



ANNEXE 3

ÉTUDE DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES DES SOLS





SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
2. ENVIRONNEMENT AGRICOLE DU SITE D'ETUDE	3
2.1.1. L'environnement agricole départemental	3
2.1.2. L'environnement agricole communal	4
2.1.3. L'environnement à l'échelle du site du projet	4
2.2. Contexte agro-pédo climatique de la zone d'étude	6
2.2.1. Climat	6
2.2.2. Géologie	7
2.2.3. Pédologie.....	7
2.3. Analyses pédologiques in-situ	8
2.3.1. Principe.....	8
2.3.2. Méthode.....	8
2.3.3. Résultats.....	9
3. CONCLUSION SUR LA QUALITE DU SOL.....	13
4. BIBLIOGRAPHIE	14

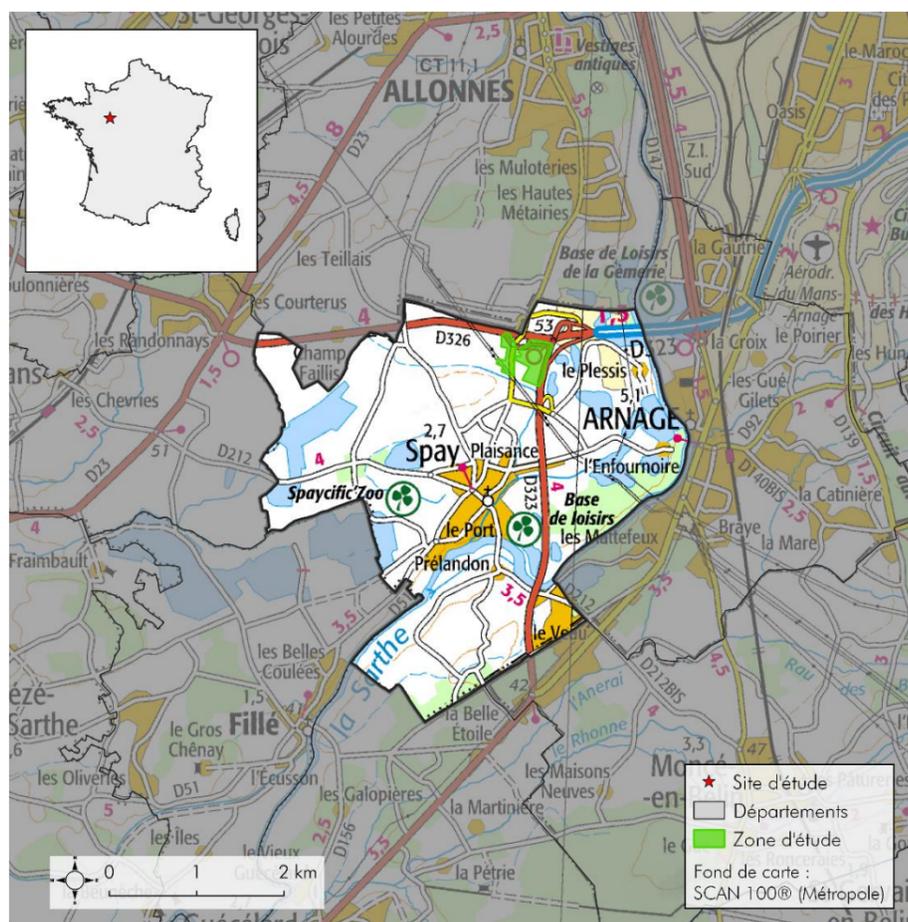


1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude d'un projet de centrale photovoltaïque au sol au lieu-dit « Champfleuri » sur la commune de Spay (72), le bureau d'études spécialisé PC Consult a été missionné par IEL afin de réaliser une étude des potentialités agronomiques des sols des parcelles projet. L'objectif de l'étude est d'analyser la qualité agronomique du sol.

2. ENVIRONNEMENT AGRICOLE DU SITE D'ÉTUDE

Le site du projet, d'une surface de 19.7 ha, se situe au Nord de la commune de Spay, dans le département de la Sarthe, situé lui-même dans le Nord-Ouest de la France (Carte 1). Cette commune est située à 9 km au Sud-Est du Mans, ville majeure de la Sarthe.



Carte 1 : Localisation à l'échelle de la France

La commune de Spay est traversée par la rivière Sarthe. Les nombreux étangs présents sur la commune sont le reflet de l'intense activité passée et encore présente d'extraction de sable et granulat ayant lieu sur le territoire. Spay est d'ailleurs le site alluvionnaire le plus proche de l'agglomération mancelle.

2.1.1. L'environnement agricole départemental

L'activité agricole caractéristique du département de la Sarthe est la production de produits carnés et d'origines animale. Les produits de l'élevage représentaient 62 % du chiffre d'affaires de l'agriculture de la Sarthe sur les 927.88 millions d'euros générés en 2019. Près d'un quart de cette somme est représentée par les productions avicoles (œufs et volailles), ce qui fait de la Sarthe un département présentant une production avicole marquée.

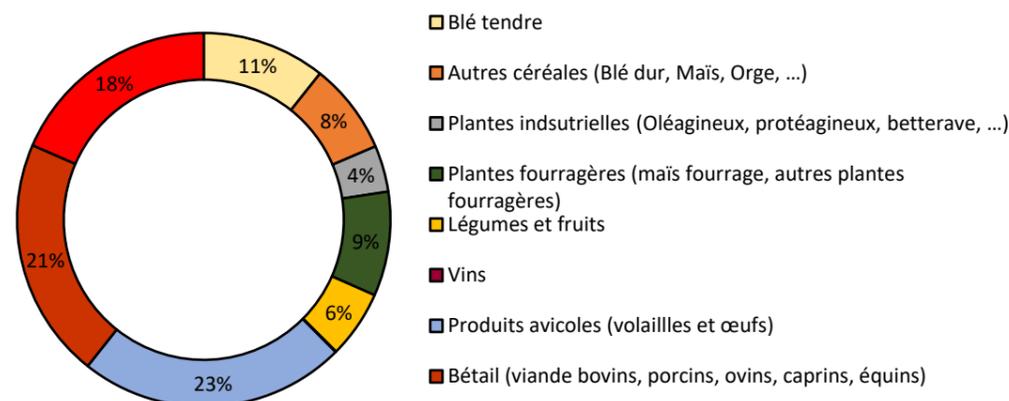
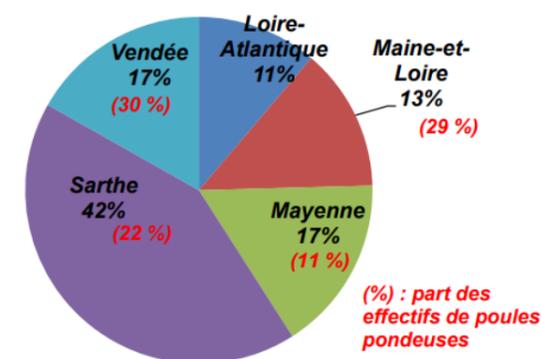


Figure 1 : chiffre d'affaire de l'agriculture de la Sarthe en 2019 (Agreste, 2020b)

Les derniers chiffres départementaux de l'importance du cheptel des poules pondeuses disponibles datent de 2010. Ils montrent que la Sarthe détient le plus grand nombre d'exploitations de poules pondeuses de la région (42 %) (Figure 2). Près d'une poule pondeuse sarthoise sur deux étaient sous le signe de la qualité avec 15% en agriculture biologique et 40% des effectifs en label rouge (CA Pays de la Loire, 2013).



Source : Agreste - Recensement agricole 2010 - Traitement SRISE PdL

Figure 2 : répartition des exploitations de poules pondeuses en Pays de la Loire (CA Pays de la Loire, 2013)

La production de volailles LABEL ROUGE de Loué est d'ailleurs bien connue et cette production concerne à l'heure actuelle une grande partie du territoire départemental. En 2005, la Sarthe compte plus de 900 éleveurs membres de Sylvol Qualimaine (syndicat des volailles fermières de Loué) (CERESA et al., 2012).



L'effectif bovin et porcin n'est pas anecdotique puisque que ces derniers représentaient 1.7 et 1.6 % du cheptel national et 12.8 et 19 % du cheptel régional en 2019 (Tableau 1).

Tableau 1 : importance du cheptel sarthois

	Effectifs départementaux	Part du cheptel national (%)	Part du cheptel régional (%)	Source
Bovins	302 041.0	1.7	12.8	SAA, 2019
Vaches	114 364.0	0.6	12.5	
Vaches allaitantes	56 399.0	0.3	14.1	
Vaches laitières	57 965.0	0.3	11.2	
Porcins	283 025.0	1.6	19.0	
Caprins	3 936.0	0.02	2.5	RA, 2010
Ovins	14 501.0	0.1	12.0	
Poulets de chair et coq	7 325 828.0	5.1	22.8	

En 2019, presque un quart (22.4%) du département de la Sarthe est occupé par surfaces boisées. Les surfaces artificialisées représentaient 10.7% du territoire et 3.2 % sont occupés par des landes ou des surfaces diverses (eaux intérieures, rochers, ...). La majorité du département de la Sarthe est occupée par des surfaces agricoles (63.8 %) (Agreste, 2020a).

La surface agricole utile (SAU) de 365 719 ha en 2019 est majoritairement occupée par des céréales, oléagineux et protéagineux (51.5%). Les surfaces toujours en herbe sont un peu plus représentées que les fourrages appartenant aux terres arables (fourrages annuels, prairies temporaires et artificielles, ...) puisqu'elles représentent 26.2% de la surface contre 19.4% (Figure 3).

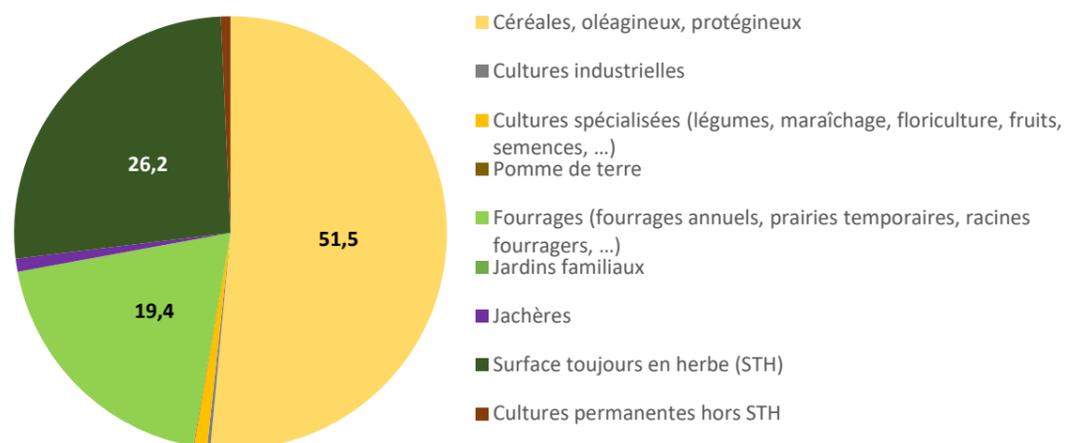


Figure 3 : répartition de la SAU du département de la Sarthe en 2019 (Agreste, 2020a)

2.1.2. L'environnement agricole communal

La commune de Spay est majoritairement occupée par des surfaces agricoles (60.4% en 2018), le restant étant occupé par des surfaces artificialisées (19.5%), des forêts de résineux (4.6%) et des plans d'eau (15.5%) témoins de la remise en état des carrières d'alluvions dans le lit majeur.

La sole communale de 2019 est majoritairement consacrée aux prairies permanentes (38.6%). Les fourrages des terres arables (prairies temporaires, et fourrages divers) sont aussi bien présents puisqu'ils représentent 13.3% de la sole communale. Les céréales hors maïs ne représentent que 18,7 % de la sole, les oléagineux et protéagineux ne sont présents que sur 3% de la surface (Figure 4).

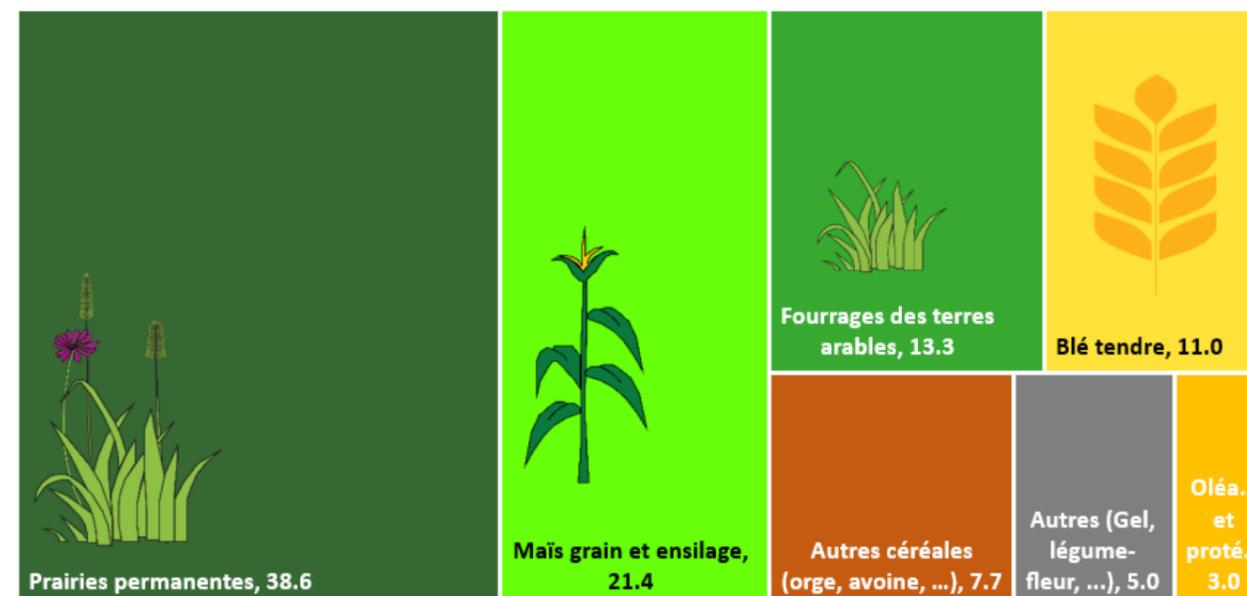


Figure 4 : répartition des cultures à l'échelle communale (d'après RPG, 2019)

2.1.3. L'environnement à l'échelle du site du projet

Les parcelles de la zone d'étude étaient cultivées il y a 60 ans et sont entrées en déprise au fur et à mesure (Figure 5). Les friches ont remplacé les cultures d'abord au Nord de la zone pour s'étendre vers le Sud. Ces dernières années, seules deux zones ne sont pas enfrichées : l'une entretenue grâce au pâturage de chevaux de loisirs et l'autre toujours en culture. Lors de la phase de terrain, cette parcelle était cultivée en maïs (ZC10).

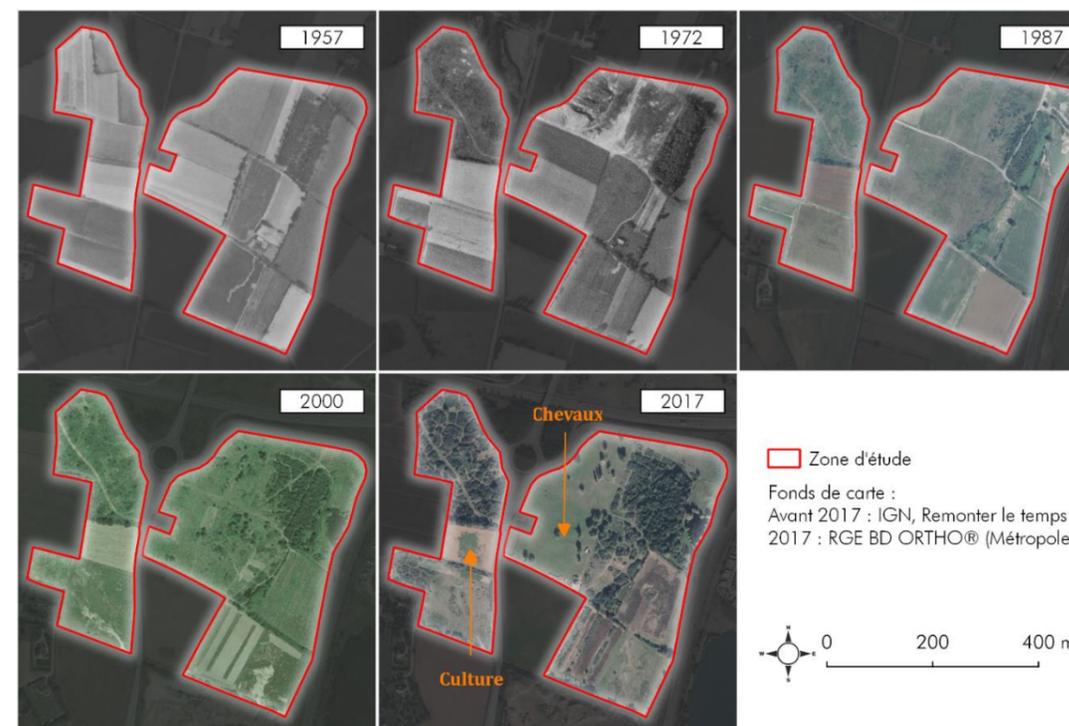


Figure 5 : évolution de l'état des parcelles d'études au fil du temps



Par ailleurs, la zone d'étude est directement concernée par l'exploitation des alluvions puisque 6 sites, maintenant fermés, y ont été exploités (Figure 6). Toutes les parcelles concernées par le projet solaires sont d'anciennes carrières. A l'occasion de la **remise en état des carrières après exploitation** des anthroposols (sols fabriqués par l'homme dans ce cas), certaines parcelles ont été laissées en friches. **La succession d'horizon observés dans in-situ peut donc ne pas correspondre aux relevés à grande échelle présentés dans les cartes pédologiques.**

Le sous-sol de la région referme des ressources en eau, en particulier dans les alluvions anciennes. L'eau est généralement chargée en fer et en manganèse et n'est donc pas utilisée pour l'adduction d'eau potable. De plus, **l'eau de la nappe alluviale peut être touchée par les rejets de l'exploitation de carrières.**

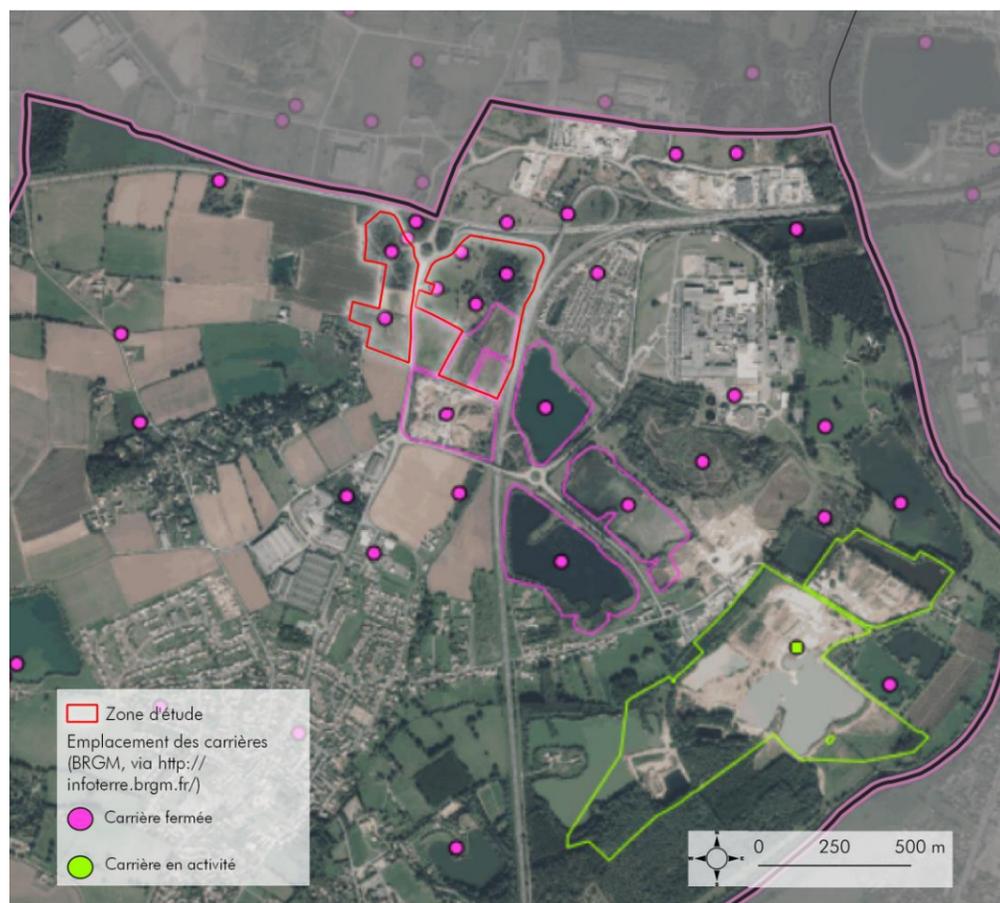


Figure 6 : localisation des carrières à proximité de la zone d'étude (<http://infoterre.brgm.fr/>)

Le site se trouve aujourd'hui à différents niveaux d'entretien et de développement de la végétation. La majorité de la zone d'étude (40%) est en cours de fermeture avec une végétation de prairie plus ou moins recouverte de ronces, 35 % est occupée par des surfaces boisées (bouleau, chêne, ...) de plus ou moins haut jet, 1% par une retenue d'eau, les 24% étant entretenus par des cultures ou des pâtures (Figure 7).



Figure 7 : zones de végétation du site d'étude

Les parcelles du projet de centrale photovoltaïque de Champfleuri n'ont jamais été inscrites au Registre parcellaire graphique (RPG).

Sur les 6 parcelles déclarées à la PAC en 2019 situées à proximité du centre de la zone d'étude, la majorité est cultivée en blé tendre. Les autres parcelles sont en maïs, en prairie temporaire ou occupée par un mélange fourrager légumineuse-graminée. Le blé tendre prédomine donc dans l'environnement immédiat de la zone d'étude (Figure 8).

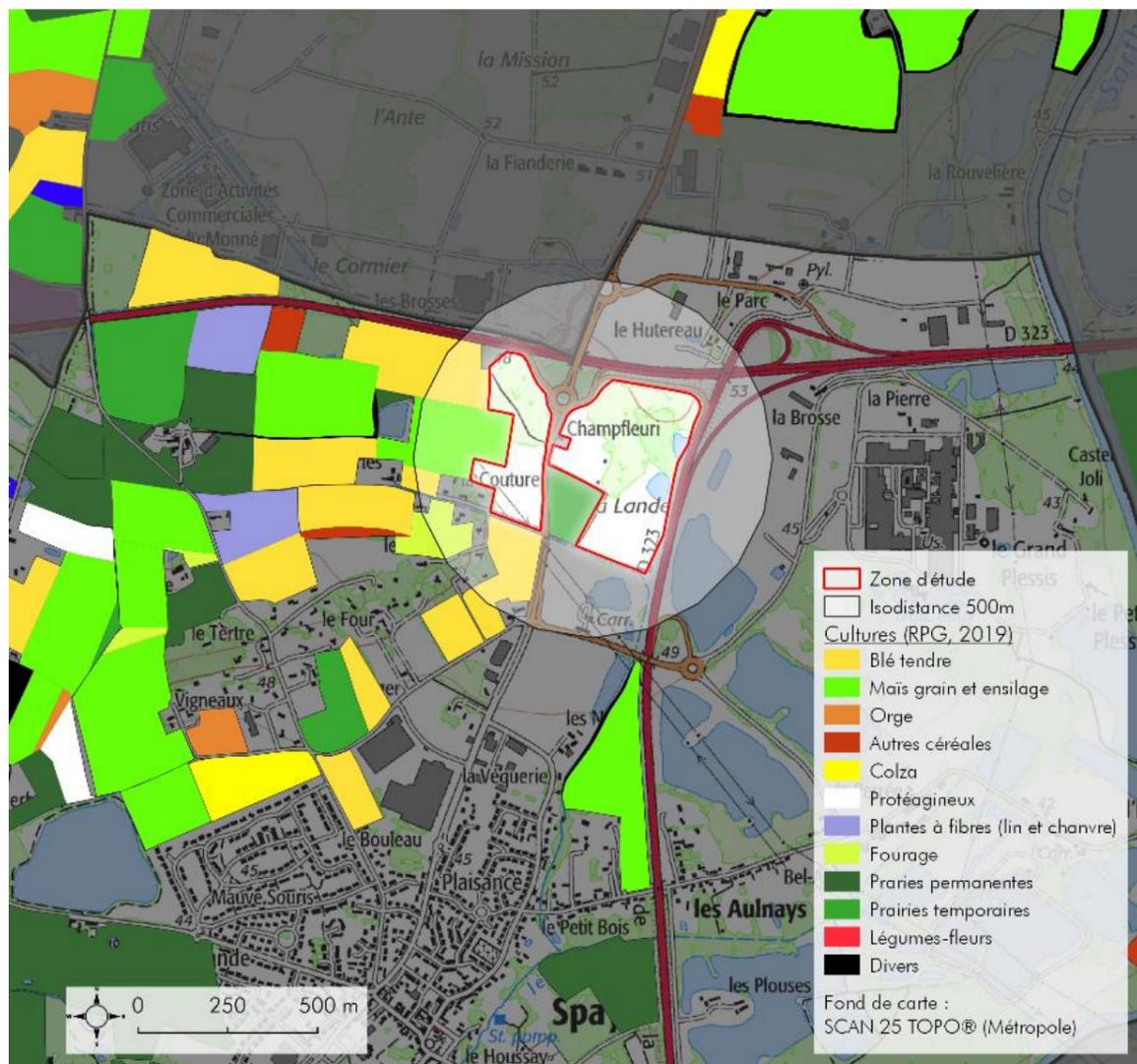


Figure 8 : environnement agricole immédiat de la zone d'étude

L'environnement immédiat (moins d'1 km) de la zone d'étude comporte une partie artificialisée avec :

- La proximité de voies routières d'importance : liaisons de type autoroutier (D 323) et liaisons régionales (D271, D51) qui supportent un trafic important ;
- Des plans d'eau d'origine anthropiques résultant de l'exploitation des alluvions ;
- Une zone d'activité avec des usines (entreprises comme Le Tabac reconstitué, 420 employés ; Colas) ;
- Des logements.

2.2. Contexte agro-pédo climatique de la zone d'étude

2.2.1. Climat

La zone d'étude est caractérisée par un climat océanique altéré. Le climat est caractérisé par (Météo France, 2020) et Figure 9) :

- une amplitude thermique annuelle relativement faible (14 ;8 °C) caractéristique des climats océaniques ;
- une température moyenne douce de 12 °C ;
- un nombre de jours froids de moins de -5°C faible de 6.2 mais un nombre de jour où la température passe en dessous de 0°C et les gelées peuvent être présentes assez important (45.8 j);
- un nombre de jours chauds de plus de 30°C faible de 12.9.

Les précipitations annuelles sont relativement moyenne avec 687.5 mm, le mois le plus arrosé étant décembre et le mois le plus sec d'août.

Le climat semble pas poser d'obstacle à la mise en culture des sols.

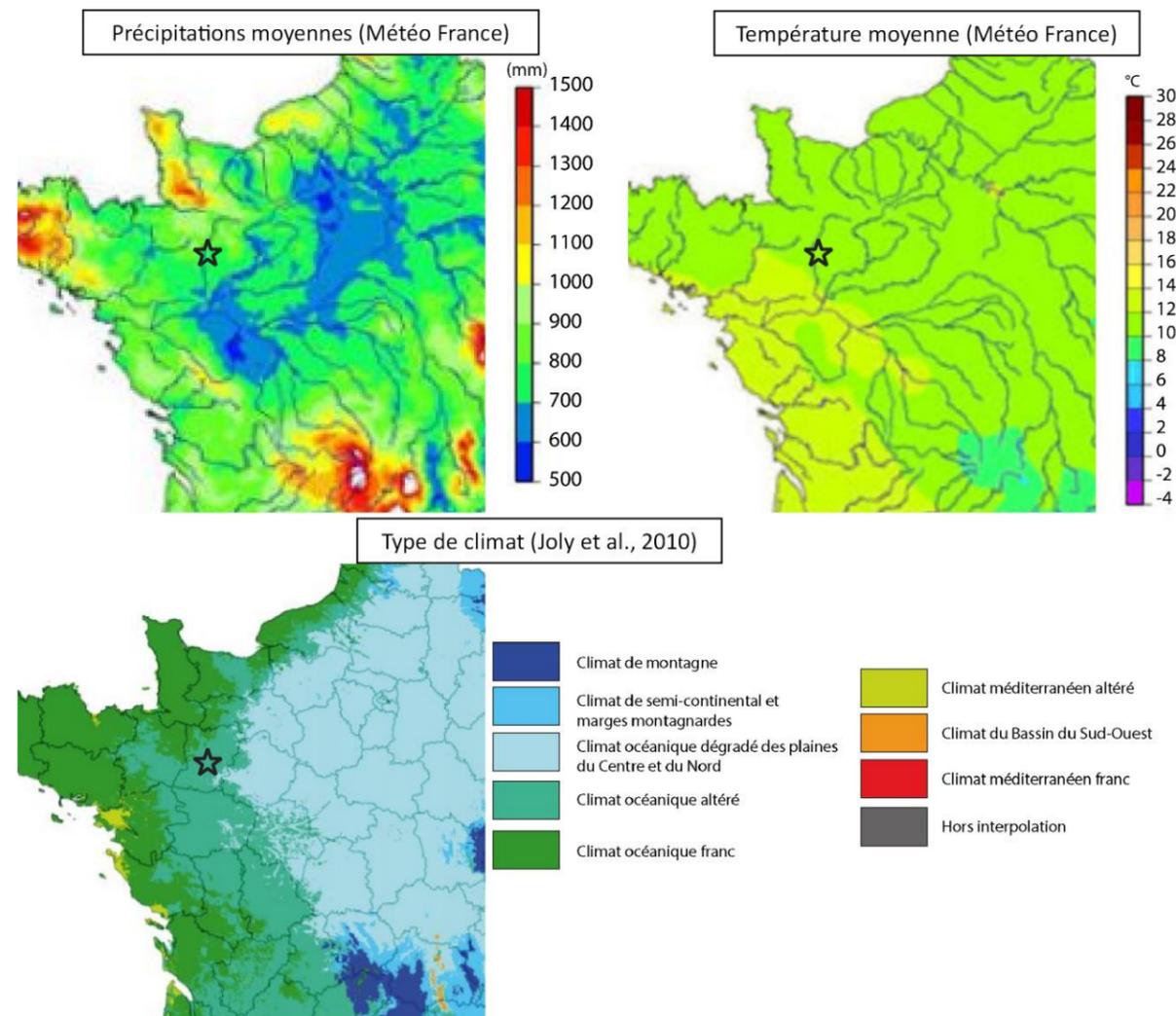


Figure 9 : caractéristiques climatiques de la zone d'étude



2.2.2. Géologie

D'après le PLU de la commune de Spay (ARCHITOUR, 2017) :

« Le territoire communal de Spay est situé sur des sables et grès du Maine (Cénomaniens moyen et inférieur), et des alluvions récentes correspondant au lit de la Sarthe et de ses divers affluents, notamment le ruisseau du Mortier Noir et le Buard. La formation des sables et grès du Maine, représente un ensemble détritique pouvant atteindre 40 m d'épaisseur. Les couches se relèvent lentement au niveau des extrémités communales, au Nord vers la butte des Vigneaux, et au Sud en limite d'Arnage. Ce phénomène est limité au Sud par un accident : la faille d'Arnage de direction subméridienne, dont le rejet peut atteindre une cinquantaine de mètres. Cette même faille se prolonge entre Arnage et Allonnes en suivant le cours de la Sarthe. »

La zone d'étude est située sur des formations alluviales (Figure 10) en particulier sur les formations Fy d'épaisseur allant de 6 à 8 m et Fx d'épaisseur 12 à 15m. Les alluvions anciennes des terrasses Fy datent de la dernière grande glaciation du Würm. Fy et Fx sont composées de sables et graviers exploitées de façon industrielle en particulier dans la commune de Spay (JUIGNET et al., 1973).

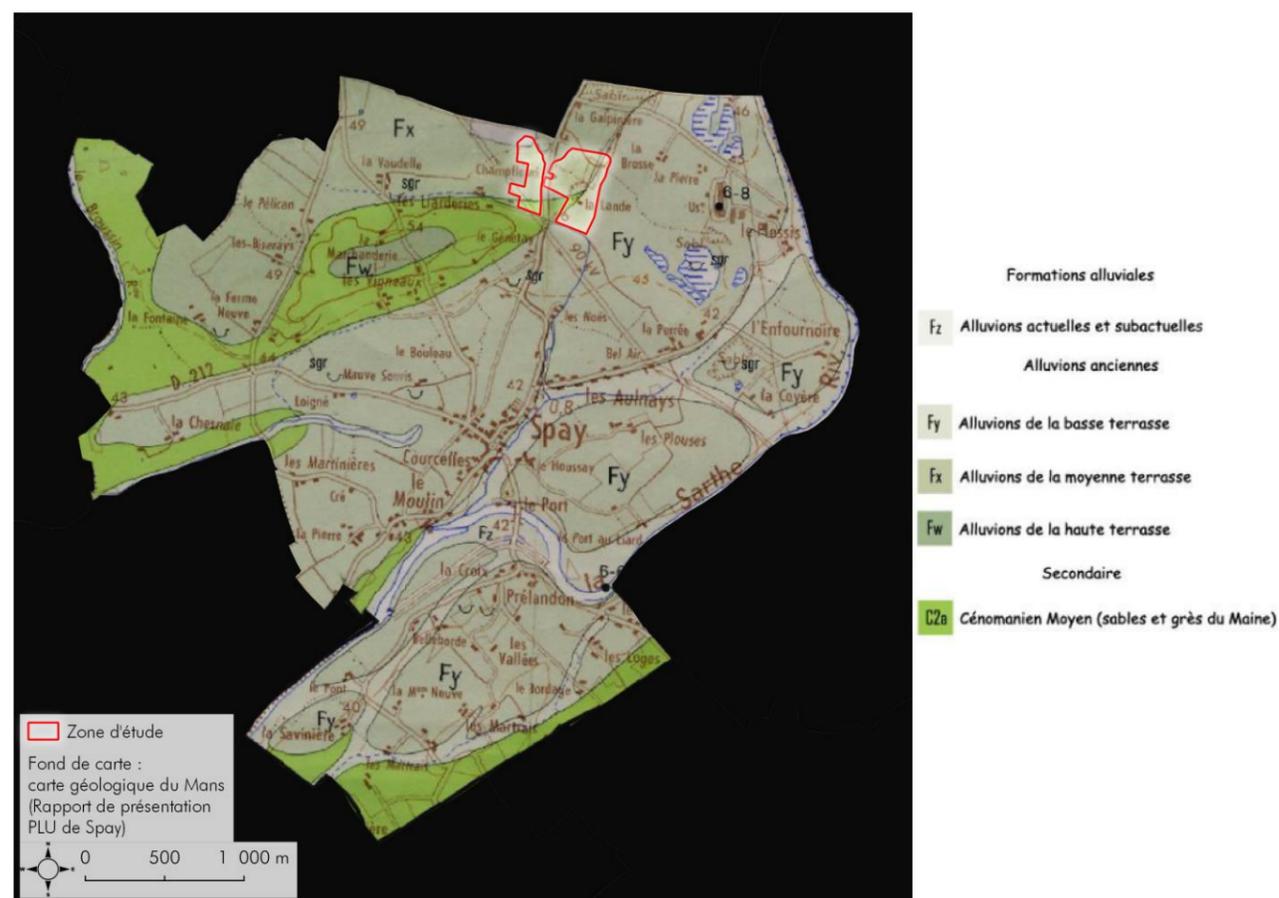


Figure 10 : géologie de la commune de Spay

2.2.3. Pédologie

Les sols des parcelles de la zone d'étude font partie de l'unité cartographique de sol (UCS) n°4 du référentiel pédologique des Pays de la Loire pour le département de la Sarthe (Figure 11). Cette entité est composée de types

de sols variés (Figure 12). Néanmoins, la plupart d'entre eux sont des types de sols présentant un horizon imperméable qui va être à l'origine de nappes stagnantes (LUVISOL-REOXISOLS), ou de mouvements hydriques hors du profil (PLANOSOL)

Pour obtenir des informations à l'échelle de la parcelle et analyser ses potentialités agronomiques, des analyses de sol issu de la zone d'étude sont nécessaires.

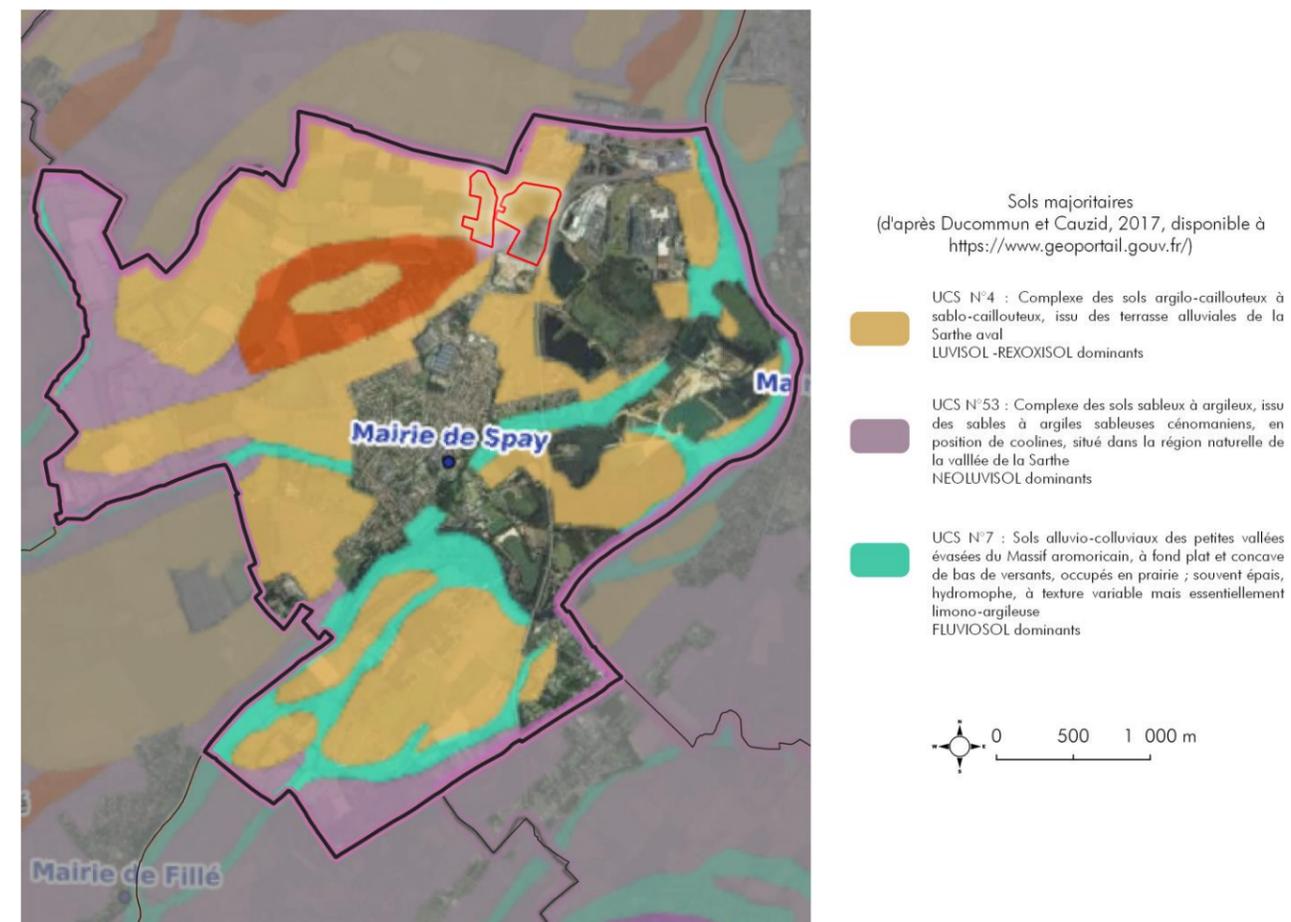


Figure 11 : pédologie sur la commune de Spay

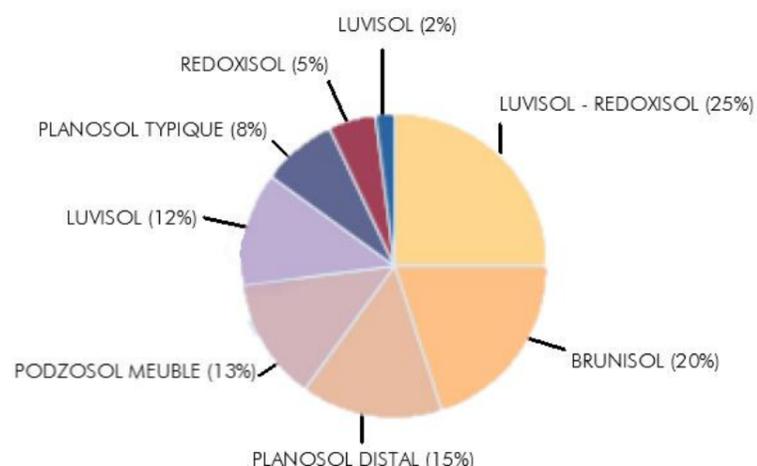


Figure 12 : pourcentage de surface des unités typologique de sol (UTS) au sein de l'UCS n°4

2.3. Analyses pédologiques in-situ

2.3.1. Principe

Les plantes ont différents besoins pour assurer leur croissance : de l'eau, des éléments minéraux, d'une épaisseur de sol suffisante pour permettre leur ancrage au sol. Le sol a donc plusieurs fonctions : support du système racinaire et des interventions culturales, participation à la nutrition hydrique et minérale. Au-delà de certains niveaux, les caractéristiques physiques du sol peuvent limiter la croissance des végétaux et devenir des contraintes pour la mise en culture. Quatre critères peuvent ainsi être cités :

- Le comportement du sol vis-à-vis de l'eau
 - Au travers de la réserve utile qui constitue l'eau du sol disponible pour les plantes :
 - par le biais de la texture des sols : plus un sol a une texture équilibrée plus l'eau disponible pour les plantes sera importante ;
 - par le biais de la profondeur : pour une même texture, plus un sol est profond, plus sa réserve en eau est grande ;
 - Au travers de l'asphyxie des sols
 - un sol présente un excès d'eau limite les échanges gazeux entre le sol et les racines et modifie l'activité biologique, un déficit en oxygène prolongé empêche le développement des racines pour la plupart des espèces cultivées ;
- Les obstacles à l'enracinement
 - L'origine peut être intrinsèque au sol comme une couche d'argile imperméable ou l'apparition d'une roche mère inexploitable pour les racines à faible profondeur ;
 - Plus l'obstacle apparaît tôt dans le profil, plus l'épaisseur exploitable pour les racines est faible, le sol exploitable est dit superficiel et la plante exprimera moins bien son potentiel. Certaines cultures peuvent même être déconseillées ;
- La « piériorité »
 - Plus un sol est caillouteux plus sa réserve en eau diminue ;
 - Plus un sol est caillouteux, plus il est difficile à travailler. C'est en particulier vrai pour les cailloux qui ne peuvent être broyés facilement par le matériel comme les calcaires tendres.

Le matériel lui-même est alors abîmé et sa réparation peut s'avérer un poste important de dépense ;

- Plus un sol est caillouteux, plus les racines rencontrent d'obstacle à leur progression ;
- La structure
 - Une bonne structure qui n'a pas pris en masse ou qui n'est pas trop friable, permet de maintenir une bonne porosité assurant une circulation de l'eau et un développement des racines optimal ;
 - Un défaut de structure peut impacter les semis et donc la levée des plantes. C'est le cas des croûtes de battance (formation d'une croûte de surface qui réduit l'infiltration et les échanges gazeux), la prise en masse des sols argileux, les semelles de labour, ... ;
 - Une texture équilibrée permet plus facilement de gérer le sol afin d'avoir une bonne structure, facile à travailler pour les engins agricoles. Un sol argileux est par exemple très plastique et collant en condition humide, donc difficile à travailler.

2.3.2. Méthode

Afin d'identifier le potentiel agronomique des parcelles, deux types d'analyse in-situ ont été conduites le 09/07/2021 :

- Un profil cultural. C'est une fosse plus ou moins profonde dans le sol permettant d'identifier l'enchaînement des strates du sol, la structure et la texture des horizons, d'éventuels obstacles à l'enracinement, ... ;
- Cinq analyses de sol, effectuées à 5 zones différentes (Figure 13). Chaque échantillon envoyé à l'analyse est un prélèvement composite formé à partir de 10 à 11 échantillons de sol prélevés dans les 20 premiers cm de sol à la tarière à main. Le laboratoire CAPINOV a réalisé les analyses physico-chimiques.

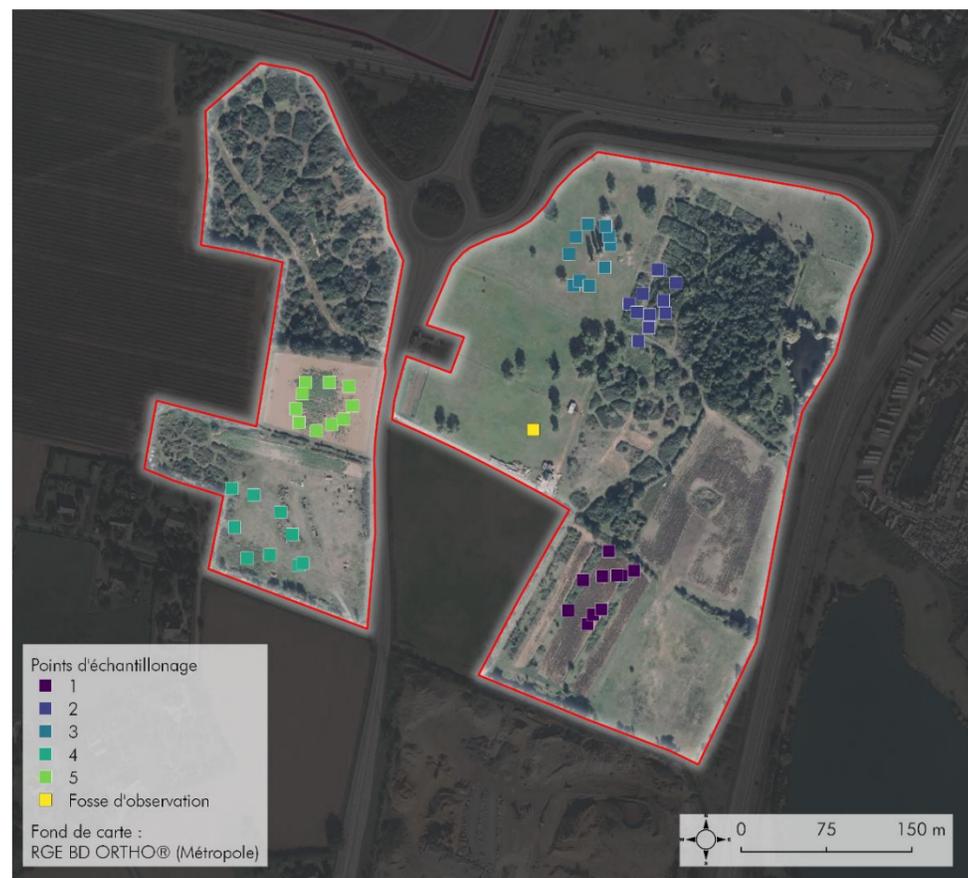


Figure 13 : localisation des points de prélèvements pour les différents échantillons de sol

2.3.3. Résultats

2.3.3.1. Profil cultural

Le profil a été réalisé dans une prairie pâturée en conditions ensoleillées.



Description morphologique

Horizon I (0 – 25 cm) : Horizon brun, frais à sec, à texture sableuse et structure grumeleuse. Nombreux éléments grossiers (cailloux et pierres), densité de racine importante sans hydromorphie. Présence de matière organique peu décomposée (morceaux de bois).

Horizon II (25 – 60 cm) : Horizon brun foncé, frais, à texture sablo-argileuse et structure polyédrique. Nombreux éléments grossiers (cailloux et pierres), densité de racine faible avec quelques tâches d'hydromorphie.

Horizon III (60 – 80 cm) : Horizon orange-ocre, frais, à texture sablo-argileuse et structure massive. Nombreux éléments grossiers (cailloux). Pas de racine. Nombreuses tâches d'hydromorphie. Pas de matière organique.

Caractères généraux du sol :

- Sol profond (80 cm au moins) ;
- Texture plutôt homogène avec un enrichissement en argile vers le bas du profil ;
- Texture sableuse ;
- Enracinement bon dans les 25 premiers cm et plus discret jusqu'à 60 cm.

2.3.3.2. Analyses physico-chimiques

2.3.3.2.1. Analyse granulométrique

Cette analyse sépare les particules selon leur taille, chaque type de particule ayant des caractéristiques propres :

- Les argiles : ce sont des particules très fines, actives électriquement. Avec la matière organique, elles forment la "colle" permettant de "charpenter" le sol. Elles participent à la capacité d'échange cationique (C.E.C.) du sol.
- Les limons : particules fines inactives électriquement, elles se tassent facilement, empêchant l'air et l'eau de passer. Ces limons fragilisent la structure, mais permettent de stocker de l'eau dans le sol.
- Les sables : particules grossières inactives électriquement, elles permettent de structurer le sol en ménageant les porosités. Les sables retiennent peu l'eau du sol et sont lessivables.



Texture

Les 5 échantillons présentent des textures ayant une dominante sableuse (sableuse, sablo-argileuse ou sablo-limoneuse) (Figure 14), ce qui laisse envisager une faible réserve utile et un sol qui retient peu les éléments nutritifs.

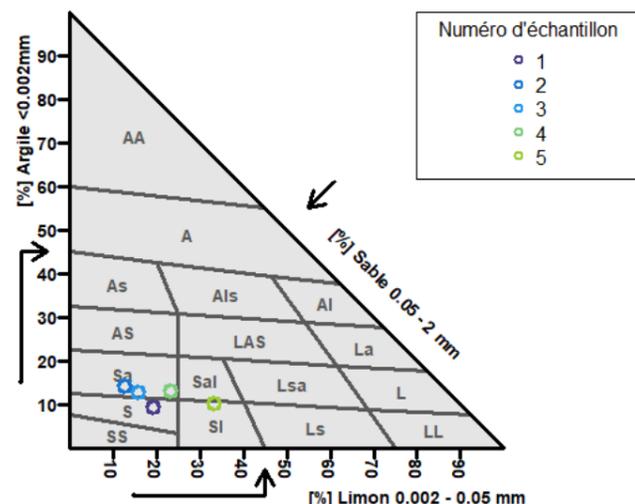


Figure 14 : texture des échantillons (triangle GEPPA-FR)

La réserve utile des sols varie de 49 à 95 mm/m de sol. En extrapolant les observations faites sur le profil de sol, il est possible de penser que les racines des végétaux explorent jusqu'à 60 cm de sol sur l'ensemble de la zone et qu'ils n'ont donc accès qu'à une réserve utile maximum allant de 30 à 57 mm d'eau.

Dans ces conditions, l'irrigation des cultures de printemps est pratiquement obligatoire. La présence de la nappe présente dans les alluvions semble être une opportunité pour pallier ce problème. Cependant, l'exploitation des carrières à proximité nécessite le pompage et l'eau pour l'extraction des granulats, ce qui modifie les écoulements d'eau et peut laisser les puits ou forages à sec (Goubin et al., 1994). Enfin, l'exploitation des carrières peut être l'objet de pollution de la nappe, ce qui peut remettre en question l'utilisation de l'eau pour l'irrigation.

Les sols sont à dominante sableuse, plutôt filtrante. Suivant le type de culture qui pourrait être envisagée et les rendements objectifs, la mise en place d'une irrigation peut être nécessaire. Ces installations sont coûteuses pour l'exploitation et peuvent être inadaptées au contexte de la zone (rabattement de la nappe pour les carrières, pollution).

Battance

Les résultats des analyses granulométriques permettent d'estimer une sensibilité à la battance. La battance désigne la dégradation de la structure du sol en surface sous l'influence des précipitations avec un colmatage hydrique. Le résultat est une usure des mottes et la formation d'une "croûte de battance" difficile à traverser par l'eau, l'air ou les jeunes plantules qui viennent de germer. Le sol est d'autant plus sensible à la battance que sa teneur en limons est plus importante. Un indice IB traduit la sensibilité du sol à la battance :

Équation 1 : sensibilité à la battance selon Rémy et Marin-Lafèche, 1974

$$IB = (1.5 \times \text{Limon Fin}) + (0.75 \times \text{Limon Grossier})$$

$$(\text{Argile}) + (10 \times \% \text{ Matières Organique})$$

Tableau 2 : classe de sensibilité à la battance

INDICE DE BATTANCE	APPRECIATION
>2,0	Sol très battant
2,0>IB>1,8	Sol battant
1,8>IB>1,6	Sol assez battant
1,6>IB>1,4	Sol peu battant
IB<1,4	Sol non battant

L'indice de battance des 5 prélèvements est inférieur à 1.2. Les sols sont donc considérés comme non battants.

L'indice de battance des échantillons caractérise un sol non-battant.

2.3.3.2.2. Analyses chimiques

Le pH

Le pH est un nombre sans unité, compris entre 0 et 14, qui caractérise le statut acido-basique du sol. Sa valeur implique des modifications des propriétés chimiques, biologiques et physiques du sol.

Les échantillons montrent un pH très varié, ce qui confirmerait le présence d'apport de sol (remblai, terre végétale) ayant un pH différent du sol d'origine (Figure 15).

Actuellement, les prélèvements 2, 3 et 4 montrent un pH pouvant indiquer des blocages de l'absorption de plusieurs éléments par les plantes, le prélèvement 1 présente un pH ayant des valeurs optimales et le prélèvement 5 présente un pH très défavorable à la culture puisqu'il y a risque de toxicité aluminique pour certaines cultures qui y pousseraient. L'orge, les légumes ou la luzerne sont par exemple très sensibles à cette toxicité.

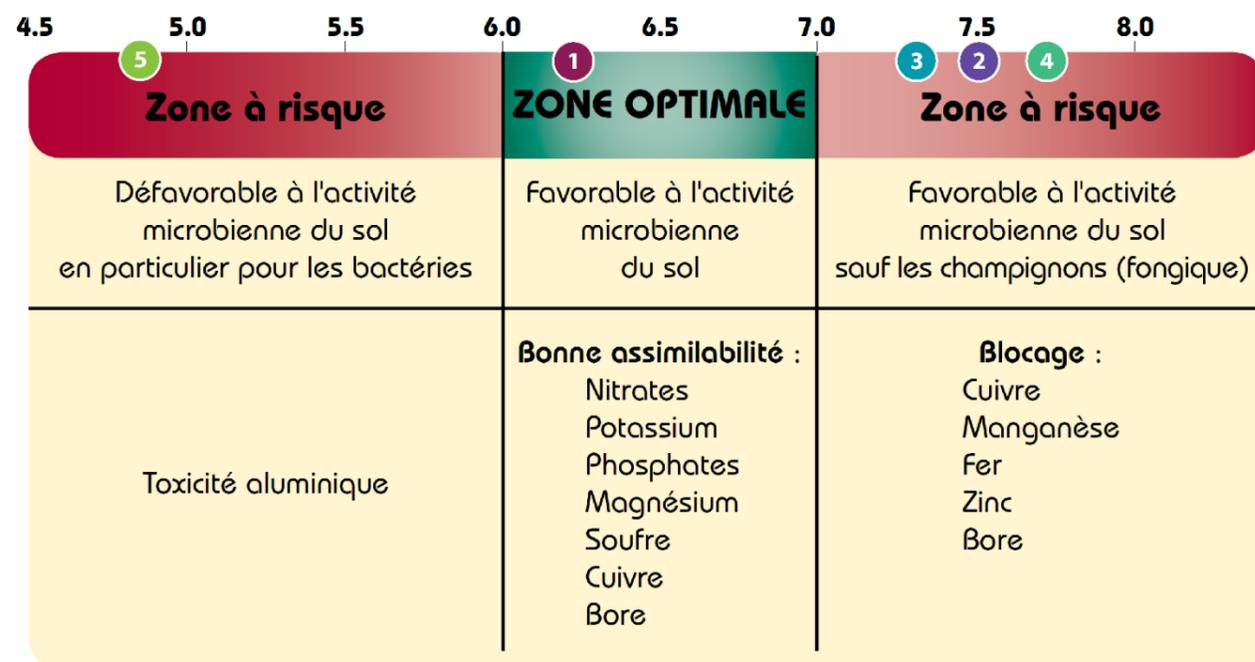


Figure 15 : pH des échantillons

Le pH est aussi un des facteurs de la stabilité structurale des sols. Combiné à la faible teneur en argile des sols observés, le pH bas relevé à l'échantillon 1 empêche la formation d'agrégats stables. L'action des gouttes de pluie disperse les particules, les plus fines (argiles limons) restant à la surface formant une croûte imperméable sur laquelle l'eau stagne, les plus grossières étant entraînées par l'eau de ruissellement jusqu'à être déposées (Figure 16). Ce genre de sol est donc très sensible à l'érosion.



Figure 16 : instabilité structurale dans une parcelle cultivée de la zone d'étude

La remontée du pH de ce sol nécessite un chaulage de redressement pour éviter l'excès d'acidité, préjudiciable à la culture. La capacité d'échange cationique (CEC) donne une bonne idée du pouvoir tampon du sol. Pour l'échantillon 5 ayant un faible pH et une faible CEC (5.8 meq/kg), le pH visé étant de 6.2, un apport 1305 kg/ha d'unité neutralisante (CaO) serait conseillé et 380 kg/ha deux ans après.

En pratique, le premier apport devrait être fait avec un amendement basique à action rapide type chaux vive. En considérant un prix de l'unité neutralisante (u VN) allant de 0.17 à 0.24 €/u VN et une VN de 92, entre 230 et 325 € seront consacrés pour l'achat de ~1.5 tonnes de chaux vive.

Le pH mesuré sur la zone est très variable et présente une valeur optimale dans un seul des 5 prélèvements, trop élevé dans 3 avec un risque de blocage des éléments nutritifs et beaucoup trop faible dans le dernier avec une toxicité aluminique très probable.

La matière organique

La matière organique joue un rôle important dans le fonctionnement physique, chimique et biologique du sol :

- Elle améliore la cohérence des éléments structuraux par la possibilité de formation d'agrégats permettant le développement d'une bonne porosité. Cette dernière favorise les circulations d'air et d'eau dans le sol ;
- Elle favorise la rétention en eau utile, en retenant 15 fois son propre poids en eau ;
- Elle participe au stockage réversible des éléments nutritionnels, formant le 1^{er} réservoir d'éléments nutritifs (Azote, Phosphore, Potassium, Soufre) ;

Un sol bien pourvu en matière organique offrira un milieu bien plus favorable au développement des cultures et moins sensible aux aléas climatiques.

La matière organique des échantillons prélevés varie de 10.2 à 32.4 % (Figure 17). Les échantillons 1 et 5 présentent des teneurs en matière organique très faibles ou faibles à la différence des échantillons 2, 3 et 4 qui présentent des taux de matière organiques convenables vis à vis de leur teneur en argile (Tableau 3), inférieure à 22% (Figure 14).



Figure 17 : teneur en matière organique des prélèvements



Tableau 3 : interprétation de la teneur en matière organique des sols

TENEUR EN MO	INTERPRETATION	
MO < 14 ‰	Sol très pauvre en matière organique	
14 ‰ ≤ MO < 20 ‰	Sol pauvre en matière organique	
20 ‰ ≤ MO < 30 ‰	Argile < 22%	Sol bien pourvu en matière organique
	22% < ARG. < 30% (Ou teneur en argile inconnue)	Sol moyennement pourvu en matière organique
	Argile > 30%	Sol pauvre en matière organique
30 ‰ ≤ MO < 40 ‰	Sol bien pourvu en matière organique	
MO ≥ 40 ‰	Teneur élevée en matière organique	

(Source : programme d'interprétation LANO/CA de Basse Normandie)

Le rapport C/N renseigne sur le degré d'évolution de la matière organique et de l'activité biologique. Pour un rapport inférieur à 8.5, les matières organiques sont vite consommées, en dessus de 10.5, les matières organiques sont mal dégradées, elles s'accumulent ne participent plus suffisamment à l'alimentation en éléments nutritifs des plantes.

En croisant cette information avec la quantité de matière organique présente dans chaque échantillon, il apparaît que les échantillons 2, 3, 4 et 5 présentent une mauvaise dégradation des matières organiques (Figure 18). Pour l'échantillon 5, cet état plutôt à relier avec le faible pH et la faible activité biologique du sol, pour les autres elle serait plutôt à rapprocher de l'occupation du sol actuelle (espace boisé et prairies) sans travail du sol.

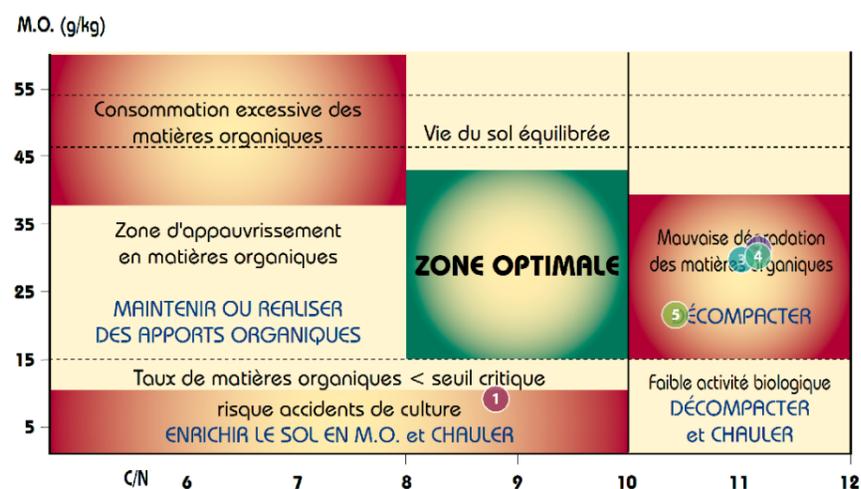


Figure 18 : taux de matière organique et rapport C/N des échantillons

Il n'y a pas d'adéquation entre la présence de matière organique et activité biologique pour le fonctionnement optimal du sol. Dans les conditions actuelles, elle ne peut assurer correctement son rôle de fourniture d'éléments nutritifs aux plantes.

Les éléments nutritifs

Le phosphore (P)

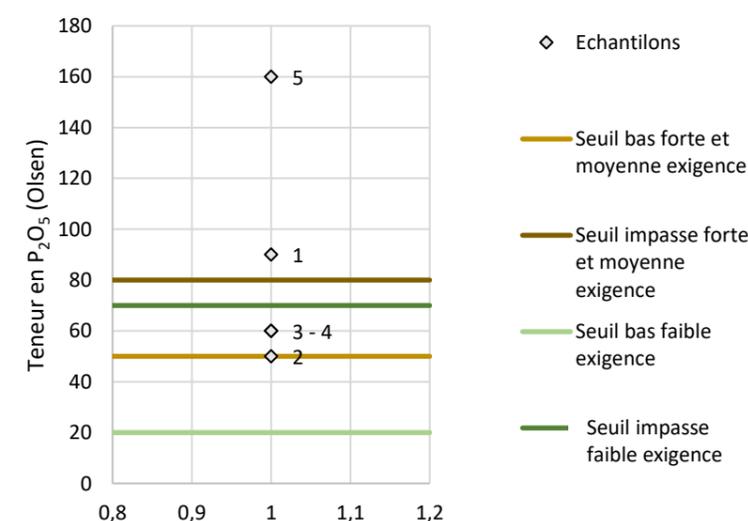
Le phosphore est un élément majeur de la croissance des plantes. Il intervient dans les transferts d'énergie, entre dans la composition des protéines et de l'ADN.

Il existe 3 méthodes de dosage du phosphore selon la force de la liaison des acides phosphorique aux particules du sol. Dans les analyses de CAPINOV, deux méthodes complémentaires sont utilisées : les méthodes DYER et OLSEN. Ces deux méthodes permettent :

- D'interpréter les teneurs obtenues vis-à-vis de seuils choisis en fonction de l'exigence des plantes vis à vis du phosphore pour l'obtention de rendements objectifs. Si la teneur en phosphore est inférieure à $T_{renforcée}$, il y a nécessité de fertilisation à une dose supérieure à la dose d'entretien, au-delà de $T_{impasse}$ la suppression de la fertilisation n'entraîne pas de chute de rendement significative (Tableau 4) ;
- D'estimer la disponibilité du phosphore disponible pour la nutrition des végétaux (rapport entre les teneurs en phosphore analysées Olsen / Dyer).

Tableau 4 : valeurs seuil pour la fertilisation en phosphore selon l'exigence des cultures (<https://www.arvalis-infos.fr/>)

	Seuils P_2O_5 - Méthode Olsen (mg/kg)					
	Forte exigence <i>Colza, luzerne, pomme de terre, ...</i>		Moyenne exigence <i>Blé dur, orges, maïs fourrage, ...</i>		Faible exigence <i>Maïs grain, blé tendre, tournesol, ...</i>	
Type de sol	$T_{renforcée}$	$T_{impasse}$	$T_{renforcée}$	$T_{impasse}$	$T_{renforcée}$	$T_{impasse}$
Sol sableux	50	80	50	80	20	70



Le rapport donne la disponibilité du phosphore pour les plantes. Ce seuil est considéré comme correct à partir de 30%. La disponibilité du phosphore varie selon les échantillons de 29 à 47%. Il n'y a donc pas de gros problème de disponibilité du phosphore sur les échantillons.

Le potassium (K)

Le potassium est un élément majeur nécessaire à la croissance des plantes, surtout en début de cycle.

La fertilisation pour le potassium suit les mêmes principes que la fertilisation pour le phosphore (teneur seuil, exigence de cultures). Tous les échantillons montrent une trop faible teneur en potassium.

Le magnésium (Mg)

Les besoins des plantes en magnésium sont faibles, mais cet élément est primordial. Il est présent dans la solution du sol sous forme de cation mobile et facilement lessivé hors du sol. Tous les échantillons montrent une trop faible teneur en magnésium.

Atouts et contraintes du sol

- Réserve utile assez faible avec un enracinement limité : **contrainte forte sur la disponibilité en eau** avec un équipement d'irrigation recommandé en particulier pour les cultures de printemps ;
- Sol non battant et avec un faible stabilité structurale sur une partie de la zone ;
- **Risque de lessivage des éléments fertilisants** (NO₃⁻ en particulier) élevé ;
- Faible dynamique de la matière organique ;
- **Sol moyennement pourvu en éléments nutritifs** ;
- Pouvoir épurateur insuffisant ;
- Substrat perméable, ressuyage et réchauffement rapide. Constat à moduler, car les traces d'hydromorphie dans le dernier horizon indiquent un horizon imperméable sous-jacent.

Les sols de la zone d'étude pourraient donc être cultivés, mais **au prix l'équipement des parcelles en irrigation et de la gestion raisonnée de la fertilisation, ce qui peut représenter un poste de dépense important et une charge horaire forte pour l'exploitant.**

Deux types principaux de végétation vont empêcher l'exploitation du site : les ligneux (arbres et arbustes) et sous-arbrisseaux (ronces)¹. Leur destruction nécessiterait un traitement aérien commun aux deux types de végétaux (broyage intégral du site avec des engins adaptés), puis par un traitement différencié des parties souterraines.

La remise en état du site pour une utilisation agricole engendrerait nécessairement des coûts significatifs. Les coûts sont indicatifs et variables selon la région et les entreprises sollicitées, ils sont exprimés en € HT par passage et adaptés selon le type de végétation présente actuellement sur la zone d'étude.

La remise en état avant toute exploitation reviendrait aux alentours de 40 000 € (Tableau 5).

Tableau 5 : coût indicatifs de remise en état de la zone d'étude pour un usage agricole

Interventions	Surface (ha)	Type de surface	
		Bois et enrichement	Culture ou prairie
	Coût (€/ha)	14.6	4.6
Passage du broyeur forestier	1 200	17 526	
Passage cover crop forestier	500	7 303	
Passage cover crop forestier	500	7 303	
Passage cover crop agricole	100	1 461	
Passage cover crop agricole	100	1 461	464.9
Semences de fétuque élevée (25 kg/ha)	150	2 191	697.35
Semis par un agriculteur ou une entreprise agricole	100	1 461	464.9
Total à l'hectare	2 650	38 703	1 627
Total des travaux		40 330	

note : la série d'intervention évitant l'usage de produits chimiques a été privilégiée ici, étant en contexte de sol filtrant, les molécules pourraient contaminer la nappe facilement

3. CONCLUSION SUR LA QUALITÉ DU SOL

Les **potentialités agronomiques sont médiocres** au vu du profil cultural et des analyses de sols, la texture majoritairement sableuse des sols étant à la base des principales difficultés d'exploitations telles que faible réserve utile en eau, déficit en éléments fertilisants naturels. La productivité des plantes cultivées serait réduite tant qu'un équilibre physico-chimique du sol ne sera pas établi par des moyens externes de fertilisation importants. Les capacités de réserves en eau du sol sont faibles et peuvent à l'avenir s'avérer particulièrement insuffisantes sans irrigation, en particulier dans le cadre du réchauffement climatique.

¹ Dans le cas présent, il y a au moins deux zones considérées comme boisées, les arbres occupant plus de 10% du terrain, des demandes de défrichement sont à réaliser avant tout travaux. Ces demandes se réalisent auprès de la DTT.



4. BIBLIOGRAPHIE

Agreste. (2020a). *Agreste SAA : Utilisation du territoire* [Données]. Agreste - Données en ligne.

Agreste. (2020b). *Agreste—Compte de l'Agriculture* [Données]. <https://stats.agriculture.gouv.fr/>

ARCHITOUR. (2017). *Plan local d'urbanisme de la commune de Spay* (p. 191) [Rapport de présentation].

CA Pays de la Loire. (2013). *Typologie des exploitations de poules pondeuses en Pays de la Loire*. https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/13_note_typologie_poules_pondeuses.pdf

CERESA, Conseil général de la Sarthe, DDE de la Sarthe, & DIREN Pays de la Loire. (2012). *Atlas des Paysages de la Sarthe*. <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/atlas-des-paysages-de-la-sarthe-a647.html>

EEA. (2018). *CORINE Land Cover*. Copernicus - Land monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

Goubin, G., Larue, J.-P., & Well, J. B. (1994). Les sablières et l'environnement au sud de l'agglomération mancelle. *Noroi*, 162(1), 277-291. <https://doi.org/10.3406/noroi.1994.6559>

IGN, & ASP. (2020). *Registre Parcellaire Graphique* [Données]. Géoservices IGN. <https://geoservices.ign.fr/documentation/diffusion/telechargement-donnees-libres.html#bd-alti>

Joly, D., Brossard, T., Cardot, H., Cavailhes, J., Hilal, M., & Wavresky, P. (2010). Les types de climats en France, une construction spatiale. *Cybergeo : European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.23155>

JUIGNET, P., MARY, G., MENILLET, F., & DEPAGNE, J. (1973). *Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuilles Le Mans (358)*. BRGM.

Météo France. (2020). *Données climatiques à la station du Mans*. MétéoFrance. <http://www.meteofrance.com/climat/france/tours/37179001/normales>

Wehrlen, L. (1985). La Ronce (*Rubus fruticosus* L. agg.) en forêt. *Biologie et forêt*.