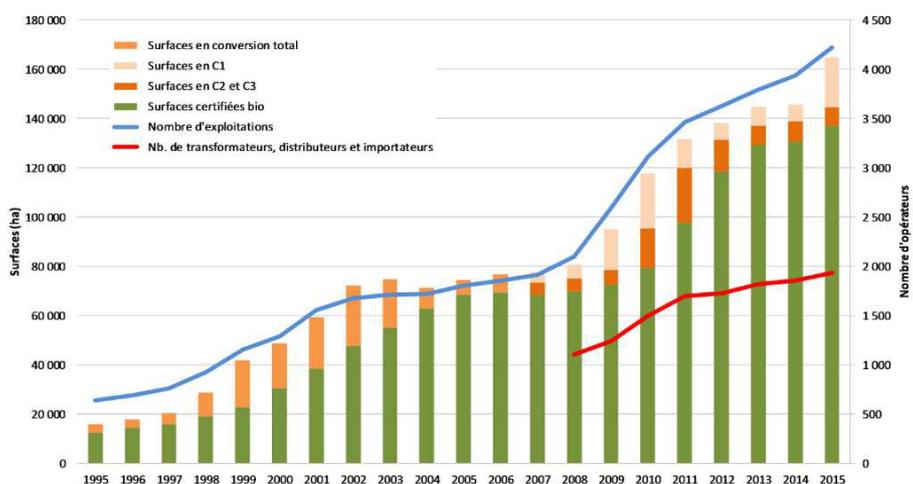
La croissance de l'agriculture biologique (AB) est assez rapide en France, notamment dans les territoires plutôt orientés vers la polyculture et l'élevage. Plusieurs structures au niveau régional et national ont été créées pour accompagner la conversion des fermes en AB et développer ce mode de production au niveau territorial, notamment en lançant des campagnes et projets de recherches visant à améliorer les connaissances en AB. Il existe une dizaine de structures professionnelles au niveau régional à travers la France.

Le Pôle Scientifique AB Massif Central (une des structures régionale) a pu lancer en 2015 le projet BioRéférences qui consiste à relever des données technico-économiques dans des exploitations biologiques de ruminants afin de créer une base de données de références propres au territoire du Massif Central qui pourra ensuite servir aux conseils effectués dans les exploitations afin d'accompagner les conversions et les installations en AB.

Cependant, le contexte pédoclimatique n'est pas relevé lors de l'acquisition des références ce qui pourrait poser un problème d'interprétation et d'extrapolation des données. Le projet BioRéférences, dans son axe de recherche et développement, prévoit de s'y intéresser. Pour cela, un premier stage a été effectué en 2016 afin de créer un outil de caractérisation du milieu biophysique d'une parcelle cultivée [1] au sein de Vetagro Sup qui est une structure partenaire du projet et qui accueille le pôle scientifique AB Massif Central.

Le présent stage propose une suite à ce premier travail. C'est pour cela que ce stage sera tourné vers la problématique suivante : comment caractériser le milieu biophysique pour déterminer l'orientation technique d'une parcelle, au sein du Livradois-Forez ?

La première partie énoncera le contexte de la problématique. La seconde évoquera la démarche globale suivie et les méthodes utilisées. En particulier seront présentés, le mode d'acquisition et la manière avec laquelle vont être traitées les données sur le sol, la géologie et l'altitude. Une troisième partie montrera les résultats obtenus et leurs utilisations pour la modification de l'outil ainsi que la mise en place de la méthodologie d'acquisition du milieu. Pour finir, la quatrième partie présentera les limites de l'outil et le travail d'amélioration à réaliser.



Nombre d'opérateurs et surfaces (ha) engagés dans la production biologique en 2015

Figure 1 : Evolution des surfaces et du nombre d'opérateurs engagés dans la production biologique au sein de la région Auvergne-Rhône-Alpes

Source: Agence bio

Tableau 1: Le cheptel ruminant certifié AB dans le Massif Central

	Vaches allaitantes	Vaches laitières	Brebis viande	Brebis laitières	Chèvres		
nombre de tête dans le MC	31 432	13 464	49 838	53 837	11 980	160 550	TOTAL
<i>pourcentage du cheptel du MC par rapport au cheptel national en AB</i>	21,5	10,1	29,1	68,1	23,1	26,7	moyenne

Source: Agence bio

1. Contexte

1.1. L'agriculture biologique et le projet BioRéférence

1.1.1. L'AB en France et dans le Massif Central

L'Agriculture biologique est en plein essor en France. La surface cultivée en bio a augmenté de 18 % entre 2014 et 2015 en France, ce qui représente plus de 1,3 millions d'ha en AB (figure 1). De même, le nombre de ruminants certifiés atteint presque les 600 000 avec une augmentation de 12% entre 2014 et 2015 [2].

Dans le Massif-Central (MC), le nombre d'exploitations certifiées a augmenté de 10.1 % entre 2014 et 2015. Il totalisait donc en 2015, 6770 exploitations en AB. De plus, la SAU engagée en bio dépasse les 360 000 ha dans le MC, (ce qui représente plus de 6 % de la SAU du MC). Le cheptel de ruminant certifié représente 27 % du cheptel français en AB avec 160 000 têtes (tableau 1)[3].

Cependant, la bio contraint les exploitations à se soustraire aux différents produits chimiques de synthèse comme les produits phytosanitaires et les engrais, mais aussi aux différents types d'OGM (règlement européen[4]). Toutes les mesures appliquées en AB ont pour but de limiter l'impact de l'agriculture sur l'environnement (les écosystèmes, le sol, l'eau, ...)[5]. Par exemple, les agriculteurs ont pour obligation de faire des rotations de culture, et de réaliser un travail raisonné du sol visant à stocker du carbone et à améliorer leur activité biologique, ils n'ont droit qu'à trois traitements pharmaceutiques par animal et par an, le fumier non bio doit subir un compostage avant d'être épandu, ...

Du fait de la forte augmentation de l'AB depuis les années 2000, de nombreux projets menés par les structures de développement de l'AB voient le jour, visant à créer différents outils d'aide et de gestion pour améliorer les techniques et savoir-faire de l'AB.

1.1.2. Le projet BioRéférence au sein de l'AB

Le projet BioRéférence a été créé en 2015 pour une durée de cinq ans, par le pôle AB du Massif-Central. Le pôle AB est une association (loi de 1901) qui a vu le jour en 1998, son but est de développer la bio dans le Massif-Central en rassemblant des professionnels autour de différentes thématiques de recherche. Ce projet met en relation

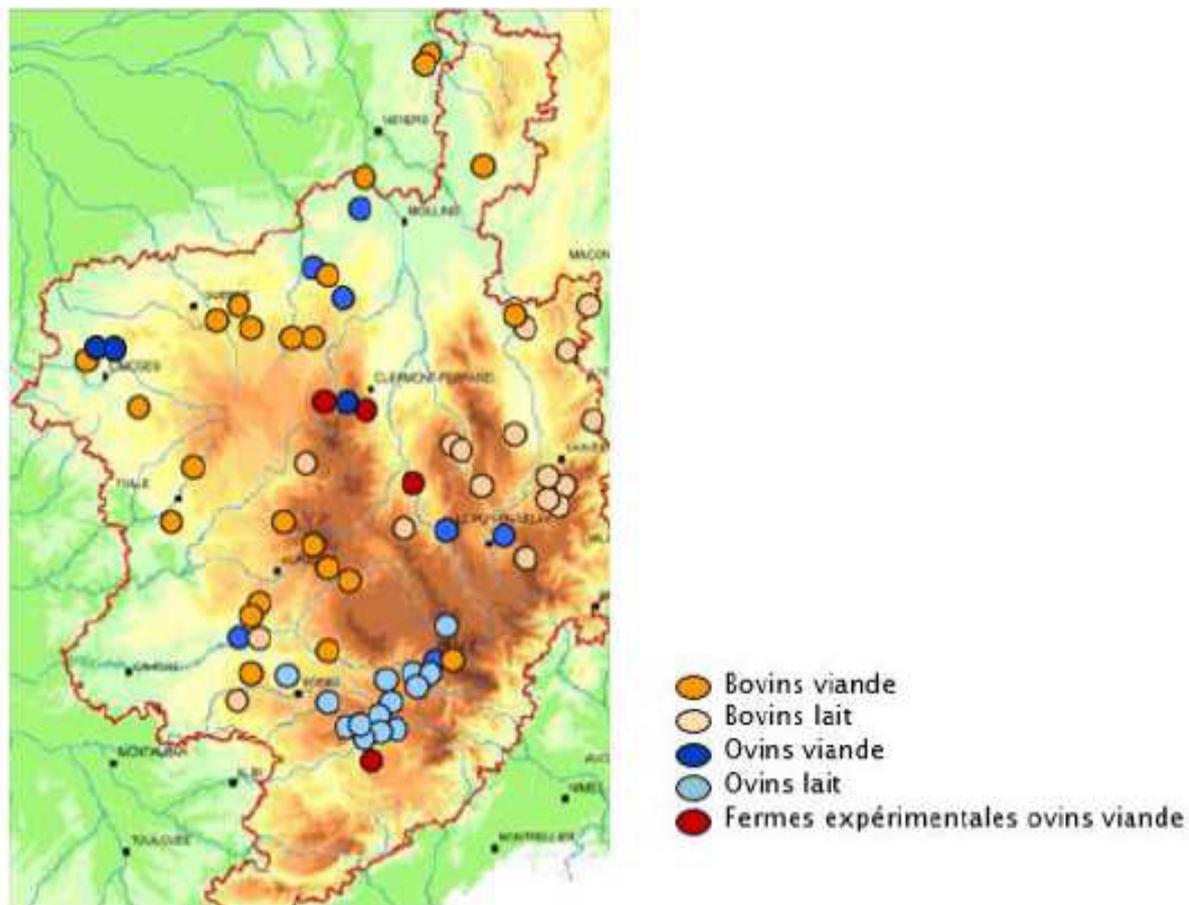


Figure 2: Répartition des fermes du réseau BioRéférence dans le Massif Central

Source : Pôle AB Massif Central - projet BioRéférence

plusieurs collèges de professionnels en lien avec l'agriculture, pour former un groupe en recherche et développement.

Il a été mis en place afin de créer des références technico-économiques dans des fermes de ruminants en AB du Massif-Central. Les professionnels récoltent une fois par an (depuis maintenant deux ans) des données technico-économiques de 70 exploitations de références qui sont réparties sur tout le territoire (les 22 départements du Massif-Central)[1] ([figure 2](#)).

Ces références sont saisies dans un outil informatique: DIAPASON, qui permet de rassembler toutes les données acquises lors des visites sur les exploitations dans une seule plateforme.

Elles ont pour but d'être utilisées lors de l'installation ou de la conversion en AB d'exploitations. En effet, ces références donneront un aperçu des objectifs à atteindre, elles seront également utilisées pour faire une étude de faisabilité (économique et technique) pour la conversion ou l'installation d'une exploitation dans cette filière-là. De plus, certains agriculteurs déjà en AB peuvent les utiliser pour mettre en place des améliorations. Les coopératives ont aussi le moyen de s'en servir pour évaluer le potentiel de leur production et de leur vente si un nombre suffisant d'exploitations rattachées à la coopérative se convertissent en AB par exemple.

Au jour d'aujourd'hui, les membres du projet non pas encore de protocole précis pour communiquer ces références, afin qu'elles soient valorisées au mieux, sans pour autant faire de ces fermes des modèles uniques à suivre. De plus, le mode d'acquisition des références n'est pas encore tout à fait arrêté, car toutes les données n'ont sûrement pas une utilité alors que d'autres informations non récoltées à ce jour pourraient avoir de l'importance.

C'est pour cela que l'un des axes du projet porte sur la recherche et la méthodologie, afin d'améliorer l'acquisition des références en terme de collecte des données (intégration des exploitations dans un contexte pédoclimatique, nombres de données économiques,...) et d'utilisation de celles-ci. Pour le moment, plusieurs solutions sont mises en avant comme la création de « cas type ». Ces « cas type », regrouperaient plusieurs exploitations du réseau et formeraient un groupe d'exploitation modèle avec les données technico-économiques de chaque exploitation. Les données seraient utilisées en

prenant en compte la moyenne des exploitations qui seront regroupées. La prise en compte du milieu fait aussi l'objet d'un axe de recherche avec comme première problématique : **Comment prendre en compte le milieu naturel dans la production de références technico-économiques à l'échelle de l'exploitation agricole ?**

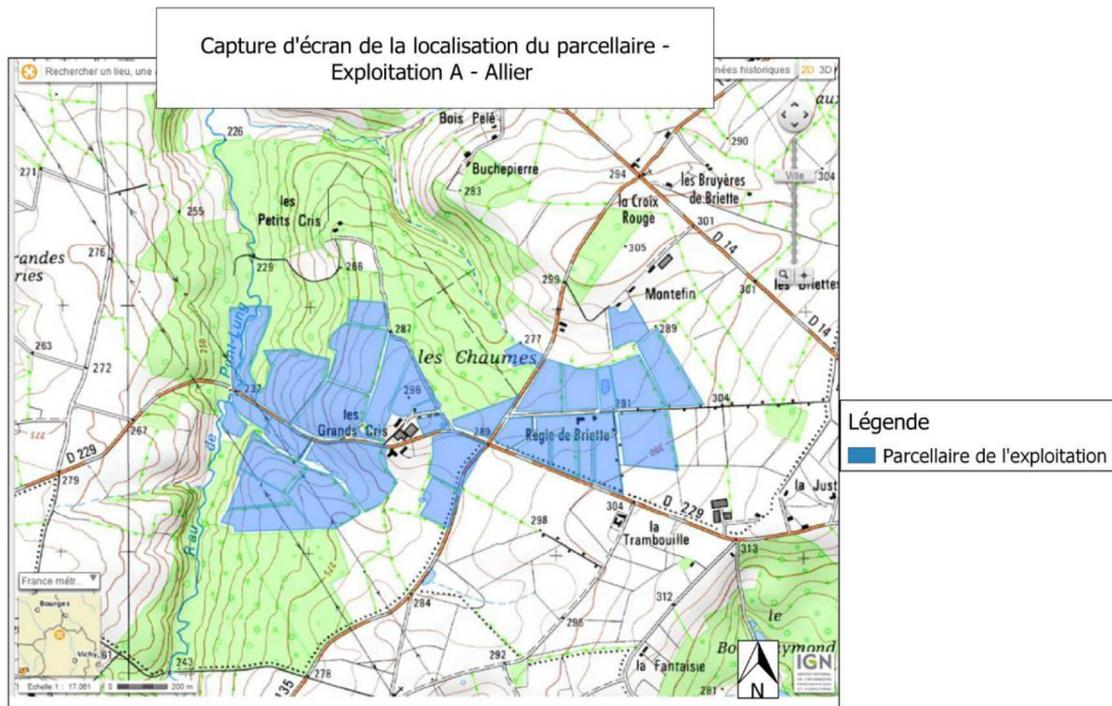
Cette problématique a été traitée lors d'un stage de Master 2 ingénieur [1], afin de connaître les intérêts de la prise en compte du milieu biophysique dans la production de références technico-économiques et de créer un outil simple pour caractériser le contexte pédoclimatique des exploitations.

1.2. Comment prendre en compte le milieu biophysique dans l'acquisition des références ?

1.2.1. Les intérêts de la prise en compte du milieu

Afin de savoir si le milieu est un axe important à prendre en compte afin de le relier aux données technico-économiques, une enquête (dans le cadre du stage de Master 2) a été réalisée auprès de quelques agriculteurs du réseau Bioréférence, en production d'ovins allaitants, pour valider des hypothèses mettant en avant les effets que peut avoir le milieu sur cette production. Au total huit hypothèses ont été formulées et présentées à chaque agriculteur :

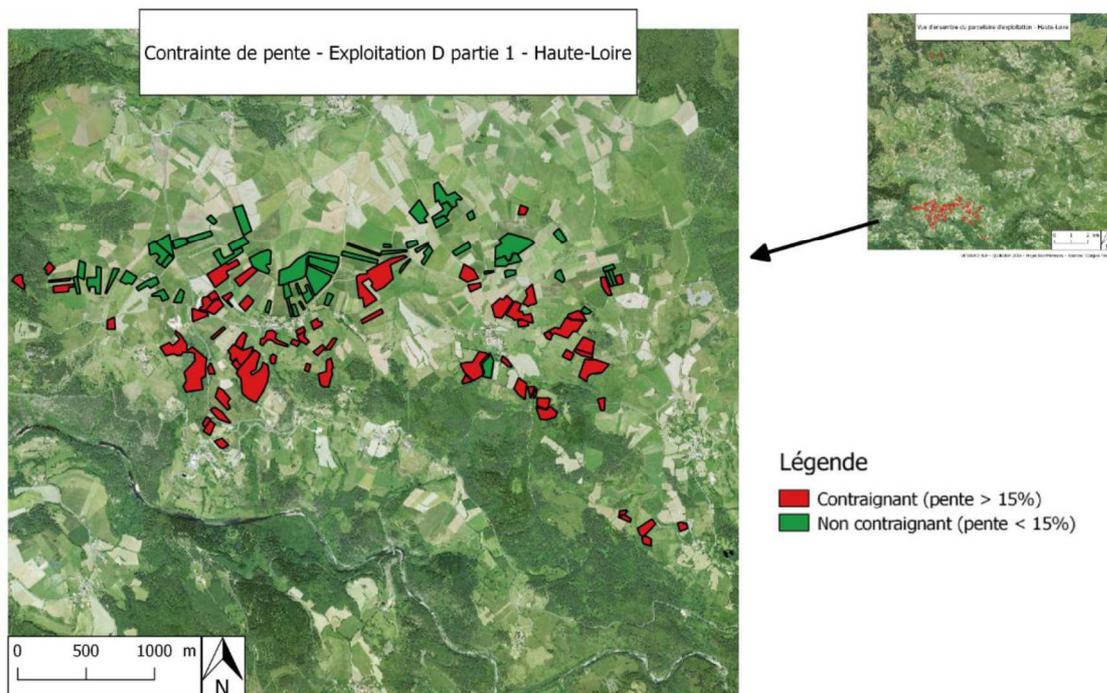
- 1- Le contexte pédoclimatique et topographique conditionne l'assolement
- 2- La richesse nutritionnelle des fourrages dépend du type de sol
- 3- Les rendements sont influencés par les conditions pédoclimatiques
- 4- Le type de sol conditionne les pratiques de fertilisation
- 5- La date de mise à l'herbe dépend des conditions climatiques (enneigement et pousse de l'herbe)
- 6- Les problèmes de parasitismes sont en partie liés au type de sol
- 7- Les périodes de mises bas dépendent des conditions climatiques (car peuvent être dépendantes de la gestion de la mise à l'herbe)
- 8- Le choix de la production et/ou de la race dépend du contexte pédoclimatique de l'exploitation



VETAGRO SUP - QUIBLIER 2016 - Projet Bioréférences - Sources: Telepac et géoportail

Figure 3: Carte descriptive d'une exploitation, Localisation et altitude des parcelles

Source : Mémoire de stage, d'A.QUIBLIER (2016)



VETAGRO SUP - QUIBLIER 2016 - Projet Bioréférences - Sources: Craig et Télépac

Figure 4: Exemple d'une carte interprétée, contrainte de pente d'une exploitation

Source : Mémoire de stage, d'A.QUIBLIER (2016)

A la suite de la présentation, les agriculteurs ont validé ou réfuté chacune des hypothèses en expliquant les raisons de leurs choix.

Les hypothèses concernant les impacts du milieu sont pour la plupart validées. Il semblait donc pertinent de travailler sur le milieu dans l'acquisition des références, puisque les conditions du milieu biophysique peuvent expliquer une grande partie des choix techniques.

En effet, si les références ne sont pas reliées au contexte pédoclimatique, il peut être plus difficile ensuite de faire une restitution des données et de réaliser un conseil très précis. On ne saura pas dans quel contexte évolue l'exploitation, si l'exploitation de référence est très éloignée de l'exploitation à laquelle les conseils sont donnés, ceux-ci pourraient alors manquer de pertinence. C'est pour cela que la suite du stage en 2016 consistait en la création d'un outil de caractérisation du milieu biophysique.

1.2.2. La démarche suivie pour prendre en compte le milieu

1.2.2.1. Les indicateurs sélectionnés

Afin d'intégrer le milieu, neuf indicateurs (sélectionnés au préalable sur la base de leur pertinence et de la facilité à les caractériser) ont été testés : la géologie, la pente, l'altitude, les caractéristiques de sol comprenant l'hydromorphie*, la texture, la profondeur, la Capacité d'Echange Cationique* (CEC), la charge en cailloux et enfin le pH. Tous ces indicateurs ont été représentés sous forme de carte, à partir de données en accès libre sur internet (site : géoportail) et, concernant les sols, par la base de données nationale Donesol. Deux types de cartes ont été nécessaires : les cartes descriptives ([figure 3](#)) et les cartes interprétées ([figure 4](#)). Les premières ont été obtenues facilement grâce à l'utilisation de géoportail tandis que les deuxièmes ont été créées à partir de seuils de contraintes (pente, charges en cailloux, profondeur, ...) établies grâce aux différentes recherches bibliographiques. Toutes ces cartes ont ensuite été validées (ou non) par un questionnaire avec les différents agriculteurs (9 agriculteurs en ovins allaitant du Massif-Central).

Suite à cela certains seuils furent modifiés et des indicateurs non pertinents ou difficilement représentables (résolution spatiale insuffisante, ...) furent supprimés.

Le choix pour l'outil final fut de le représenter sous la forme d'une arborescence pour classer chacune des parcelles d'une exploitation. Afin de créer l'arbre six indicateurs sont retenus en commençant par la pente, l'altitude et la géologie. Au niveau du sol, l'hydromorphie*, la CEC* et la charge en cailloux semblaient peu pertinents (car difficile à apprécier sur le terrain) ou difficilement accessibles (résolution spatiale des données disponibles dans la base de données Donesol insuffisante). Les données retenues pour le sol sont donc le pH, la profondeur et la texture.

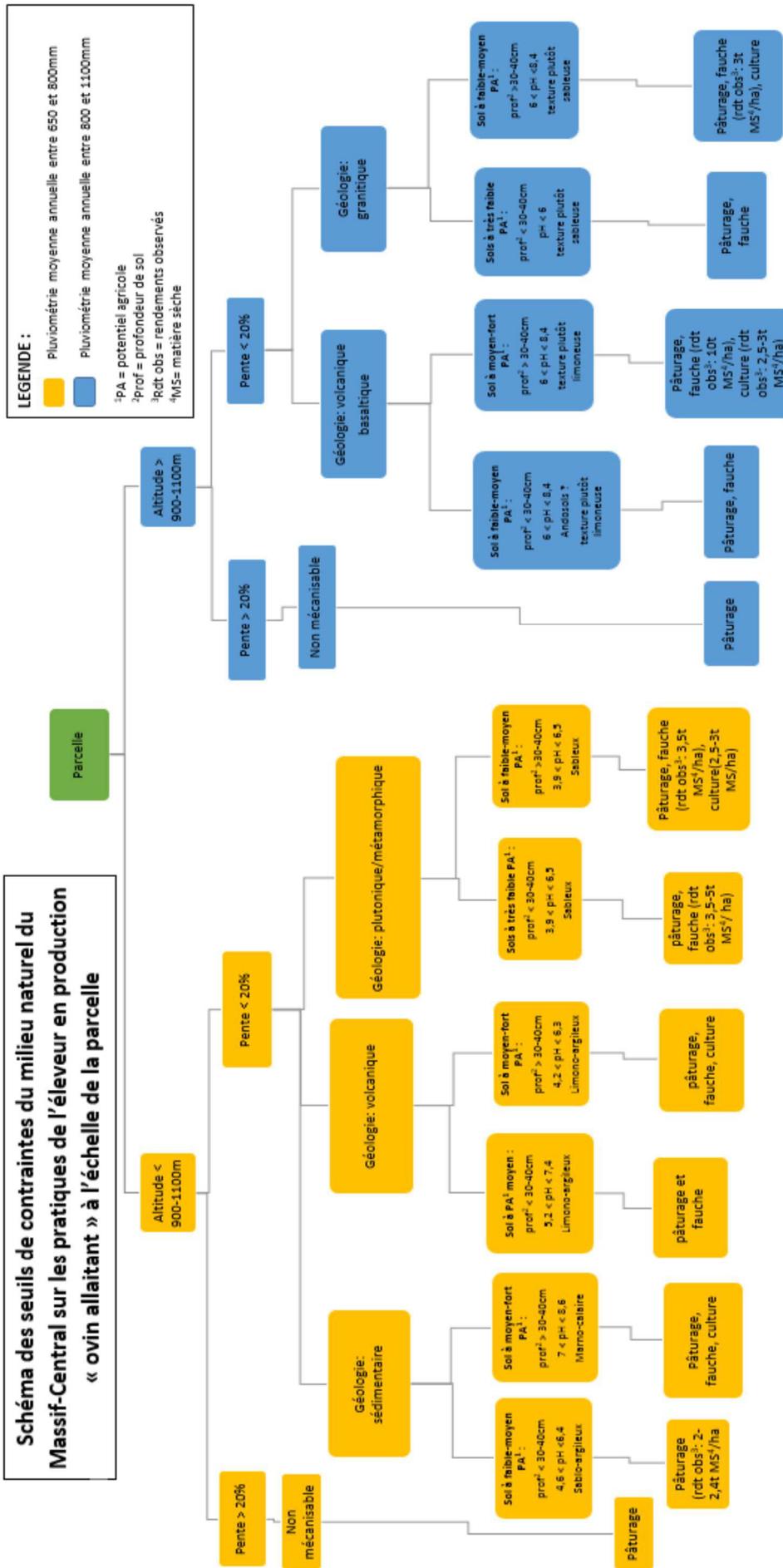
Suite à leur sélection tous ces facteurs vont être découpés en seuils en fonction de contraintes agricoles, la plupart du temps, ou de contraintes pédoclimatique.

L'altitude est un indicateur du climat. Les seuils ont été créés en fonction de la possibilité de laisser les animaux dehors toute l'année ou non, donc soit la parcelle est en dessous de 900-1100m soit elle est au-dessus de 900-1100m d'altitude. Au-delà de cette altitude, les animaux (ovins) sont en bâtiment durant l'hiver et les systèmes d'élevage sont basés sur des systèmes herbagers. Les concentrés sont alors généralement achetés et non produits, le milieu ne le permettant pas.

La topographie, quant à elle, influe sur la mécanisation de la parcelle et a ainsi une conséquence sur l'assolement. Ainsi d'après les agriculteurs, au-delà de 20 %, la parcelle n'est plus mécanisable, elle devient donc réservée au pâturage en prairie permanentes.

Ensuite, pour la géologie, trois types différents de roches ont été sélectionnés : les roches sédimentaires*, les roches volcaniques* et les roches métamorphiques*/plutoniques*. Il a été convenu que de conserver ces grandes catégories de roches permettait à des non-initiés en géologie de trouver l'information, et qu'elles permettent en outre de donner des informations sur le contexte géochimique du milieu. Enfin pour le sol, ce sont des potentiels agricoles qui sont définis, à partir de la combinaison des indicateurs pédologiques évoqués plus haut. Tout d'abord, la profondeur conditionne généralement le fait de pouvoir cultiver le sol avec des opérations de labour. La profondeur limite de 30-40cm a été retenue. Pour le pH, plusieurs seuils ont été établis en fonction du type de roche sur lequel le sol s'est formé. La texture s'ajoute, les textures fines (argile-limon) étant jugées meilleures en vue d'une mise en culture que des textures grossières (plutôt sableuse), du fait du plus faible réservoir en eau et en éléments nutritifs que représentent ces sols. Ces trois facteurs forment un potentiel agronomique (de faible

Schéma des seuils de contraintes du milieu naturel du Massif-Central sur les pratiques de l'éleveur en production « ovins allaitant » à l'échelle de la parcelle



N° de colonne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Exploitation A												
Exploitation B	5 %				95 %	95 %	5 %					
Exploitation C	45 %					22.5 %	22.5 %					
Exploitation D								14 %		43 %		
Exploitation E	100 %											

Figure 5 : Arbre de classification des parcelles

Source : Mémoire de stage, A. Quiblier (2016)

à fort) qui est ensuite rattaché à un rendement indicatif moyen, ici les données n'ont pu être récupéré que sur quelques parcelles et quelques utilisations (prairie permanente/temporaire et culture).

1.2.2.2. Réalisation de l'arbre de classification

A partir de ces seuils, il a été décidé de créer un outil qui doit être utilisable par tous les conseillers et qui doit avoir un coût d'utilisation presque nul notamment lors de l'acquisition des données. C'est pour cela que certains critères non pas pu être retenus, car trop difficile ou trop coûteux à obtenir (CEC*, charge en cailloux, ...). Tous les critères retenus peuvent ainsi être facilement acquis grâce à des cartes gratuites ou par un questionnaire simple chez l'agriculteur.

Pour ce faire, les indicateurs ont été classés du plus au moins contraignants (dans un objectif de production agricole) pour pouvoir établir l'arbre de classification (figure 5).

Altitude → Pente → Géologie → Potentiel Agronomique (sols)

L'arbre fonctionne par colonne (12 au total). Grâce à l'arborescence, il faut déterminer le type de parcelle en suivant les seuils indiqués (dichotomie). Chaque parcelle est ensuite classée dans un tableau où le pourcentage de surface de la parcelle par rapport à la surface totale sera renseigné. Avant de faire ce travail, il faut préalablement créer des cartes pour tout le parcellaire de l'exploitation et aller sur chaque parcelle (ou questionner l'agriculteur) pour récupérer précisément les données sol. Ainsi, quand le conseil est effectué sur une autre exploitation, les parcelles sont classées de la même manière et le conseiller peut aller chercher les données de l'exploitation de référence qui se rapproche le plus (du point de vue milieu) de l'exploitation conseillée.

1.2.3. Les limites du modèle et les points d'améliorations

Certaines limites de conception et d'utilisation sont à considérer. Premièrement, les données sur les sols ne sont que très peu détaillées et ont été obtenues seulement à partir de la carte des pédopaysages au 1/250 000 qui est une des interprétations des données sur les sols, à cette échelle les cartes peuvent varier en fonction du pédologue-cartographe créateur mais aussi de la position des fosses et des sondages. Les différents seuils et indicateurs proviennent de la consultation d'une pédologue-cartographe (Véronique Genevois, RRP Auvergne) et d'une enquête chez les agriculteurs (5 exploitations réparties dans le Massif-Central). De plus, certains indicateurs comme



Figure 6: Carte du Massif Central, positionnement du Livradois-Forez

Source : Géoportail

l'hydromorphie* ne sont pas présent dans l'outil alors qu'ils peuvent avoir une influence sur l'utilisation de la parcelle.

Deuxièmement, la validation des hypothèses et les contraintes des exploitations ont été obtenues à partir de ferme en ovins allaitant bio uniquement. Il est donc essentiel de se demander si les contraintes et l'outil est transposable aux autres exploitations de ruminant du réseau.

Troisièmement, les rendements donnés à la fin de l'arbre ne sont pas toujours présents, et restent à vérifier car les informations n'ont été relevées que sur quelques exploitations réparties dans le Massif-Central. Il serait donc bon de rajouter et préciser toutes les données manquantes.

1.2.4. Les objectifs du stage

L'outil fut conçu avec une entrée production, c'est-à-dire que les contraintes furent réfléchies en fonction de l'influence du milieu sur les pratiques des agriculteurs et non purement en fonction de l'influence du milieu sur les caractéristiques d'une parcelle. Par exemple, le seuil d'altitude conditionne l'hivernage en extérieur des ovins.

Dans le cadre de ce stage, l'entrée milieu sera privilégiée. L'arbre sera en partie tourné vers l'influence du milieu sur les spécificités d'une parcelle. Le but est d'améliorer l'outil de classification des parcelles en fonction du milieu biophysique.

Dans le même temps, un développement du guide d'utilisateur de l'outil sera effectué pour permettre une meilleure compréhension et utilisation de l'arbre de classification par les techniciens.

De plus, l'objectif était aussi de proposer des rendements pour chaque type de parcelle identifié dans l'outil de classification. Grâce à Jean Zapata (ingénieur à l'EDE 63) nous avons pu obtenir des données sur des exploitations du Livradois-Forez ([figure 6](#)) qui avaient fait l'objet d'un DIAM (diagnostic multifonctionnel) qui utilise la typologie multifonctionnelle des prairies ([annexe 1](#))[6]. Cependant, après avoir trié les données, la résolution spatiale de celles-ci n'étaient pas suffisante (données à l'échelle de l'exploitation et non de la parcelle, le parcellaire n'était pas associé à chaque exploitations), la valeur des rendements englobait la totalité des parcelles des exploitations. Cet objectif fut donc abandonné car il n'y avait pas la possibilité d'utiliser la base de données ni de contacter suffisamment d'exploitations, en terme de temps et de

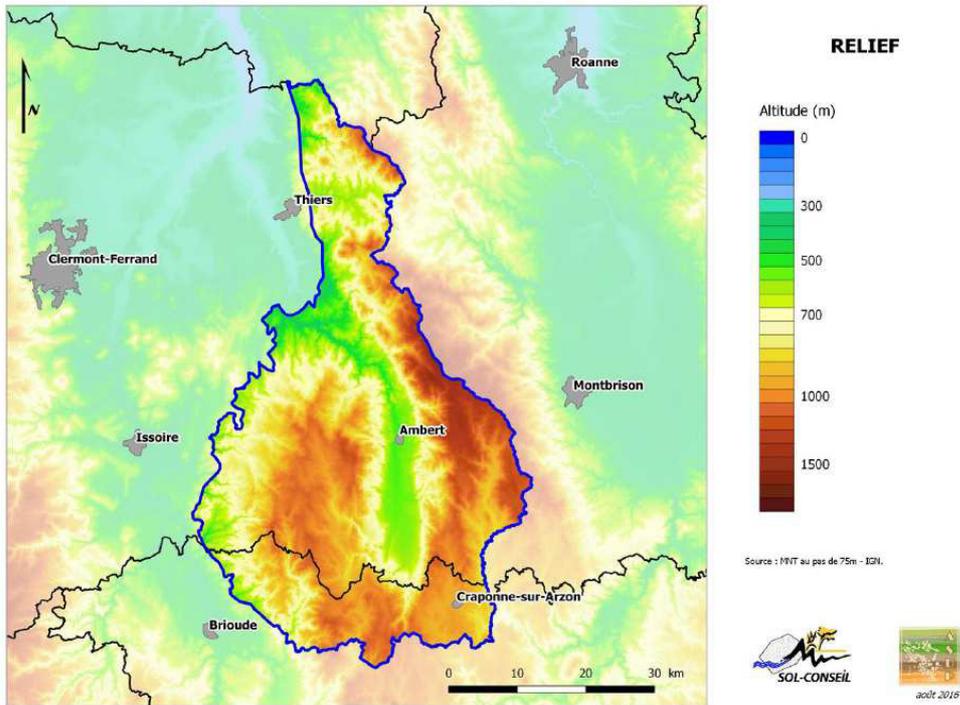


Figure 7: Carte des reliefs du Livradois-Forez (contour limite secteur d'étude du RRP)

Source : RRP Livradois Forez – Atlas cartographique – Sol Conseil / ASUP

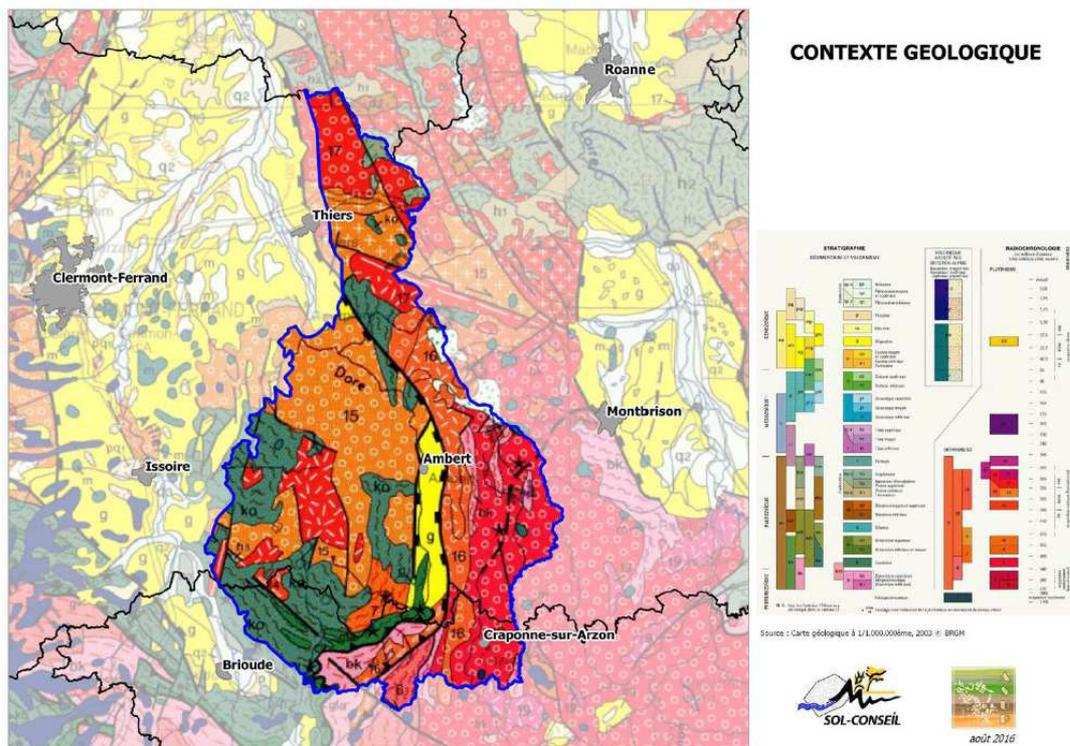


Figure 8: Carte géologique du Livradois-Forez (contour limite secteur d'étude du RRP)

Source : RRP Livradois Forez – Atlas cartographique – Sol Conseil / ASUP

moyen (nombre insuffisant de contacts), pour obtenir des valeurs significatives. Sur un stage de 10 semaines, il a été difficile de pouvoir contacter les différentes exploitations afin d'obtenir leur parcellaire ce qui nous a permis de distinguer les exploitations ayant des parcelles sur différents matériaux géologiques et à différentes altitudes.

Toutes les données utilisées seront acquises par le biais de différents travaux déjà réalisés au sein d'un territoire précis qui est le Livradois-Forez.

2. Méthodes d'acquisition et de traitements des données

2.1. Description biophysique du territoire du Livradois-Forez

Le Livradois-Forez est un territoire assez diversifié comprenant deux régions de moyenne montagne qui sont les Monts du Livradois et les Mont du Forez, et un bassin sédimentaire qui s'étend d'Ambert à Arlanc. En effet, l'altitude est très variable sur tout le parc car le point le plus bas se situe à 300 m et le point le plus haut à 1 630 m ([figure 7](#)). Ce qui explique en partie que ce territoire possède une pluviométrie contrastée avec des hauteurs d'eau annuelles oscillant autour de 700 mm dans le bassin sédimentaire (qui bénéficie également de l'effet de foehn*), à des pluviométries dépassant les 1 300 mm sur les hauteurs du mont du Forez et sur le mont du Livradois ([annexe 2](#)). De plus, la diversité géologique du parc est intéressante. Cependant, deux grands groupes de matériaux sont majoritaires : les roches plutoniques* et les roches métamorphiques*. Le volcanisme est très peu représenté dans cette région, seulement quelques roches volcaniques* sont présentes autour des volcans du Livradois. Quant à elles, les roches sédimentaires* sont un peu plus représentées dans des formations de l'oligocène ou d'alluvions* (dans les vallées et vallons) notamment dans le bassin sédimentaire ([figure 8](#)).

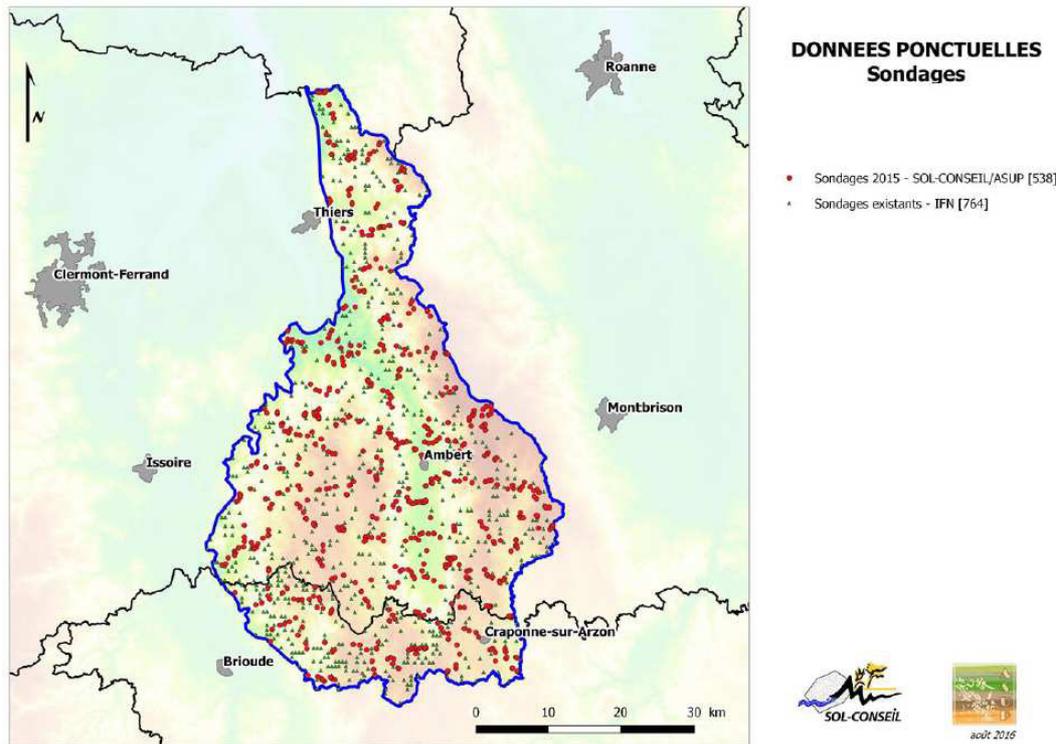


Figure 9: Carte des sondages effectués sur le territoire du Livradois-Forez (contour limite secteur d'étude du RRP)

Source : RRP Livradois Forez – Atlas cartographique – Sol Conseil / ASUP

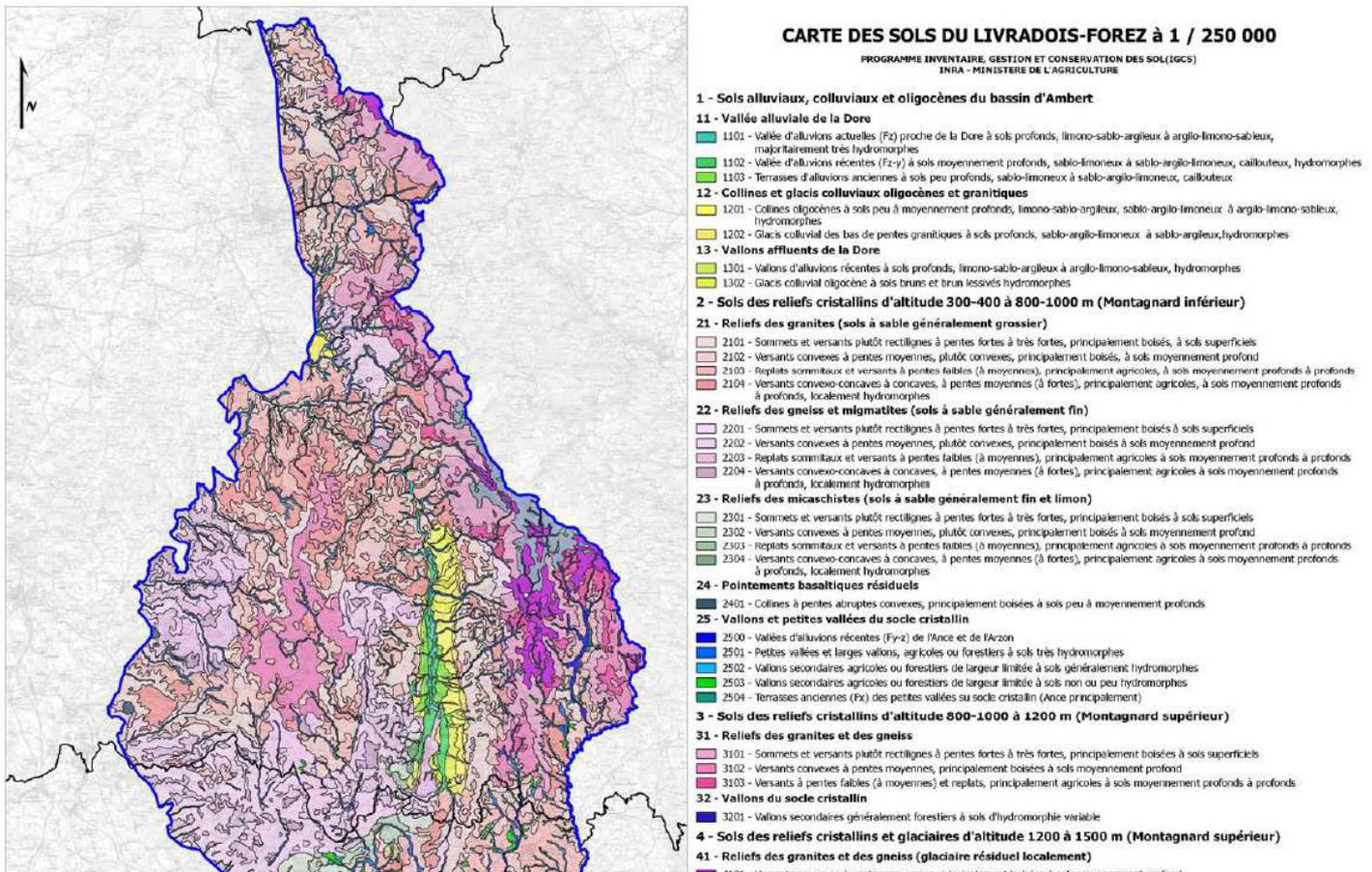


Figure 10: Carte des sols (pédopaysages) au 1/250000 du Livradois-Forez (contour limite secteur d'étude du RRP)

Source : RRP Livradois Forez – Atlas cartographique – Sol Conseil / ASUP

2.2. Acquisition et méthode de traitement des données sol

Les données qui seront traitées proviennent des sondages pédologiques (figure 9) (538 fiches de terrains au total) effectués dans le cadre de la réalisation du Référentiel Régional pédologique d'Auvergne (annexe 3). Des analyses de fosses pédologiques (52) ont aussi été faites, elles contiennent des informations plus précises et plus nombreuses que celles des sondages. Ces sondages et ces fosses ont servis à concevoir la carte pédologique (au 1/250000) du Livradois-Forez (soit 2 147 km² de cartographiés), (figure 10), cette carte ne couvre pas la totalité du territoire car des cartes existées déjà sur une partie du Livradois.

L'utilisation de ces données permettra en premier lieu de modifier l'outil et ensuite d'ajouter des indications. Premièrement, l'objectif est de savoir si le regroupement des roches plutoniques* et métamorphique* est pertinent au regard du sol et de savoir si des gradients d'altitudes peuvent être constitués en fonction des caractéristiques des sols pour modifier les précédents seuils créés à partir de contraintes d'élevage. Deuxièmement, l'utilisation des informations permettra notamment de créer des intervalles de pH, pour chaque sol des différentes roches en fonction de l'altitude, mais aussi de faire ressortir la toxicité aluminique. De plus, des indications sur la CEC* et les textures pourront être rajoutées grâce aux analyses des fosses pédologiques.

En ce qui concerne les sondages, plusieurs données ont été récoltées lors du travail sur le terrain (nom du sol, géologie, profondeur, utilisation du sol, position dans le paysage, texture, éléments grossiers, différents horizons, régime hydrique, altitude, pH, test NaF) (annexe 4). Toutes les données de terrains ne peuvent pas être traitées, de par le manque de temps durant le stage mais aussi de par la qualité des données (certaines méthodes de terrains n'étant pas formalisées). Le choix va donc être fait avec l'aide d'une pédologue (V. Genevois) pour connaître les informations les plus pertinentes à retenir au regard de l'outil précédemment créé, de la qualité ou résolution des données et du degré d'influence du facteur sur le milieu. De plus, presque la moitié des sondages ont été réalisés sur sols

forestiers. L'outil ne s'intéressera qu'aux sols agricoles (soient plus de 280 sondages sur le territoire) mais les données sur sols forestiers ne seront pas supprimées car elles peuvent être valorisées. En effet, si des exploitants changent l'orientation d'une parcelle (passage de forestier à agricole), il serait intéressant de voir s'il existe une différence entre les deux types de sol.

Pour réaliser ce traitement de données, nous avons sélectionné dix informations récoltées sur le terrain pour constituer la base de données qui sera par la suite étudiée grâce à différents tests statistiques du logiciel « statgraphics » ([annexe 5](#)). Voici les données saisies pour créer la base de données valorisée dans le cadre du stage :

- Identifications des sondages (numéro et coordonnées GPS), pour pouvoir localiser le sondage sur une carte ;
- Utilisation du sol (agricole ou forestier) afin de pouvoir séparer les données ;
- Nom du sol qui permet d'obtenir beaucoup d'informations essentielles si nécessaire grâce au Référentiel Pédologique (RP)[7];
- Les différents horizons, qui peuvent aider à caractériser le sol ;
- La position dans le paysage, grâce à elle il est peut-être possible d'identifier une influence de la topographie sur les caractéristiques d'un sol.
- Pour finir, la géologie et l'altitude qui influencent en grande partie les caractéristiques du sol (pédogénèse), le test NaF ([annexe 6](#)) indiquant la possibilité d'une toxicité aluminique ainsi que le pH un des facteurs agissant sur la qualité du sol, ont été ajoutées à la base car ce sont des informations qui seront traitées par la suite pour la modification de l'arbre.

La texture et les éléments grossiers n'ont pas été retenues car les techniques pour évaluer ces deux facteurs sur le terrain sont approximatives, l'obtention de résultats très précis, pour la plupart des matériaux, se fera grâce aux données des fosses. De même, le régime hydrique n'a pas été sélectionné mais il est indiqué dans le nom du sol, ce qui permet de connaître les sols hydromorphes* (histosols*, réductisol-redoxisol*). Nous n'avons pas travaillé sur la profondeur des sols qui peut varier très fortement sur des sols similaires et fait souvent preuve d'une répartition très hétérogène dans le territoire.

2.3. Protocole de création du guide d'utilisateur

Lors de l'utilisation des références se seront des techniciens spécialisés en élevage qui devront relever les caractéristiques du milieu pour classer les parcelles. Les méthodes à appliquer devront donc être assez rapides et simples pour être comprises par des personnes non spécialisées (notamment pour la géologie et les sols) et de faibles coûts.

En premier lieu, le classement des parcelles peut se faire grâce à des cartes pour la pente, l'altitude et la géologie. L'utilisation de Géoportail est simple et gratuite donc très adaptée pour la caractérisation, ainsi différents tutoriels devront être créés pour prendre en main le site géoportail.

Ensuite, les données sols ne peuvent pas être acquises grâce à des cartes car les seules cartes à jour existantes dans le Massif-Central sont celles créées dans le cadre des différents RRP (les cartes ne sont pour l'instant pas accessibles facilement pour la plupart), et l'échelle (1/250 000) n'est pas adaptée pour l'utilisation de l'arbre de classification à la parcelle. La réalisation de tests sur le terrain et le questionnement de l'agriculteur sont donc à mettre en place. Pour les tests sur le terrain, il est nécessaire de créer un protocole récapitulant toutes les manipulations et interprétations à faire afin de classer la parcelle.

Le but est d'ensuite créer un carnet avec les deux méthodologies (pour les cartes et le sol), et d'insérer l'arbre de classification afin d'avoir une méthode de terrains formaliser dans le Livradois-Forez pour faciliter le travail des techniciens.

3. Les résultats obtenus lors du traitement de la base de données, mise en place de l'arbre et du carnet

3.1. Utilisation de la base de données : SOL, et modification du milieu biophysique dans l'arbre de classification

3.1.1. Les résultats obtenues

Les résultats suivant seront présentés sous forme de questions afin de connaître les différences et les éléments notables qui apparaissent dans la base de données.

1- Est-il intéressant de faire des classes d'altitude en fonction des caractéristiques du sol ? Si oui, quelles classes d'altitude ?

Sur le terrain, le pédologue aurait effectué un découpage en trois altitudes grâce à la perception d'une pédogénèse différente (utilisation du test NaF, diminution du pH) ce qui correspondrait à la classification 1. Cependant, une forte augmentation de résultats positifs au test NaF à partir de 1 000 m a permis d'élaborer la classification 2. Nous avons donc testé deux classifications d'altitude :

- Classification 1 : 2 seuils d'altitude, à 800m et à 1200m : altitude < 800m ; 800 < altitude < 1200m ; altitude > 1200m
- Classification 2 : 1 seuil d'altitude à 1000m : altitude < 1000m et altitude > 1000m

Pour le test les deux classifications ont été regroupées avec des codes spécifiques pour chaque classe :

0= < 800m d'altitude → 1= 800 à 1 000m d'altitude → 2= 1 000 à 1 200m d'altitude →
3= > 1 200 m d'altitude

Les pH des deux horizons sont séparés et on analyse le pH_1 (1^{er} horizon) et le pH_2 (2^{ème} horizon) en fonction des classes d'altitudes sur toutes les roches. Avant tout, le pH est une des caractéristiques d'un sol qui influe le plus sur le potentiel agronomique de celui-ci. Ici, c'est le pH qui est le facteur de comparaison car sur les roches acides (plutonique*/métamorphique* qui sont très présente dans le LiF) l'altitude, qui conditionne en grande partie le climat, a une influence sur la pédogénèse. En effet, une diminution du pH avec l'augmentation de l'altitude est observée, le test va donc révéler s'il existe des seuils bien déterminés.

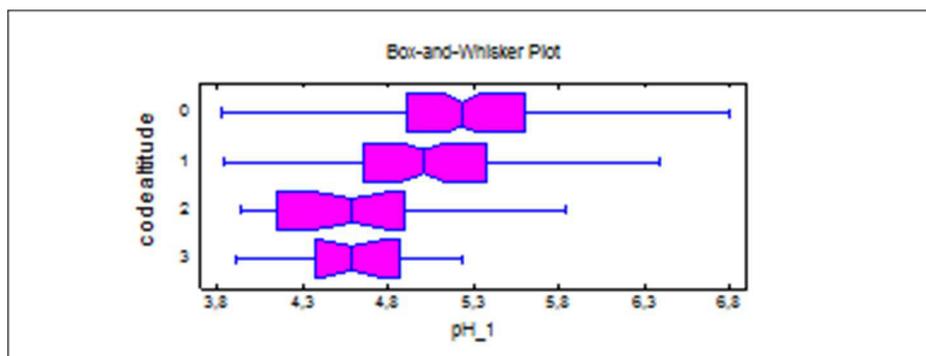


Figure 11: Intervalles d'altitude en fonction du pH du 1er horizon pour les sols agricoles

Tableau 2: Résultat du test statistique ANOVA pour le pH 1 sur les sols agricoles, différence entre les classes

Contrast	Difference	+/- Limits
0-1	*0.270692	0.143579
0-2	*0.711101	0.236281
0-3	*0.677829	0.256977
1-2	*0.440409	0.248533
1-3	*0.407137	0.268286
2-3	-0.033272	0.327400

* = différence significative

Source : Base de données personnelle, à partir des données de sondages du RRP Livradois-Forez

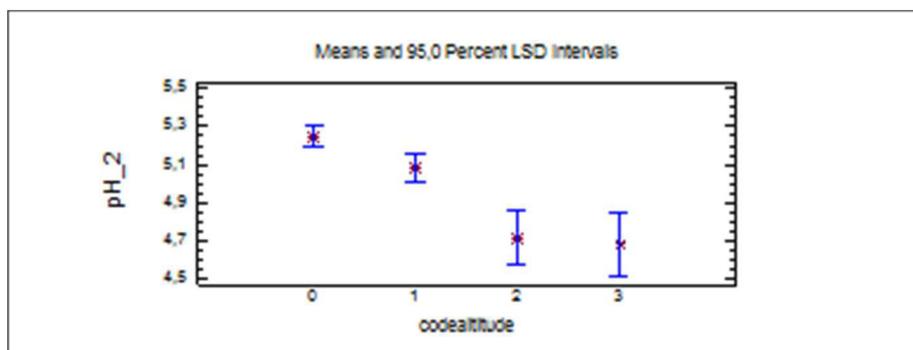


Figure 12: moyenne du pH du 2ème horizon en fonction des intervalles d'altitude pour les sols agricoles

Tableau 3: Résultat du test statistique ANOVA pour le pH 2 sur les sols agricoles, différence entre les classes

Contrast	Difference	+/- Limits
0-1	*0.163433	0.130974
0-2	*0.532832	0.215692
0-3	*0.566977	0.241623
1-2	*0.369400	0.226431
1-3	*0.403544	0.251256
2-3	0.034144	0.304136

Source : Base de données personnelle, à partir des données de sondages du RRP Livradois-Forez

On obtient sensiblement les mêmes résultats pour les pH des deux horizons (figure 11-12 et tableau 2-3). En effet, l'analyse de variance (ANOVA) montre qu'il existe des différences significatives entre les moyennes calculées pour les classes 0 et 1. De plus, les classes 2 et 3 sont regroupées mais semblent être différentes des deux autres.

Grâce à cela, on peut à présent définir 3 classes d'altitude (comprenant 2 seuils).

1^{er} : 0 à 800m d'altitude → 2^{ème} : 800 à 1 000m d'altitude → 3^{ème} : > 1 000m d'altitude

2- Est-il pertinent de regrouper les roches plutoniques* et les roches métamorphiques* ?

Ce test a été réalisé sur le pH des deux premiers horizons du sol. De même que pour le test précédent, c'est un facteur de caractérisation du potentiel agronomique des sols important. On réalise le test avec le pH car la géologie a une forte influence sur ce facteur-là. Il est observé que les roches métamorphiques* (moyenne du pH observé, 5.2) et plutonique* (moyenne du pH observé, 5.0) donne en moyenne des pH plus acide que les roches volcanique* (moyenne du pH observé, 6.3) et sédimentaire* (moyenne du pH observé, 5.3).

Des codes ont été donnés à chaque type de roche afin de mieux ordonner la base :

1= plutonique ; 2= métamorphique ; 3= sédimentaire ; 6= volcanique

Les roches volcaniques* sont très peu représentées dans la base de données (moins de 5 sondages), cependant il reste important de les traiter pour améliorer la précision de l'outil. Les types 4 et 5 n'ont pas été traités car ce sont des types regroupant plusieurs matériaux. Le type 5 représente les colluvions* et les alluvions*, ces roches provenant de l'apport d'autres roches par sédimentation ou éboulement, il est compliqué de connaître la roche d'origine qui pourrait intervenir dans les caractéristiques du sol, en plus un mélange de plusieurs roches d'origine différentes est possible. Elles sont donc très difficilement classifiable. De même, le type 4 regroupe tous les sols possédant une hydromorphie* permanente ou quasi permanente sur tous types de matériaux originels. La présence de zones humides peut apparaître sur toutes les roches et dépend surtout de la topographie et du climat (pluviométrie, température) du terrain. La séparation ce fait au niveau de la géologie et non du sol car elles ont très souvent des caractéristiques similaires en terme de

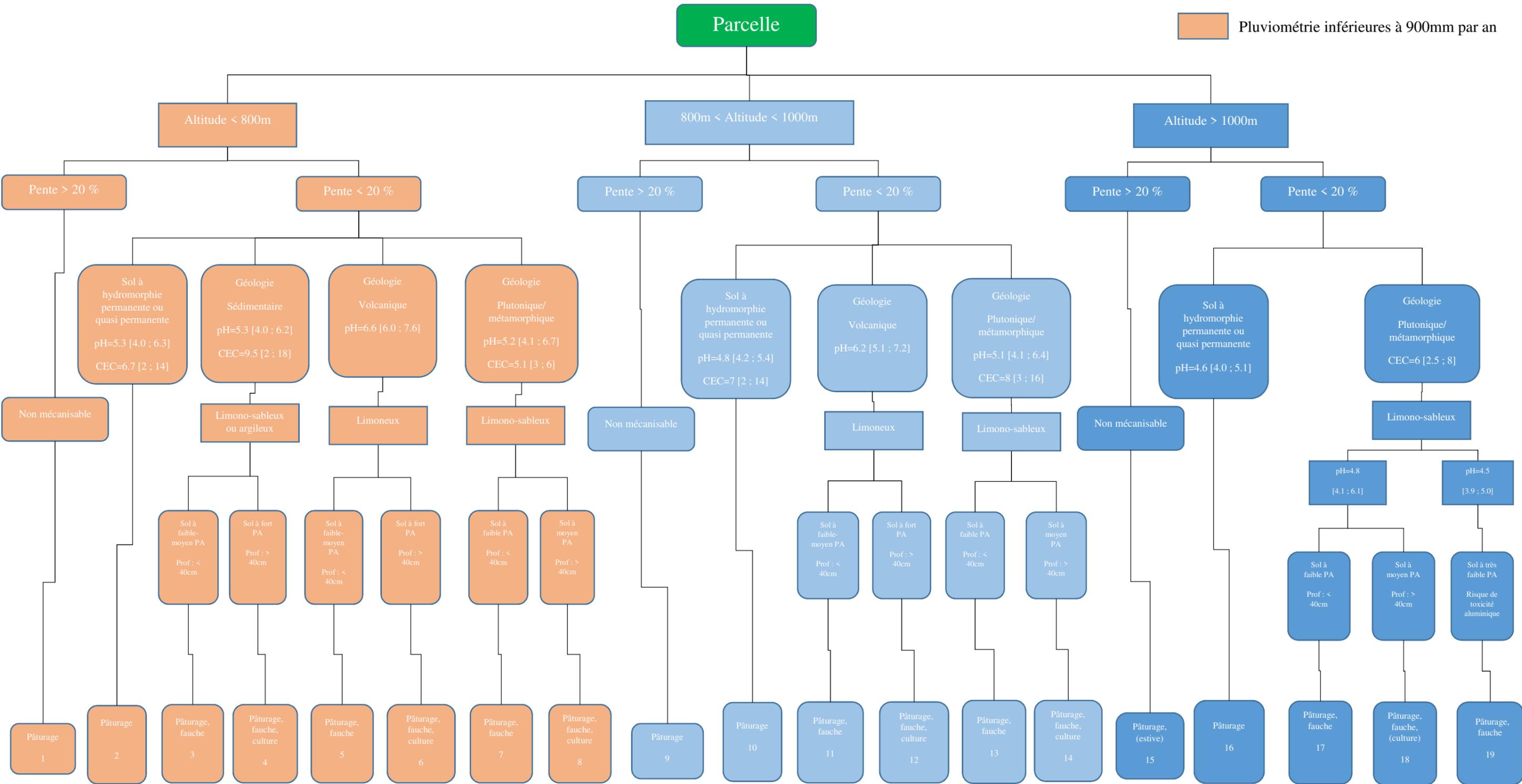
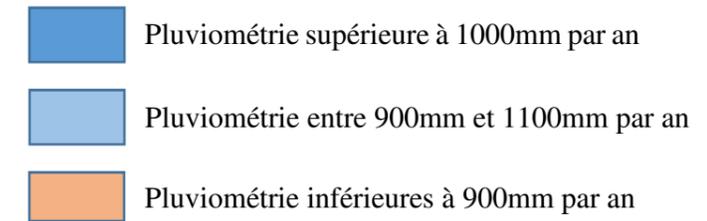
Tableau 4: résultat du test statistique ANOVA, comparaison des roches en fonction du pH des deux premiers horizons de sol

Contrast	Difference	Limits
1-2	-0.098973	0.133711
1-3	*-0.431701	0.290478
1-6	*-0.995986	0.457516
2-3	*-0.332727	0.304171
2-6	*-0.897013	0.466330
3-6	*-0.564286	0.532881

* = différence significative

Source : Base de données personnelle, à partir des données de sondages du RRP Livradois-Forez

Figure 13 : Arbre de classification des parcelles : Livradois-Forez



Prof = profondeur de sol PA = potentiel agronomique CEC = capacité d'échange cationique moyennes, [valeur minimale observée ; valeur maximale observée] pH = potentiel hydrogène moyen observé, [valeur minimale observée ; valeur maximale observée]

qualité physique et chimique du sol mais aussi en terme de végétation et d'utilisation par les agriculteurs (zones à très faible rendement).

L'analyse de variance montre que seules les moyennes des roches métamorphique* et plutonique* sont semblables (tableau 4). Les autres types de roches sont considérés différents au regard du pH. Au vu des résultats sur le pH, le regroupement de ces deux matériaux semble donc pertinent.

3.2.2. Les choix de changement dans l'arbre de classification (figure 13)

3.2.2.1. L'altitude

Les intervalles d'altitudes ne sont construits qu'avec le pH des sols ce qui pourrait poser question quant à la pertinence de ces seuils. Cependant, le seuil de 1000m est conservé (900-1100m précédemment), il a donc un effet sur le pH mais aussi sur l'hivernage des bêtes (testé uniquement sur les ovins allaitant) ce qui le rend plus cohérent. De plus, grâce à la base de données, une coupure (non vérifiée grâce au test statistique) est aussi visible au niveau de la toxicité aluminique (révélé par le test NaF) au seuil de 1 000m : le nombre de sols présentant un risque de toxicité est beaucoup plus élevé au-delà de ce seuil. En effet, 80 % des sols prélevés aux sondages à la tarière et situés au-dessus de 1000 m d'altitude présentent une réaction positive au test NaF (risque de toxicité aluminique) contre seulement 20 % pour les sols situés entre 800 m et 1 000 m d'altitude (pour les roches plutonique* et métamorphique*). Le seuil de 800 m peut être plus facilement contesté mais il sera conservé pour permettre une meilleure précision des relevés, sur le territoire donné, car l'altitude a une forte influence sur le climat en général et donc la pousse de l'herbe, les rendements...

3.2.2.2. La pente

Ensuite, la pente qui conditionne la mécanisation est conservée avec le même seuil (supérieur ou inférieur à 20 %), même si elle provient d'une approche production et non milieu, elle est un facteur majeur dans l'orientation technique d'une parcelle. Il est donc nécessaire de la conserver dans l'outil pour améliorer son utilisation.

3.2.2.3. Le niveau géologique

Dans l'arbre de classification (au même que niveau de la géologie), un compartiment sur les sols hydromorphes* a été ajouté car les sols hydromorphes* se développent sur tous les types de matériaux. De plus, il semble essentiel de rajouter ce

compartiment car la flore qui pousse sur des sols engorgés en eau est très différentes de la flore des prairies ce qui influe beaucoup sur l'orientation technique et la productivité de la parcelle (elle peut être quasiment nulle). Ces zones possèdent également un fort intérêt pour les agriculteurs, lors des périodes sèches elles ont un pouvoir tampon et la productivité baisse beaucoup moins vite autour de ces zones hydromorphe*. En outre, ces zones humides sont une contrainte dont les agriculteurs ne peuvent pas s'affranchir car elles sont pour la grande majorité protégées et font l'objet de règlement spécifique (réglementation pour le drainage, pour l'exploitation, ...) [8].

Au vu des résultats obtenus sur le pH des roches plutonique* et métamorphique*, le regroupement de celles-ci semble pertinent. De plus, les deux matériaux ont des ressemblances en termes de texture et de taille des minéraux qu'ils contiennent. En effet, la formation assez lente de ces deux matériaux, en profondeur, favorise leur minéralisation ce qui entraîne des textures proches. Par contre, les roches sédimentaires* et les roches volcaniques sont très différentes tant dans leurs types de formation que dans les types et propriétés de sols qu'elles vont donner. Elles seront donc mises à part les unes des autres. Ensuite, les sols formés sur des colluvions* ou alluvions* n'ont pas été mis dans la géologie car ils sont souvent difficiles à identifier car ils peuvent avoir des natures très différentes qui dépendent du type de matériaux emportés par colluvionnement ou alluvionnement, qui correspondent à des transports de matières par l'eau. La roche issue de ce déplacement devra alors être identifiée et rattachée à une des classes proposées.

Egalement, à partir de 800 m d'altitude les roches sédimentaires* ne sont plus présentes sur le Livradois-Forez. Il en est de même pour les roches volcaniques qui elles se trouvent toutes en dessous de 1 000 m d'altitude, c'est pour cela qu'elles ont été retirées de l'arbre à partir d'une certaine altitude. De plus, le nombre de données n'étant pas suffisantes pour les sols volcaniques (seulement 1 fosse et 3 sondages), des données sur les pH ont été récupérées sur des sondages effectués dans le cadre du RRP sur le Brivadois-Velay (territoire proche en termes de distance du LiF).

3.2.2.4. Les indicateurs physiques et chimiques ajoutés à l'arbre

La CEC* est la capacité d'échange cationique dans un sol, elle a été ajoutée à titre indicatif au niveau de la géologie. Avec la méthode de mesure METSON, en-dessous de 15 méq/100 g, la CEC* est faible et au-dessus de 30 méq/100 g, elle est forte.[9]

Tableau 5: Représentation des intervalles de pH en fonction des intervalles d'altitude pour les sols sur roches plutoniques/métamorphiques

Plutonique/métamorphique								
x < 800m d'alt			800m < x < 1000m d'alt			Sans toxicité aluminique x > 1000m d'alt		
pH min	pH max	pH moyen	pH min	pH max	pH moyen	pH min	pH max	pH moyen
4.1	6,7	5,2	4.1	6,4	5,1	4.1	6.1	4,8
						Avec toxicité aluminique : x > 1000m d'alt		
						3,9	5,0	4,5

Source : Base de données personnelle, à partir des données de sondages du RRP Livradois-Forez

Tableau 6 : Représentation des intervalles de pH en fonction des intervalles d'altitude pour les sols sur roches sédimentaires

sédimentaire		
x < 800m d'alt		
pH min	pH max	pH moyen
4.0	6,2	5,3

Source : Base de données personnelle, à partir des données de sondages du RRP Livradois-Forez

Tableau 7 : représentation des intervalles de pH en fonction des intervalles d'altitude pour les sols hydromorphes

Hydromorphe								
x < 800m d'alt			800m < x < 1000m d'alt			x > 1000m d'alt		
pH min	pH max	pH moyen	pH min	pH max	pH moyen	pH min	pH max	pH moyen
4.0	6,3	5,3	4.2	5,4	4,8	4.0	5.1	4,6

Source : Base de données personnelle, à partir des données de sondages du RRP Livradois-Forez

Il en est de même pour le pH qui a été rajouté au niveau de la géologie (tableau 5-6-7), ces deux indicateurs sont important pour évaluer la fertilité d'un sol. Leurs moyennes ainsi que leur valeur minimale et maximale ont été rajouté à l'arbre pour informer les agriculteurs et les conseillers sur les caractéristiques chimiques de leur sol.

Pour ce qui est de la texture, elle a été rajoutée à la suite des roches car le matériau parental est le facteur qui influence le plus la texture. La texture qui est indiquée est celle qui est la plus représentée sur l'horizon A (figure 14 : voir au dos). Nous avons fait ce choix car cet horizon qui correspond la plupart du temps aux premiers centimètres de terre est le plus regardé par les agriculteurs et c'est le plus accessible ; Cependant, la texture peut varier entre des sols qui se sont formés sur le même matériau parental. Par exemple, les roches plutoniques* donne majoritairement des sols limono-sableux mais peuvent aussi donner des sols limono-argilo-sableux ou bien limono-argileux.

3.2.2.5. Le sol

Au niveau des sols, la profondeur a été ramenée à 40 cm de profondeur comme seuil pour définir le potentiel agricole. En effet, cette hauteur de sol définie dans le RP les sols peu profonds (rankosol* et sol leptique*). Elle conditionne aussi la possibilité d'effectuer un travail profond (labour) du sol. Le labour reste possible jusqu'à 20 cm de sol mais il reste assez compliqué et n'est pas forcément conseillé. De plus, en-dessous de cette profondeur le réservoir utile en eau est assez faible et généralement insuffisant pour la culture. Il en est de même pour le réservoir en nutriments qui peut être assez limité si la CEC* est moyenne ou faible. Le choix a aussi été fait de laisser qu'un seul seuil de profondeur afin de faciliter la lecture de l'arbre et de diminuer la difficulté des relevés de terrains.

En outre, un autre facteur apparait comme fortement contraignant à partir de 1000 m d'altitude : le risque de toxicité aluminique a été rajouté car sur les matériaux plutonique* et métamorphique*, il existe une forte probabilité de toxicité aluminique une fois les 1000m d'altitude dépassé. Grâce aux 280 sondages réalisés, sur les sols agricoles, et aux résultats des tests NaF, il a été possible d'estimer le risque de toxicité aluminique (sur ces matériaux-là) à environ 80% au-dessus de 1 000m d'altitude. Cette toxicité diminue grandement le potentiel agricole d'une parcelle, il est donc important de le renseigner dans le Livradois-Forez, territoire contenant beaucoup de ces matériaux. Sur ces sols, la profondeur est retirée car même si le sol est épais la prospection des racines de

plante annuelle ou bisannuelle est très faible, elles restent donc le plus souvent en surface où la toxicité est diminuée par la présence de matières organiques, d'une activité biologique plus importante et l'éloignement certain de l'horizon d'altération (horizon : Sal).

3.2. Fabrication du carnet d'utilisation de l'outil

Premièrement, afin de faciliter la tâche des techniciens, un tutoriel pour faire des cartes simplement a été créé. Le site du gouvernement Géoportail a été choisi car il est simple d'utilisation, gratuit et possède les données nécessaires pour la classification.

Avant de réaliser les cartes, il faut récupérer le parcellaire de l'agriculteur qui se trouve sur le site Télépac (autorisation de l'agriculteur requise) ou l'emplacement de l'intégralité des parcelles. Ensuite, il faut ouvrir Géoportail (il est nécessaire de créer un compte), et transférer les parcelles en suivant le tutoriel ([annexe 7](#)). Grâce aux différentes cartes réalisées, l'arbre est renseigné jusqu'à l'étage des sols. Cependant, certaines anomalies de résolutions peuvent survenir, la carte géologique n'étant qu'au 1/50 000 (au mieux, mais cette échelle est suffisante pour le modèle). Il se peut aussi qu'il y ait quelques erreurs d'interprétations. De même, si la pente de la parcelle est proche du seuil, il est préférable de demander confirmation à l'agriculteur pour savoir s'il la mécanise ou non.

Pour les sols, il faut tout d'abord regarder s'il est hydromorphe* et donc remonter au même étage que la géologie. Pour cela, il faut réaliser le test à la phénantroline et rechercher les indicateurs d'hydromorphie dans le sol (taches d'oxydo-réduction) ([annexe 8](#)) après avoir réalisé un sondage à la tarière ([annexe 9](#)) ou sinon on peut regarder les plantes bio indicatrices des milieux saturés comme le jonc, les carex, la potentille, la linaigrette... Il est important d'interroger l'agriculteur sur ses terres car sa connaissance du terrain et de ses parcelles permettent de caractériser plus rapidement ses parcelles. En effet, les relevés d'informations sur le sol étant assez simple (profondeur et zones humides), l'exploitant est en mesure de connaître la spécificité de ses parcelles sur ces deux aspects. Ensuite, il est nécessaire de regarder la profondeur du sol (supérieures ou inférieures à 40 cm). Ainsi, on obtient 18 types de parcelles sur 19. Pour des altitudes supérieures à 1000 m et sur une géologie plutonique*/métamorphique*, il faut réaliser le test NaF ([annexe 6](#)) pour mettre en évidence la toxicité aluminique. Ce test possède des limites mais il peut être un bon indicateur de la présence d'aluminium dans un sol. Si l'on ne peut pas s'en procurer, d'autres observations peuvent être réalisées comme la forme des

racines et leur résistance à la cassure seulement il faut, la plupart du temps, creuser un trou pour pouvoir les observer en place et avoir une bonne expérience des effets de la toxicité aluminique.

Après avoir réalisé toutes ces manipulations, il ne reste plus qu'à convertir le nombre d'hectare de chaque type de parcelle en pourcentage par rapport à la surface totale de l'exploitation. Une fois que le tableau est bien renseigné, l'intégration du milieu dans les références technico-économiques est faite.

4. Limites d'utilisation et voies d'amélioration d'amélioration

4.1. Un faible nombre de facteurs de comparaison

Tout d'abord le seuil de 800 m d'altitude peut-être contestable car il a été créé uniquement sur la base des pH des sols, on n'est pas en mesure de savoir si d'autres seuils auraient été plus appropriés avec un autre facteur de comparaison. De même, l'utilisation d'un sol dépend avant tout des besoins de l'agriculteur, il est tout à fait en mesure d'implanter des cultures sur des sols de faible profondeur si le climat est favorable (pluviométrie assez importante), le seuil ne serait alors plus de 40 cm mais légèrement inférieur. Les roches plutonique* et métamorphique* méritent peut-être d'être séparées si elles sont comparées sur d'autres critères que sur le pH et la texture des sols qu'elles forment.

De plus, la pratique des agriculteurs n'est pas du tout prise en compte dans l'arbre qui fait seulement référence au milieu. L'utilisation de sol uniquement agricole pour créer l'arbre a pu limiter « l'effet pratique » notamment lors de l'utilisation des pH. En effet, tous les sols ont été rassemblés donc l'impact de l'amendement calcique sur les pH est intégré à l'outil. Cependant, les pratiques peuvent encore largement modifier les propriétés et donc la fertilité (dose de fumier apportée, travail du sol,...) des sols. Néanmoins, si le milieu est relevé toujours de la même manière avec l'outil, les pratiques des agriculteurs pourront être identifiées lors du conseil avec les références technico-économiques. Ainsi, l'intégration du milieu joue toujours son rôle car elle permet de rapprocher deux

exploitations ayant un contexte pédoclimatique proche et non des pratiques culturales proches.

4.2. Travail sur un territoire limité

L'outil créé n'a pas été validé avec les agriculteurs du Livradois-Forez. Cet arbre de classification est donc seulement une proposition pour intégrer le milieu biophysique dans l'acquisition de référence au sein du Livradois-Forez. Il n'est donc pas transposable pour l'instant sur l'intégralité du territoire de travail du projet BioRéférence. Cependant, il est envisageable de pouvoir l'utiliser dans des zones similaires (altitude et géologie notamment) en le modifiant que très légèrement (figure 15).

De plus, seulement une partie des milieux possibles dans le Massif-Central sont représentés dans cet outil (spécifique au Livradois-Forez). Les roches sédimentaires* ne sont pas présentes au-delà de 800m d'altitude et ne sont peut-être pas de même origine que les roches sédimentaires* de Limagne, Du bassin d'Aurillac, ... De même, les roches volcanique* sont très peu représentées et ne possède pas une place significative dans l'outil. Il est vrai que, ce territoire est assez homogène et spécifique en ce qui concerne les matériaux géologiques qui le constituent (socle dominant).

Cet arbre peut donc être différent sur d'autres territoires qui ne disposent pas du même climat ou de la même géologie. Tous les seuils pourraient être modifiés en fonction du contexte pédoclimatique de la région d'utilisation. Par exemple, un seuil d'altitude à 1 100 m serait peut-être intéressant dans les zones volcaniques*, altitude d'apparition des andosols* (sols spécifiques des roches volcanique*/basalte). De même, il n'est peut-être pas envisageable de faire des seuils d'altitude en fonction du pH sur des zones où il y a beaucoup de roche sédimentaire* (influence de l'altitude moins marquée).

En outre, le travail ayant été effectué avec une entrée milieu, il n'est peut-être pas valable pour tous les types d'exploitation de ruminants du réseau. Pour autant, cette approche milieu peut lui conférer une certaine polyvalence, qui reste à vérifier, étant donné qu'il ne fait référence quasiment qu'au milieu et non à un seul type de production. Pour achever la validation de l'outil sur ce territoire, il faudrait associer des rendements pour chacun des types de parcelles créés sur la base du milieu biophysique. Par ailleurs, il faudrait également vérifier le fait que l'outil soit pertinent pour tous les systèmes de production de ruminants.

Conclusion

Le stage précédemment réalisé (en 2016), a montré le besoin de prendre en compte le milieu biophysique dans l'acquisition de références. En plus de cela, un outil de caractérisation des parcelles a été créé à partir d'exploitation en ovins allaitant. Cependant, certaines limites sont à considérer, l'outil a été fabriqué avec seulement cinq exploitations du réseau et n'est pas encore validé sur les autres exploitations du réseau.

Lors de ce stage, l'outil a été conçu d'une manière différente grâce à des données sur le milieu et en reprenant certaines données qui semblaient essentielles du précédent outil. De plus, les données traitées proviennent de relevés sur le Livradois-Forez, l'outil de caractérisation est alors adapté à ce territoire spécifique. En outre, le méthodologie d'acquisition des données a été modifiée et précisée pour être adaptée au territoire et facilité l'utilisation de l'arbre de classification des parcelles.

Néanmoins, à cause du faible nombre de facteurs de comparaison pour l'établissement de certains seuils et au nombre de données limitées pour quelques indicateurs il est probable que certaines erreurs d'interprétations soient présentes. De plus, ayant été fabriqué que sur un territoire précis, il serait nécessaire de le tester sur d'autres parties du Massif-Central où il pourrait être transposable.

Pour finaliser l'outil, il serait intéressant de le valider sur son territoire et d'ajouter un potentiel agricole (rendement et chargement potentiel si possible) pour chaque type de parcelle.

En outre, grâce aux deux travaux qui ont été réalisés avec deux méthodes de travail différentes, il serait possible de combiner les deux méthodes de création, en réalisant des enquêtes avec les agriculteurs et en utilisant des données pédoclimatique précises, sur les territoires. Ainsi, un ou plusieurs outils pourraient être créés sur le territoire afin d'extrapoler les données technico-économiques simplement.

Liste des acronymes

A : horizon organo-minéral

AB : agriculture biologique

ANOVA : Analysis of variance

AOP : appellation d'origine protégée

CEC : capacité d'échange cationique

DIAM : diagnostic multifonctionnel

EDE : établissement départemental d'élevage

LiF : Livradois-Forez

NaF : fluorure de sodium

OGM : organisme génétiquement modifié

pH : potentiel hydrogène

RP : référentiel pédologique

RRP : référentiel régionaux pédologique

Sal : horizon d'altération aluminique

SAU : surface agricole utile

Glossaire

Alluvion : Ce sont des débris de différentes roches qui se sont déposés grâce au déplacement de l'eau (rivière, fleuve, ...)

Alocrisol : Ce sont des sols acides qui se développent le plus souvent sur des roches du socle et sous un couvert végétal naturel (forêt, prairie, lande). Il présente un horizon Sal qui est riche en aluminium échangeable (libre) et qui est souvent toxique pour les plantes. Un processus encore plus poussé vers l'acidification peut le transformer en podzosol c'est la podzolisation (mécanismes chimiques complexes).

Brunisol : Ce sont des sols simples présentant un horizon organo-minéral (A) et un horizon d'altération (S) qui est souvent peu acide. Si ce sol s'acidifie il peut se transformer en alocrisol.

Capacité d'échange cationique : Elle correspond à la taille du réservoir du sol en éléments nutritifs chargés positivement (les cations). Le réservoir est constitué principalement par le complexe argilo-humique (CAH) qui est chargé négativement et assure la fixation et l'échange des cations.

Colluvion : Ce sont des dépôts de roche qui sont dus à la gravité. Les roches se trouvant sur les points les plus hauts peuvent descendre en suivant la pente et recouvrir la roche d'origine.

Effet de Foehn : C'est un phénomène météorologique créé par la rencontre de la circulation atmosphérique et du relief quand un vent dominant est entraîné au-dessus d'une chaîne montagneuse. Il redescend de l'autre côté de la chaîne montagneuse après l'assèchement de son contenu en vapeur d'eau.

Histosol : C'est un sol qui est retrouvé dans les tourbières. Il est constitué uniquement de matières organiques non décomposées, d'eau et de gaz.

Hydromorphie : un sol est qualifié d'hydromorphe quand il montre une saturation permanente ou quasiment permanente en eau.

Podzosol : c'est un type de sol lessivé qui se forme sous les climats froids et humides sur substrat au pH très acide. Il est très peu fertile pour l'agriculture.

Rankosol : C'est un sol peu différencié, non carbonatée et peu épais (< 35 cm de profondeur)

Réductisol-Redoxisol : Ce sont des sols dans lesquels les réactions d'oxydo-réduction sont dominantes et sont dû à un très fort excès d'eau (hydromorphe). Les traces d'hydromorphie débutent à moins de 50cm de profondeur et s'intensifient la plupart du temps en profondeur.

Roche plutonique : Une roche plutonique se forme lorsque du magma refroidit lentement dans les profondeurs de la croûte terrestre (à l'inverse d'une roche volcanique). La faible vitesse de ce processus favorise le développement des minéraux, ce qui leur confère une texture grenue. La plus connue est le granite.

Roche métamorphique : Une roche métamorphique est une roche qui a subi une transformation minéralogique et structurale à la suite de l'élévation de la température et de la pression. Ce processus se déroule très souvent en profondeur.

Roche volcanique : Une roche volcanique est une roche magmatique qui arrive en surface lors d'une éruption et qui, au contact de l'atmosphère ou de l'eau, se refroidit très rapidement.

Roche sédimentaire : Les roches sédimentaires proviennent de l'accumulation de sédiments qui se déposent le plus souvent en couches ou lits superposés.

Sol leptique : Le suffixe leptique indique que le sol est peu épais, le critère d'attribution n'est pas exactement le même pour tous les sols cependant sur des sols simple il indique que les deux premiers horizons ont une épaisseur inférieures à 40 cm.

Bibliographie

- [1] A. Quiblier, « Le milieu biophysique dans la production de références technico-économiques au sein des élevages ruminants biologiques du Massif-Central à l'échelle de l'exploitation agricole : intérêts et méthodes d'acquisition », Vet agro Sup (campus de Lempdes), Mémoire de stage (Master 2 ingénieur), 2016.
- [2] « Chiffres de la bio en France - Agence Française pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique - Agence BIO ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.agencebio.org/la-bio-en-france>. [Consulté le: 20-avr-2017].
- [3] « partie 1 - Biomassif10_partie1.pdf ». .
- [4] « RCE BIO 834 2007 FR mod 3 oct08 - RCE_BIO_834_2007_oct08.pdf ».
- [5] « TEXTE consolidé: 32008R0889 — FR — 07.05.2016 », sept-2008. [En ligne]. Disponible sur: <http://eurlex.europa.eu/legalcontent/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:02008R0889-20160507&qid=1465559502531&from=FR>. [Consulté le: 07-juin-2017].
- [6] S. Hulin, Éd., *Diagnostic prairial en zones fromagères AOP du Massif central: Outil 1 : typologie multifonctionnelle des prairies : Niveau 1 : version simplifiée et de terrain décrivant les types majoritaires rencontrés en zones AOP*. Aurillac, France: Pôle fromager AOP Massif central, 2011.
- [7] Association française pour l'étude du sol, *Référentiel pédologique 2008*. Versailles, France: Éd. Quae, 2009.
- [8] « Tourbières, marais - Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.cen-auvergne.fr/-tourbieres-marais-.html>.
- [9] « La CEC : Capacité d'Echange en Cations p16 du Guide Agronomique "CAP sur la Fertilisation Raisonnée" ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.agro-systemes.com/guide-agronomique/guide-agro-p16.htm>. [Consulté le: 11-juin-2017].
- [10] « L'aluminium dans les sols - P. SEGALEN.pdf ».
- [11] « Diagnostic in situ de la réduction du fer dans les sols par l'utilisation d'un test de terrain colorimétrique ».

Liste des annexes

Annexe 1 : La typologie multifonctionnel des prairies AOP d'Auvergne et le diagnostic multifonctionnel (DIAM)

Annexe 2 : Carte de la pluviométrie du Livradois-Forez (contour limite secteur d'étude du RRP)

Annexe 3 : Référentiel Régional Pédologique (RRP) d'Auvergne

Annexe 4 : Fiche pédologique de terrain (sondage)

Annexe 5 : Tests statistiques

Annexe 6 : Méthodologie pour les sols : Test NaF (fluorure de sodium) de terrain

Annexe 7 : Méthodologie pour les cartes : Tutoriels d'obtention des cartes sur Géoportail

Annexe 8 : Méthodologie pour les sols : L'hydromorphie

Annexe 9 : Méthodologie pour les sols : Sondage à la tarière

Annexe 1 : Typologie Multifonctionnelle des prairies AOP d'Auvergne et le diagnostic multifonctionnel (DIAM)

1) Typologie multifonctionnelle des prairies

La typologie a été créée pour identifier et classer la plupart des prairies présentes sur les zones AOP fromagères du Massif-Central (Cantal, Salers, S^t Nectaire, fourme d'Ambert, ...).

Afin de créer cet outil, 75 prairies ont été sélectionnées sur 15 exploitations différentes couvrant la majorité des territoires AOP. La typologie est donc valide et utilisable uniquement sur ces territoires-là.

La typologie recense 60 types de prairies différents. Cependant, seulement 23 ont été retenus dans l'outil n°1 (version simplifiée de terrain) car ils étaient les plus fréquemment observés dans les exploitations laitières. Ces 23 types ont fait l'objet de mesures spécifiques plus précises que les autres prairies afin de donner un renseignement théorique complet.

Cet outil de classification a été construit afin d'avoir deux entrées : une entrée milieu et une entrée pratique (agricole). En effet, la première entrée est l'altitude avec 3 seuils (500-900m, 900-1300m et >1300m) puis la portance, le régime (pâturage ou fauche) et la fertilité du sol (profondeur du sol et unité de fertilisation)

Cet outil permet de rapprocher l'agronomie de la botanique, cette approche particulière met en lien les interactions entre ces deux éléments. En effet, la typologie a été créée pour recenser la plupart des prairies présentes sur les zones AOP mais aussi pour apporter un conseil auprès des agriculteurs sur la diversité de leurs parcelles, sur les différents bénéfices apportés par chaque type de prairie et les liens avec la production fromagère. De plus, la typologie indique des valeurs moyennes sur les différents services : agricole, écologique et qualité fromagère.

Pour chaque type (les 23 plus présents) de prairies sont renseignés:

- La composition de la végétation
- Les données agronomiques
- Les données écologiques et environnementales
- La qualité des produits en fabrication fromagère
- La dynamique d'évolution du type en changeant les pratiques de l'exploitant

2) DIAM (diagnostic multifonctionnel)

L'outil DIAM permet avant tout la discussion avec l'éleveur sur ces pratiques, il permet également d'échanger avec les transformateurs et les consommateurs sur les intérêts et la diversité du système fourrager.

Le DIAM caractérise, grâce à la typologie des prairies, la diversité des parcelles exploitées et permet de faire prendre conscience des différents services rendu par les prairies au-delà des services fourragers. En effet, il met en évidence les services environnementaux, écologiques et fromagers qui sont intéressants à mettre en avant.

De plus, cet outil fait ressortir la cohérence du système fourrager et la valorisation que peut en faire l'agriculteur, car ce système fourrager n'est pas toujours très bien optimisé et peut fragiliser la durabilité d'une exploitation tant dans sa gestion des charges (achat de fourrage trop important, achat d'intrants non nécessaires, ...) que dans sa qualité de production (qualité du lait insuffisante pour la transformation par exemple).

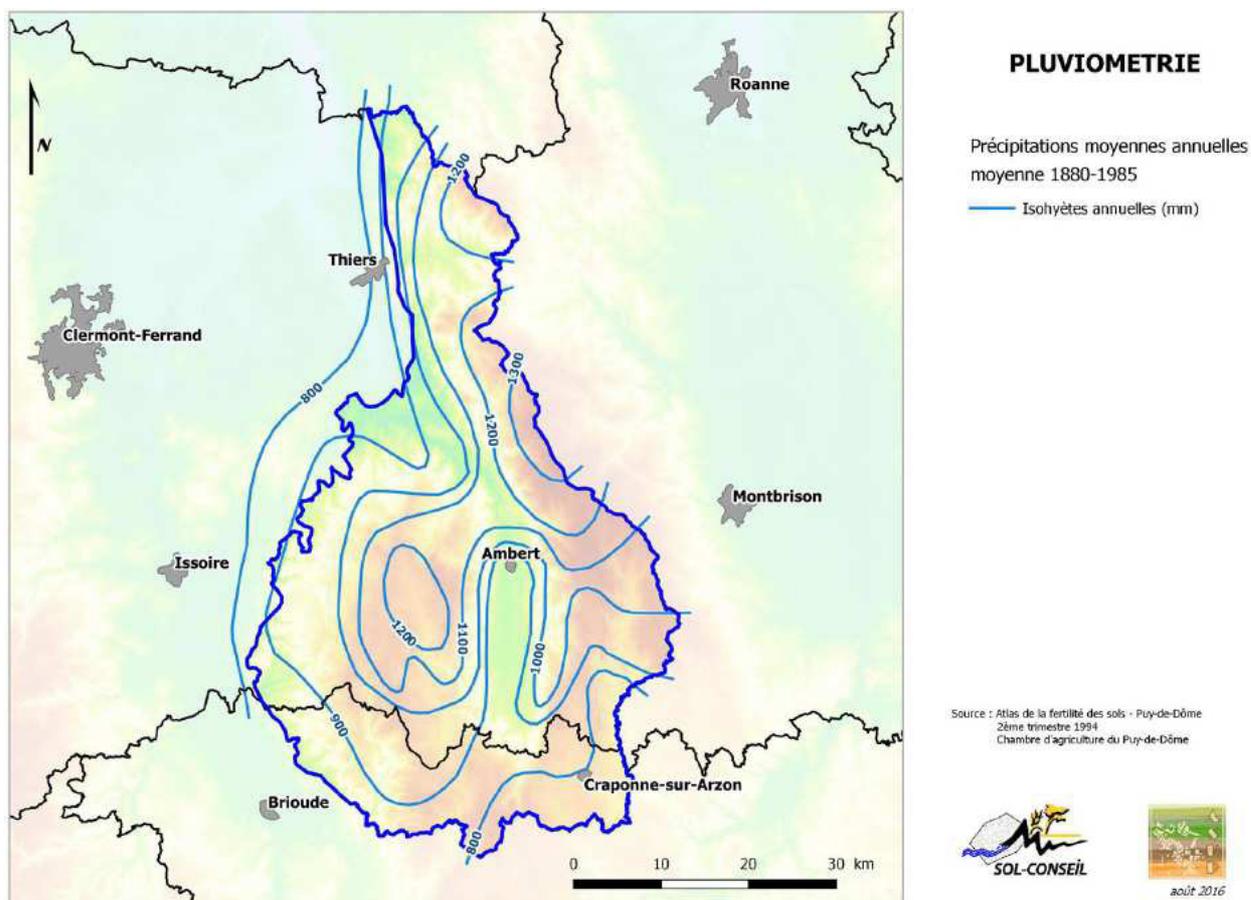
En résumer :

Il fait ressortir :

- Services agronomiques, « fourragers » (rendement, qualité, ...)
- Services écologiques
- Services environnementaux
- Services fromagers

Et met en évidence la cohérence et les potentiels du système pour créer une discussion avec les agriculteurs.

Annexe 2 : Carte de la pluviométrie du Livradois-Forez (contour limite secteur d'étude du RRP)



Source : RRP Livradois Forez – Atlas cartographique – Sol Conseil / ASUP

Annexe 3 : Référentiel Régional pédologique d'Auvergne

Ce référentiel a été créé dans le but de réaliser une carte des sols Région par Région afin de répondre à plusieurs problématiques à l'échelle régionale comme la gestion de l'eau, les risques d'érosion, les propriétés mécaniques (construction, routes,...), ...

Ce projet est porté par GISSOL (groupement d'intérêt scientifique des sols) et par l'INRA (notamment celui d'Orléans, Infosol).

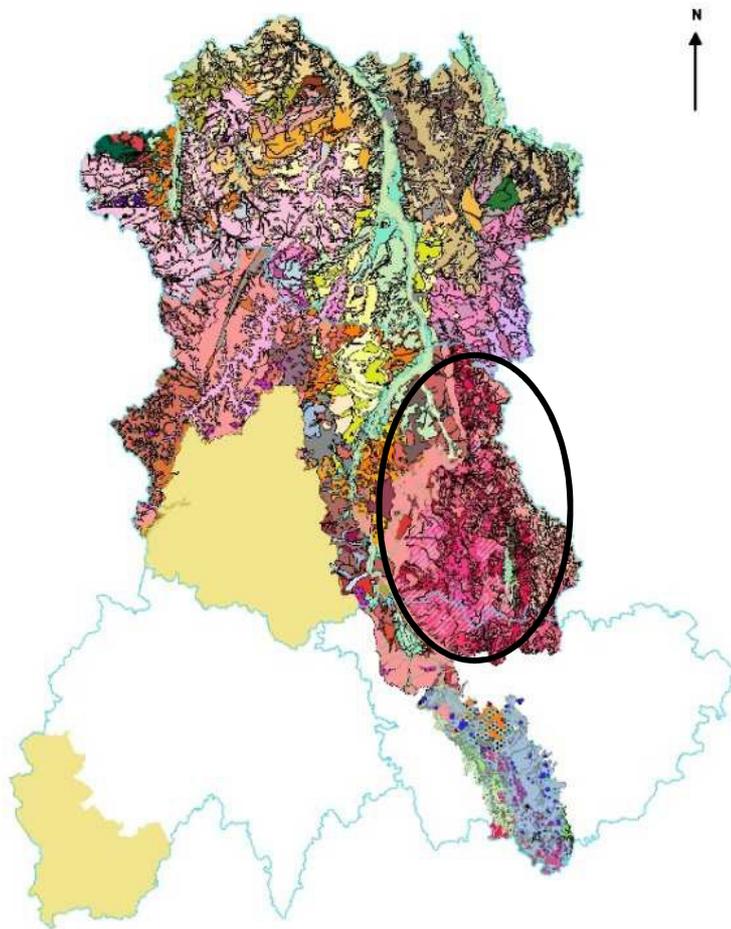
En Auvergne, le centre du RRP se trouve à VetAgro Sup et est dirigé par la Pédologue-Cartographe, Mme.Genevois.

Les cartes sont éditées à l'échelle 1/250000, à cette échelle se sont en réalité des pédopaysages qui sont représentés, car les données ne sont pas suffisamment précises pour produire une carte exacte de l'emplacement de chaque sol, ce sont donc des estimations qui sont réalisées en fonction de la géologie, de la topographie, de l'utilisation du sol...

Pour réaliser ce référentiel, un sondage est fait tous les 400ha et une fosse pédologique tous les 4 000ha environ. Les sondages permettent de caractériser les sols par une analyse sur le terrain, mais ils laissent également apprécier la diversité et la proportion approximative de chaque sol dans une région donnée. Les fosses quand-à elles sont ouvertes pour faire des analyses complètes du sol, des échantillons sont envoyés en laboratoire pour connaître la CEC, la quantité de chacun des minéraux, le taux de matière organique, ...

Les données de terrain et d'analyses récoltées sont ensuite rentrées dans la base de données Donesol qui est spécialement dédiée à la cartographie des sols. Pour finir les pédologues cartographes dessine les pédopaysages pour créer une carte pédologique. Chaque pédopaysage représente une unité cartographique de sol (UCS), ces unités sont divisées en unité typologique de sol (UTS). Les UTS évoquent les différents sols que l'on peut retrouver dans l'UCS, souvent 2 à 4 sols différents sont montrés et répertoriés en pourcentages approximatifs de présence dans chaque UCS.

Etat d'avancement des cartes du RRP d'Auvergne



Source : RRP Auvergne, Vetagro Sup

Légende

-  Recherche de financement pour faire la carte
-  Carte en cours de réalisation (fin en 2018)
-  Carte fini, validé ou en cours de validation
-  Carte du Livradois-Forez

Annexe 4 : Fiche pédologique de terrain (sondage)

Saisie de l'environnement du profil

N° Dunesol

N° sondage A N° étude 65 (3-4) Auteur/Organisme N. Vallet / Sol-Conseil Date 11/06/2015
 N° GPS (temporaire) LF001 Altitude 150 m Commune Marival en Livarot

Cause d'arrêt blots granité/dalle
 Profondeur d'arrêt 65 cm

EG en surface S10/6

Antécédents climatiques

Durée 1 - les jours précédents
 - les semaines précédentes
 Nature 9 - pluie
 - humidité
 - temps ensoleillé
 - temps sec
 - déshydratation
 - gel
 - vent
 - temps variable
 Intensité d'intensité faible
 d'intensité moyenne
 d'intensité forte
 Temps du jour 9

Végétation

maïs (NM)

Humus (sous forêt)

OL /
 OF /
 OH /

Erosion

0. Ni érosion ni battance
 1. Battance
 2. Érosion en rigole
 3. Érosion éolienne
 4. Érosion en rigoles (profondeur < 25 cm)
 5. Érosion en ravines (profondeur > 25 cm)
 6. Dépôt de matériaux grossiers (sables, graviers, cailloux...)
 7. Dépôt de matériaux fins (limon, argiles)

Géologie

Organisation Géologique

1 Profil monoclinique
 2 Profil bilinéaire
 3 Profil polylinéaire

Nom(s) matériau(s)
 1 Granite de l'Anjou
 2 (granite à biotite)
 3

Etage(s) géologique(s)
 1 X¹b¹ 2 3

Profondeur de la couche M, D ou R 65 cm

Classe matériau

1. Roches ou matériaux non identifiés
 2. Roches cristallines granites
 3. Roches volcaniques mafiques
 4. Roches volcaniques pyroclastiques
 5. Roches métamorphiques
 6. Roches sédimentaires carbonatées riches en carbonates et/ou magnésite
 7. Roches sédimentaires carbonatées calcaires
 8. Roches sédimentaires carbonatées silico-alumineuses
 9. Roches siliceuses
 10. Roches phosphatées
 11. Roches sédimentaires ferrifères et aluminées
 12. Roches sédimentaires carbonées
 13. Roches sédimentaires meubles
 14. Roches sédimentaires meubles carbonatées
 99. Autres roches

Résistance

1. Peu résistante
 2. Résistante
 3. Très résistante

Litage

1. Horizontal
 2. Vertical
 3. Oblique

Désagrégation

2. Non désagrégée
 1. Peu désagrégée
 2. Désagrégée
 3. Très désagrégée

Altération

2. Non altérée
 1. Peu altérée
 2. Altérée
 3. Très altérée

Hydrologie

Régime hydrique

1. Saturé en permanence
 2. Saturé chaque jour
 3. Saturé de manière saisonnière
 4. Humide en permanence
 5. Sec de manière saisonnière
 6. Continuellement sec

Régime Submersion

0. Apparement jamais submergé
 1. Submergé de manière saisonnière
 2. Submergé chaque jour
 3. Submergé en permanence

Excès d'eau

0. Sans excès d'eau
 1. Nappe perchée temporaire
 2. Inhibition capillaire
 3. Nappe freatique libre
 4. Nappe (souterraine) captive
 5. Submersion (débordements, marées)
 6. Résurgences sources et sources
 7. Stagnation de surface

Drainage naturel

2

Origine excès eau

1. Non identifiée
 2. Pluie
 3. Fonte des neiges
 4. Admittion d'eau d'origine externe
 5. Eau essentiellement d'origine externe

Profondeur nappe (cm)

Niveau max nappe (cm)

Geomorphologie

Forme

90 plaine de plateau

(code voir glossaire)

Pente (en %) 1-2 Exposition NNE

Morpho locale

1. Sur une bosse
 2. Dans un creux
 3. Sur une pente régulière
 4. Sur un replat

Situation dans le versant

1. Au bas du versant
 2. Au tiers inférieur du versant
 3. Au mi-hauteur du versant
 4. Au tiers supérieur du versant
 5. Au sommet du versant

Situation / plantation

1. Entre deux rangées d'arbres
 2. Sur une rangée d'arbres
 3. Près d'un arbre

Situation / parcelle

2. 1. Près de la limite de la parcelle
 2. Au centre de la parcelle
 3. En haut de la parcelle
 4. Au bas de la parcelle

Saisie SONDAGES

Profondeurs en cm

1	<input type="checkbox"/> 0	<input checked="" type="checkbox"/> 35
2	<input checked="" type="checkbox"/> 21	<input checked="" type="checkbox"/> 65
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Min Max
 N° de horizons

Texture

1	<input checked="" type="checkbox"/> S ₁ L
2	<input checked="" type="checkbox"/> S ₁ L
3	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>

Effervescence

Intensité

1	<input type="checkbox"/> 0. Nulle
2	<input type="checkbox"/> 1. Faible
3	<input type="checkbox"/> 2. Modérée
4	<input type="checkbox"/> 3. Forte
5	<input type="checkbox"/> 4. Extrêmement forte
6	<input type="checkbox"/>

Localisation

1	<input checked="" type="checkbox"/> 1. Généralisée
2	<input checked="" type="checkbox"/> 2. Localisée à la matrice
3	<input type="checkbox"/> 3. Localisée au squelette
4	<input type="checkbox"/> 4. Localisée aux éléments secondaires
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>

Couleur (de l'horizon)

1	<input checked="" type="checkbox"/> brun
2	<input checked="" type="checkbox"/> beige/rose
3	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>

Abondance des taches (A, B et C)

1	<input checked="" type="checkbox"/> 0. Pas de taches
2	<input type="checkbox"/> 1. Très peu nombreuses (< 2%)
3	<input type="checkbox"/> 2. Peu nombreuses (2 à 5%)
4	<input type="checkbox"/> 3. Assez nombreuses (5 à 15%)
5	<input type="checkbox"/> 4. Nombreuses (15 à 40%)
6	<input type="checkbox"/> 5. Très nombreuses (40 à 80%)
	<input type="checkbox"/> 6. Densément (plus de 80%)

Éléments secondaires

1	<input type="checkbox"/> 0. Pas de nodules
2	<input checked="" type="checkbox"/> 1. Très peu nombreux (2 à 4%)
3	<input type="checkbox"/> 2. Peu nombreux (4 à 15%)
4	<input type="checkbox"/> 3. Assez nombreux (15 à 40%)
5	<input type="checkbox"/> 4. Nombreux (40 à 80%)
6	<input type="checkbox"/> 5. Très nombreux (plus de 80%)

Nature

1	<input type="checkbox"/> 1. Non identifiée
2	<input type="checkbox"/> 2. Carbonatée
3	<input type="checkbox"/> 3. Siliceuse
4	<input type="checkbox"/> 4. Carbonatée et siliceuse
5	<input type="checkbox"/> 5. Ferromagnésienne
6	<input type="checkbox"/> 6. Sulfatée
	<input type="checkbox"/> 7. Ferromagnésienne
	<input type="checkbox"/> 8. Aluminée
	<input type="checkbox"/> 9. Autre

Dimensions

1	<input type="checkbox"/> 1. Extrêmement fins
2	<input type="checkbox"/> 2. Très fins (1 à 2 mm)
3	<input type="checkbox"/> 3. Fins (2 à 3 mm)
4	<input type="checkbox"/> 4. Moyens (3 à 15 mm)
5	<input type="checkbox"/> 5. Gros (15 à 60 mm)
6	<input type="checkbox"/> 6. Très gros (> 60 mm)

Dureté

1	<input type="checkbox"/> 1. Tendres
2	<input type="checkbox"/> 2. Durs
3	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>

Forme

1	<input type="checkbox"/> 1. Arrondis
2	<input type="checkbox"/> 2. Allongés
3	<input type="checkbox"/> 3. Aplatis
4	<input type="checkbox"/> 4. Irréguliers
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>

Type

1	<input type="checkbox"/> 1. Nodule peu isolés
2	<input type="checkbox"/> 2. Nodules
3	<input type="checkbox"/> 3. Concentrés peu isolés
4	<input type="checkbox"/> 4. Concentrés
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>

Éléments grossiers

1	<input checked="" type="checkbox"/> 1. arrondis
2	<input checked="" type="checkbox"/> 2. allongés anguleux
3	<input type="checkbox"/> 3. allongés émoussés
4	<input type="checkbox"/> 4. aplatis anguleux
5	<input type="checkbox"/> 5. aplatis émoussés
6	<input type="checkbox"/> 6. irréguliers anguleux
	<input type="checkbox"/> 7. irréguliers émoussés
	<input type="checkbox"/> 8. de formes diverses

Nature des El. Gros. (A et B)

1	<u>granite</u>
2	<u> </u>
3	<u> </u>
4	<u> </u>
5	<u> </u>
6	<u> </u>

Forme (A et B)

1	<input checked="" type="checkbox"/> 6
2	<input checked="" type="checkbox"/> 6
3	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>

Taille (A et B)

1	<input checked="" type="checkbox"/> 1
2	<input checked="" type="checkbox"/> 2
3	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>

Nom de sol RP BRUNISOL Sols moy⁺ profonds

Commentaires :

Nom horizon

A
B
CR

Schéma

Annexe 5 : Tests statistiques

1) Comparaison de moyennes : ANOVA (analysis of variance)

Ce test permet de comparer des moyennes, il indique si deux ou plusieurs échantillons font partis d'une même population, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas être dissociés.

Ce test étant paramétrique, il faut vérifier plusieurs conditions avant de pouvoir l'utiliser :

- l'égalité des variances,
- les échantillons doivent suivre une loi normale (courbe de Gauss),
- chaque échantillon doit contenir au moins 20 individus.

2) Comparaison de médianes : Kruskal-Wallis

C'est un test non paramétrique qui est une alternative au test ANOVA quand la distribution des mesures (variances) ne répond pas aux exigences des tests paramétriques.

Il est utilisé pour comparer au moins trois échantillons, et tester l'hypothèse nulle suivant laquelle les différents échantillons à comparer sont issus de la même distribution ou de distributions de même médiane.

L'interprétation du test de Kruskal-Wallis est très proche du test ANOVA sauf qu'il se base sur des médianes (rang) et non des moyennes.

Annexe 6 : Méthodologie pour les sols : Test NaF (fluorure de sodium) de terrain

C'est un test colorimétrique indirect qui permet de détecter la présence d'aluminium libre/échangeable (ou peu stable). Il est utilisé lors des analyses de sol sur le terrain pour savoir rapidement si le sol contient de l'aluminium échangeable.

Réaction chimique [10]:

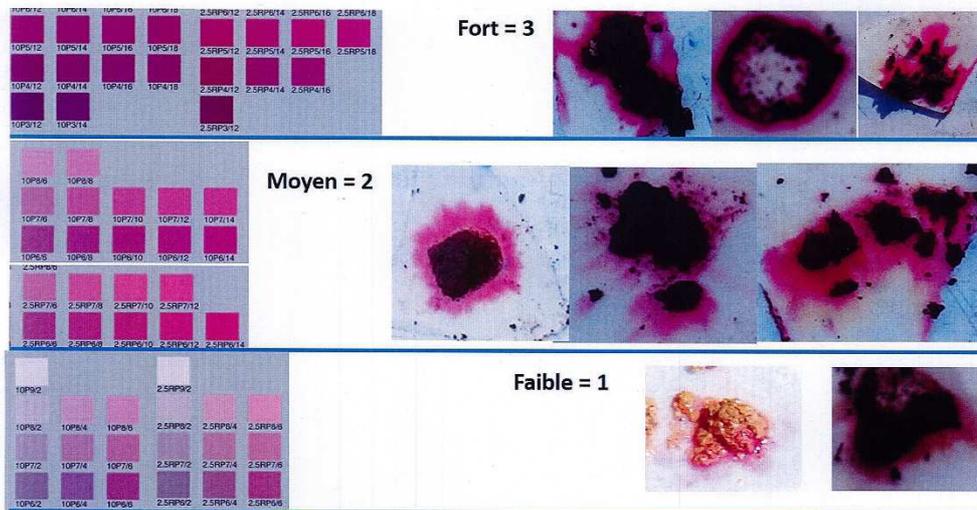


 Basique → coloration (rose/violet)

Le NaF va réagir avec les Al(OH)_x qui sont des molécules instables, elles conditionnent la toxicité aluminique d'un sol. C'est Al(OH)_x vont se dissocier et les Na vont se fixer avec les OH pour former des bases. Grâce à la phénolphtaléine (indicateur coloré qui vire au rose/violet à partir d'un pH=8), les bases qui sont formées sont mises en évidence par l'apparition d'une couleur rose/violet.

Nous utiliserons ce test avec les hypothèses émises par V. Genevois qui sont que cet indicateur nous informe de la présence Al échangeable dans la CEC en quantité suffisante pour nous alerter sur un risque possible de toxicité aluminique. C'est aussi un bon indicateur de la modification de la pédogénèse : sur les roches du socle il nous informe du passage des brunisols* aux alocrisol* voir aux podzosol*. C'est-à-dire des sols de plus en plus acides et présentant des quantités importantes d'Al échangeable dans leur CEC.

Réalisation du test et estimation de la réaction :



Protocole :

Prendre un papier filtre, déposer 3 gouttes de phénolphthaléine puis 1 goutte de NaF (pour vérifier qu'il n'y a pas de pollution). Déposer une pincée de sol et 3 gouttes de NaF.

Deux critères à remplir : Intensité **0** = pas de coloration ; **1** = faible ; **2** = moyen ; **3** = fort

Temps **1** = 0 à 10' ; **2** = 10' à 30' ; **3** = 30' à 60'

Limite du test :

- Sur les roches volcaniques* d'altitude, ce test est réalisé pour voir si l'on peut qualifier le sol d'Andosol. Les Andosols ont la particularité de contenir des allophanes (minéraux contenant de l'aluminium), ces minéraux sont mis en évidence par le test. La couleur rose observée n'indique pas une toxicité aluminique,
- De même, les micaschistes contiennent de l'aluminium non soluble dans le sol (pas toxique pour les plantes) qui est révélé par le test NaF. Il ne faut donc pas tenir compte des résultats sur ces matériaux-là,
- Ce test n'est pas utilisable sur les roches basiques (contenant beaucoup de calcium), car la phénolphthaléine réagit avec les ions basiques déjà présents dans le sol. Cependant, sur les sols calcaires ayant des pH plutôt basique, la toxicité aluminique est extrêmement rare.

Annexe 7 : Méthodologie pour les cartes : Tutoriels d'obtention des cartes sur Géoportail

Positionnement de la parcelle

- 1- Se rendre sur géoportail : <https://www.geoportail.gouv.fr/>
- 2- Se créer un compte sur géoportail
- 3- Ouvrir le fond de carte « Parcellaire RPG 2013 » et la « carte topographique IGN » ainsi que la « vue satellite »
- 4- Dans la barre de recherche appuyer sur  puis sur Coordonnées et enfin choisir le type de coordonné à renseigner
- 4bis – De même appuyer sur  puis sur parcelles cadastrale et rentrer le nom de la commune et le numéro de parcelle.

Si les parcelles peuvent être récupérées à partir du site « Télépac », il n'est pas nécessaire de les tracer. Une fois extraite du site il suffit de les importer dans géoportail : aller dans  puis dans importer des données Format KML, aller chercher les croquis dans les fichiers de l'ordinateur. Il n'y a donc plus besoin de faire les étapes suivantes.

On peut voir le positionnement, le couvert végétal (satellite) et l'assolement (de 2013) de la parcelle.

- 5- Dans l'outil situé à droite de la page : « outils cartographique »  ouvrir « outils principaux » puis « annoter la carte »  et cliquer sur « dessiner des polygones » 

Grâce à cet outil on peut dessiner la parcelle, puis ensuite cliquer sur  pour écrire le nom de la parcelle

- 6- Pour finir cliquer sur enregistrer ou alors exporter si l'on veut garder la parcelle sur son espace personnel (ordinateur ; au format klm.).

Obtention de l'altitude

- 1- Ouvrir géoportail
- 2- Aller chercher les parcelles (idem que pour la géologie)
- 3- Ouvrir le fond de carte «carte topographique IGN »
- 4- En faisant varier l'opacité de la parcelle, on peut voir les courbes de niveau par transparence et donc voir l'altitude qui correspond
- 4bis- Aller dans  puis dans mesure et « établir un profil altimétrique » 

Double cliquer sur la parcelle pour connaître son altitude.

Obtention de la pente

- 1- Ouvrir géoportail
- 2- Aller chercher les parcelles (idem que pour la géologie)
- 3- Ouvrir le fond de carte « carte topographique IGN »
- 4- Aller dans  puis dans mesure et « établir un profil altimétrique » 
Grâce à l'outil tracé une ligne perpendiculaire aux courbes de niveau de toute la longueur et/ou largeur de la parcelle.
- 5- Un graphique indiquant le profil altimétrique s'affiche :
Le dénivelé s'obtient par la différence d'altitude entre le point le plus haut et le plus bas. La distance est indiquée par la droite des abscisses.
Ensuite par le calcul :

$$\frac{\text{Dénivelé (en m)} * 100}{\text{Distance parcourue (en m)}} = \% \text{ de pente}$$

Géologie de la parcelle

- 1- Ouvrir Géoportail
- 2- Si la parcelle est déjà tracée il n'y a rien à faire
Sinon aller dans  puis dans importer des données
Format KML, aller chercher les croquis dans les fichiers de l'ordinateur
OU (si elles sont sur le compte géoportail) sur l'onglet  pour sélectionner mes données et cliquer sur la ou les parcelles qui nous intéressent.
- 3- Ouvrir les fonds de carte « géologique » et « carte topographique IGN »
- 4- La légende de la carte sur géoportail ne permet pas d'accéder au type de roche.
Pour avoir la notice il faut aller sur infoterre : <http://infoterre.brgm.fr/> . Ensuite on active la visualisation simplifiée et puis la couche géologie. On peut chercher la commune sur laquelle se trouve la parcelle étudiée, en cliquant sur la carte (sur la parcelle) on obtient le nom du type de roche ou l'on peut afficher la légende de la commune en cliquant sur légende et afficher la légende au 1/50000.
Le problème rencontré est que l'on n'a pas le positionnement exact de la parcelle (impossible d'importer les parcelles sur ce site), il faut estimer sa position en faisant un parallèle avec géoportail sinon il faut se servir de la légende.

Annexe 8 : Méthodologie pour les sols : L'hydromorphie

Ce test permet de mettre en évidence la présence de fer réduit (Fe(II)) dans le sol, sous cette forme il indique une hydromorphie.

Matériel : Le réactif est à conditionner dans des flacons et à conserver en cas de non-utilisation à une température de 4°C. Il est fortement conseillé d'éviter les contacts avec la peau, d'inhaler ou d'ingérer ces composés, ces risques sont d'autant plus élevés lors de l'utilisation du test par aspersion. [11]

Méthode : Déposer quelques gouttes de ce produit sur le sol, une réaction quasi immédiate ce produit. Le sol devient rouge (à différentes intensités) ce qui témoigne de la réduction du fer.

Si le test n'est pas utilisable :

On peut essayer de repérer des taches correspondent au fer oxydé (rouge) ou réduit (vert-bleu) et des concrétions correspondant au complexe ferro-manganique (noire) indiquant une hydromorphie (voir signification avec le tableau)

Description de l'hydromorphie	Signification agronomique
Absence de taches rouilles ou grises ou de concrétions noires ferromanganiques sur l'ensemble du profil.	Très bon drainage naturel des sols.
Taches d'oxydo-réduction de densité moyenne (10 à 30 %) de la surface) en profondeur (à plus de 80 cm)	Sol frais en profondeur. Peu ou pas de contraintes agronomiques.
Taches d'oxydo-réduction de densité faible (< 10 % de la surface) apparaissant en dessous de 40 cm de profondeur.	Sol modérément hydromorphe. Contraintes agronomiques modérées, ressuyage plus lent, léger excès d'eau pour certaines cultures (ail, ...).
Quelques taches de rouille (< 5-10 %) dans les horizons de surface (0 – 40 cm).	Sol modérément hydromorphe. Drainage nécessaire si cultures exigeantes. Aptitudes culturales plus faibles si les cultures sont très sensibles à l'hydromorphie (ail, ...).
Taches d'oxydo-réduction d'intensité moyenne (10-30 %) dans les horizons de surface (0-40 cm).	Sol hydromorphe. Drainage souvent utile.
Plus de 30 % de taches d'oxydo-réduction dans les horizons de surface (0-40 cm).	Sol très hydromorphe. Drainage très utile ou nécessaire pour la plupart des cultures.
Couleur grise ou gris-bleu-vert continue d'un horizon.	Présence d'une nappe d'eau permanente dans cet horizon, même en été (nappe alluviale par exemple).

Source : Guide profil sol CA du TARN, 2008

Annexe 9 : Méthodologie pour les sols : Sondage à la tarière

Le sondage permet d'observer les différents horizons du sol et de pouvoir faire des tests (acide, hydromorphie, texture...) dessus, il permet également d'estimer la profondeur du sol.

Matériel : Tarière, mètre, couteau et gouttière (environ 1m de long)

Méthode :

- 1- Commencer par creuser avec la tarière et déposer le premier échantillon dans la gouttière
- 2- Ensuite, continué à creuser. Une fois la tarière sorti du trou mesurer la profondeur du trou, nettoyé bien les bords de la tarière en enlevant la première couche de sol puis déposer uniquement la quantité de sol, correspondant à la profondeur mesurer, dans la gouttière.
- 3- Recommencer l'opération pour remplir la gouttière ou jusqu'à ce que l'on arrive à la roche (si profondeur < 1m).

PS : Si on ne peut pas faire le sondage, il est possible d'utiliser une tige en métal pour estimer la profondeur du sol (au moins jusqu'à 50cm).