

ROVALTERRATM

OBSERVATOIRE

DE L'ARTIFICIALISATION ET DE LA SANTE DES SOLS

Campagne de mesure et d'analyse 2017-2021 Grand Rovaltain Drome-Ardèche Rapport final

ACTION DU CONTRAT VERT ET BLEU GRAND ROVALTAIN

Intitulé : Etude de la biodiversité des sols

AUTEUR

Syndicat mixte du SCoT du Grand Rovaltain Drôme-Ardèche

DESTINATAIRE

Région Auvergne Rhône Alpes

Toutes les infos sur notre site internet

www.grandrovaltain.fr/rovalterra.html



La Région
Auvergne-Rhône-Alpes





PROPOS INTRODUCTIF

Le Syndicat mixte du Schéma de cohérence territoriale du Grand Rovaltain (SCoT) a fait le choix d'inscrire le développement du territoire dans une dynamique de transition écologique et d'innovation technologique et sociale.

Garant et promoteur d'une politique territoriale de sobriété foncière de haute intensité (-50%), le SCoT a souhaité se doter d'un outil d'évaluation de la santé des sols situés aussi bien à l'intérieur des enveloppes urbaines que des espaces agricoles, forestiers et naturels qui subissent tous, sans exception et à des degrés divers, des pressions anthropiques souvent inconsidérées.

Il peut s'agir de sols imperméabilisés, stabilisés et inertés en raison du bâti, d'un revêtement minéral ou composite, d'un compactage ou encore de sols de pleine-terre dénaturés sous l'effet d'intrants chimiques à fort impact biologique ou d'usages privatifs d'apports organiques ou minéraux adaptés à leurs besoins.

Aussi, le syndicat a-t-il décidé en 2015, à l'occasion de l'Année de la Terre (Nations Unies), la création d'un Observatoire des impacts de l'artificialisation des sols en vue de disposer d'un outil de suivi territorial sur le long terme de la multifonctionnalité des sols. A la manière d'un FabLab territorial, l'Observatoire se veut collaboratif et intégrateur d'expertises territoriales, urbanistiques, économiques et scientifiques au service d'un objectif partagé : la préservation et la restauration durable des services écosystémiques rendus par les sols.

Le choix a été fait par notre syndicat en 2017 de s'appuyer sur un double savoir-faire :
- celui de la Fondation de Coopération Scientifique ROVALTAIN à laquelle nous avons confié l'animation du volet scientifique de la première campagne de mesure conduite par l'Observatoire dans le cadre du Contrat Vert et Bleu de la Région Auvergne-Rhône-Alpes (2017-2021)

- celui du Comité scientifique composé d'éminents spécialistes fortement investis dans la promotion d'une science ouverte sur la société au service des transitions.

Le syndicat a également pris le parti de s'appuyer sur l'expertise pédagogique de deux établissements publics d'enseignement et de formation professionnelle agricole du territoire étroitement liés aux Chambres d'Agriculture, les lycées d'excellence du Valentin (EPLEFPA) de Bourg-lès-Valence et Terre d'Horizon de Romans.

Que nos partenaires soient ici chaleureusement remerciés au nom de notre territoire pour leurs contributions au bien-public du Grand Rovaltain.



Cette première campagne (2017-2021) a permis d'ancrer notre démarche d'expertise territoriale dans le domaine des impacts sol. Nous la poursuivrons, l'élargirons et l'amplifierons dans le cadre de la démarche ZAN instituée par la loi climat et résilience adoptée en août 2021.

Nous l'étendrons en particulier aux sols des enveloppes urbaines, des friches et jachères ainsi qu'aux sols des futures aires de compensation de l'artificialisation situées en zone naturelles, agricoles et forestières actuellement dégradées en vue de la restauration de leurs pleines fonctionnalités écosystémiques.

Il est à préciser à ce sujet que notre syndicat et son observatoire ROVALTERRA participent au programme de recherche l'ADEME dédié à « Planifier et Aménager, face au Changement climatique, la Transition des Territoires ».

Lionel BRARD
Président du SCoT

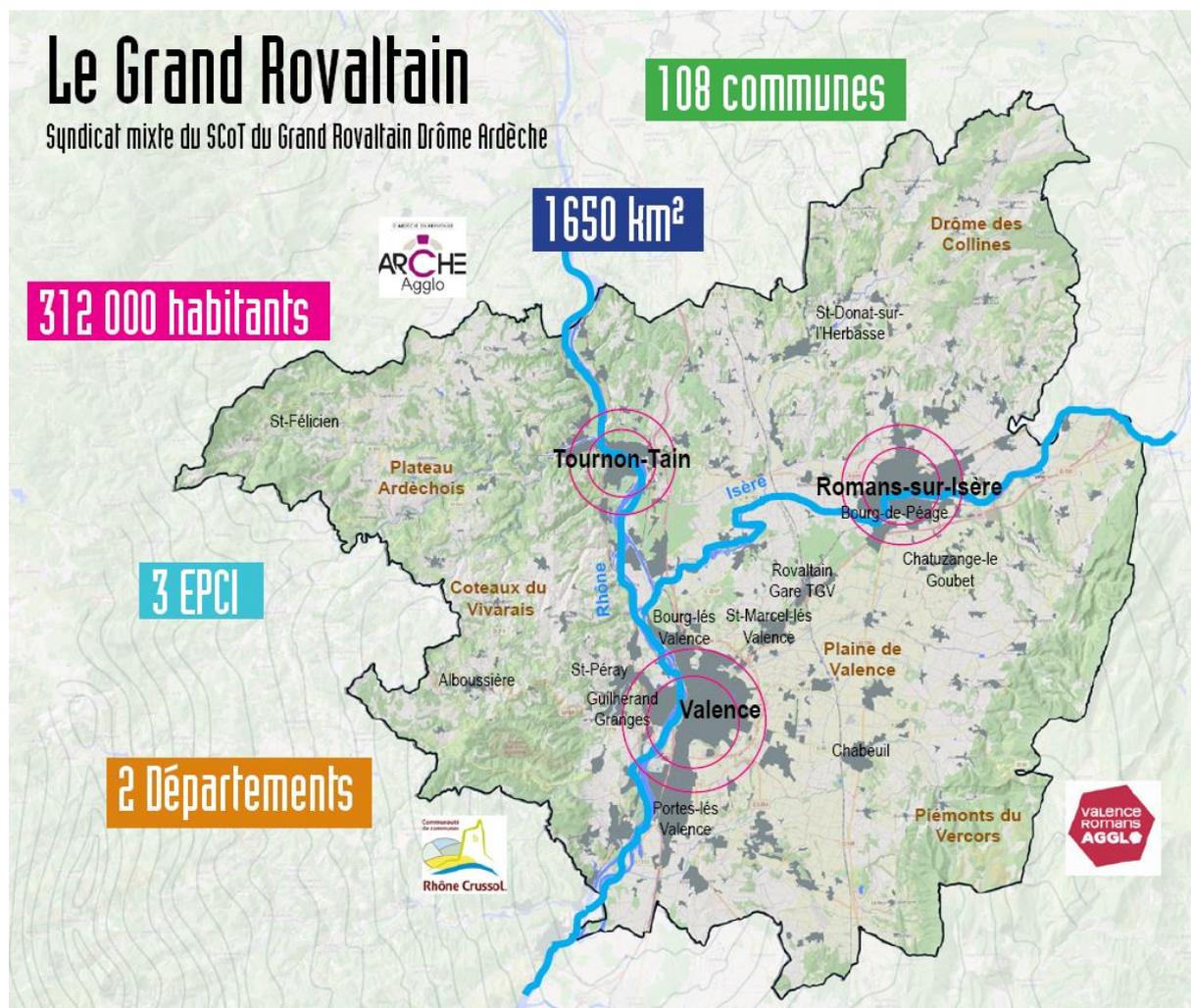
Jean-Louis BONNET
Vice-Président du SCoT
Délégué à la biodiversité, au cycle
de l'eau et au contrat vert et bleu



GRAND ROVALTAIN

Syndicat Mixte du Schéma de Cohérence Territoriale
du Grand Rovaltain Drôme-Ardèche

LE GRAND ROVALTAIN



PARTENAIRES SCIENTIFIQUES ET PEDAGOGIQUES DE LA CAMPAGNE D'ANALYSE CONDUITE DANS LE CADRE DU CONTRAT VERT ET BLEU DE LA REGION AURA



MEMBRES DU COMITE SCIENTIFIQUE ROVALTERRA

Afin de garantir un accompagnement et un soutien scientifique de la campagne d'analyse, un comité scientifique à la pointe de la recherche sur les sols a été formé. Il est composé de chercheurs issus de diverses spécialités du sol (biogéochimie du sol ; enzymologie et écotoxicologie ; écologie microbienne ; arboriculture) et d'unités de recherches dispersées en France :

Claude Bussi, ingénieur de recherche, site expérimental INRAe Gotheron (*aujourd'hui en retraite*)

Dr. Lauric Cécillon, chargé de recherche INRAe ECODIV Rouen – ENS Paris

Nathalie Cheviron, ingénieure de recherche, directrice technique de la plate-forme BioChemEnv, INRAe Versailles-Grignon

Stéphanie Drusch, ingénieure de recherche, site expérimental INRAe Gotheron

Vincent Mercier, ingénieur de recherche, directeur du site expérimental INRAe Gotheron

Dr. Christian Mougin, directeur de recherche, INRAe Versailles-Grignon

Pr. Agnès Richaume-Jolion, professeure, Université Claude Bernard Lyon 1

PRELEVEURS

Dans un souci d'apprentissage et dans une démarche de sciences participatives, les lycées agricoles d'excellence que sont le **Lycée du Valentin**, situé à Bourg-lès-Valence et le **Lycée Terre d'Horizon**, situé à Romans-sur-Isère ont été mis à contribution pour les recherches préparatoires sur chaque parcelle. Ces dernières ont été réalisées en ligne et directement auprès des agriculteurs. Ils ont ensuite été chargés des prélèvements d'échantillons ainsi que de la détermination de la densité apparente.

En raison de la situation sanitaire, les études préalables et les prélèvements des parcelles 2020 ont été assurés par les **chambres d'agriculture de l'Ardèche et de la Drôme**.

REDACTION ET COORDINATION DU RAPPORT DE RESTITUTION

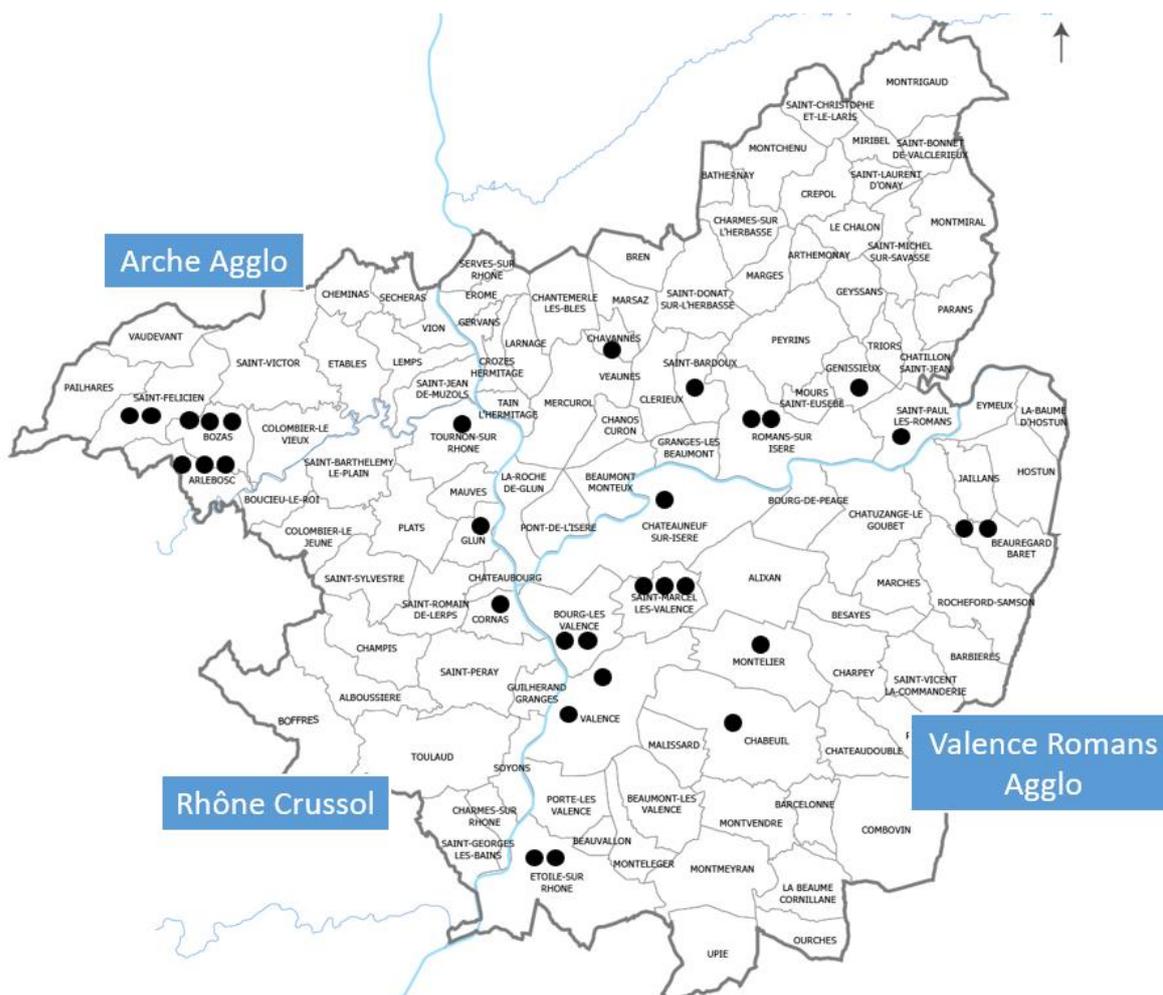
Manon Bouvard, chargée de projet, Fondation Rovaltain (Rapport final 2021)

Emilie Egéa, chargée de projet, Fondation Rovaltain (Rapport mi-parcours 2017-2019)

LOCALISATION DES PARCELLES POUR LA PREMIERE CAMPAGNE DE MESURE

Le choix des parcelles s'est voulu représentatif de l'usage du sol du Grand Rovaltain. La sélection des sites a donc été menée par le Syndicat Mixte du SCoT du Grand Rovaltain, avec l'appui des Chambres d'Agriculture de la Drôme et de l'Ardèche pour les parcelles agricoles, et le Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN) pour les sites naturels. Au total, ce sont 31 parcelles qui ont été échantillonnées en 3 ans.

CARTOGRAPHIE : PARCELLES SELECTIONNEES PAR LE SCOT POUR LA PREMIERE CAMPAGNE DE MESURE



Les parcelles ont été classées en différentes catégories en fonction de leur couverture végétale :

		Nombre de parcelles
GCC	Grande Culture Céréales (luzerne, maïs, maïs fourrage, méteil, blé, tournesol)	7
GCP	Grande Culture Prairie (prairie humide ou permanente)	2
ARBO	Arboriculture (pêchers AB et non AB, abricotiers, noyers, cerisiers, vignes AB, châtaigniers)	7
MAR	Maraîchage (AB, non AB, sous serre, plein champs)	3
PRAI	Prairie (prairie, espace naturel)	4
FOR	Forêt, parc urbain et friche (ripisylve, sapins Douglas de 45 ans, chênaie, autres forêts de feuillus, de résineux)	5
JACH	Jachère	1
AGROF	Agroforesterie	2

N.B. : Les catégories 'GCP' et 'PRAI' sont souvent rassemblées en raison de leur ressemblance.

Les deux tiers des parcelles sont cultivés (21 parcelles sur 31). Parmi ces 21 cultures, plus de la moitié sont concernées par une agriculture non traditionnelle : 9 sont labellisées 'bio' ou en conversion, et 4 utilisent des méthodes alternatives à l'agriculture traditionnelle (sans labour, rotations, 'stockage carbone'). Les autres parcelles sont principalement des zones naturelles (prairies et forêts). On notera également les deux prélèvements en zone humide que sont la ripisylve de Cornas (P22) et la prairie humide des Sources de la Veune (P13) : en effet, ces dernières sont des espaces à fort stocks de carbone et d'importants réservoirs de biodiversité, mais très souvent menacés par la pression d'urbanisation.

GRAND ROVALTAIN

Syndicat Mixte du Schéma de Cohérence Territoriale
du Grand Rovaltain Drôme-Ardèche

TABLEAU DE DESCRIPTION DES PARCELLES ROVALTERRA						
Parcelle	Occupation	Année	Préleveur	Typologie	Commune	EPCI
P01	GCP	2018/fosse 2020	lycée le Valentin	Parcelle bio - prairie/maïs/méteil en rotation	Bourg-lès-Valence	Valence Romans Agglo
P02	GCC	2018/fosse 2020	lycée le Valentin	Parcelle bio - luzerne/maïs/méteil en rotation	Bourg-lès-Valence	Valence Romans Agglo
P03	FOR	2018/fosse 2020	lycée le Valentin	Parc urbain des Trinitaires	Valence	Valence Romans Agglo
P04	GCC	2018	lycée le Valentin	Maïs (contexte stockage carbone)	Chabeuil	Valence Romans Agglo
P06	ARBO	2018/fosse 2020	lycée le Valentin	Arboriculture noyaux - pêcheurs non AB	Saint-Marcel-lès-Valence	Valence Romans Agglo
P07	ARBO	2018/fosse 2020	lycée le Valentin	Arboriculture noyaux - pêcheurs AB	Saint-Marcel-lès-Valence	Valence Romans Agglo
P08	MAR	2018	lycée Terre d'Horizon	Maraîchage plein champ	Romans-sur-Isère	Valence Romans Agglo
P09	GCC	2018	lycée Terre d'Horizon	Blé/tournesol	Génissieux	Valence Romans Agglo
P10	AGROF	2018	lycée Terre d'Horizon	Agroforesterie - modèle d'expérimentation circulaire	Saint-Marcel-lès-Valence	Valence Romans Agglo
P11	GCC	2018	lycée le Valentin	Parcelle sans labour	Montélier	Valence Romans Agglo
P12	MAR	2018	lycée Terre d'Horizon	Bio maraîchage sous serre	Romans-sur-Isère	Valence Romans Agglo
P14	JACH	2018	lycée Terre d'Horizon	Jachère fixe	Saint-Paul-lès-Romans	Valence Romans Agglo
P13	GCP	2019	lycée Terre d'Horizon	Prairie humide (ENS Sources de la Veau)	Chavannes	Arche agglo
P16	AGROF	2019	lycée Terre d'Horizon	Trufficulture	Saint-Bardoux	Valence Romans Agglo
P19	GCC	2019	lycée le Valentin	Parcelle en conversion bio - précédent soja	Etoile-sur-Rhône	Valence Romans Agglo
P20	ARBO	2019	lycée le Valentin	Viticulture AB	Tournon-sur-Rhône	Arche agglo
P22	FOR	2019	lycée Terre d'Horizon	Ripisylve	Cornas	CC Rhône Crussol
P23	PRAI	2019	lycée Terre d'Horizon	Prairie permanente	Glun	Arche agglo
P24	PRAI	2019	SM SCoT	Espace naturel - Vallon de la Barberolle	Valence	Valence Romans Agglo
P15	ARBO	2020	CA 07	Arboriculture - abricotiers en conversion bio (3 ans)	Saint-Félicien	Arche agglo
P17	ARBO	2020	CA26	Arboriculture - noyers en conventionnel	Beauregard-Baret	Valence Romans Agglo
P18	GCC	2020	CA26	Carrière en reconversion - culture blé 2019/2020 non irrigué	Chateauneuf-sur-Isère	Valence Romans Agglo
P27	PRAI	2020	CA26	Prairie permanente	Beauregard-Baret	Valence Romans Agglo
P28	ARBO	2020	CA26	Arboriculture - châtaigniers	Etoile-sur-Rhône	Valence Romans Agglo
P30	FOR	2020	CA 07	Chênaie	Arlebosc	Arche agglo
P31	FOR	2020	CA 07	Forêt sapins Douglas 45 ans	Arlebosc	Arche agglo
P32	MAR	2020	CA 07	Maraîchage AB	Saint-Félicien	Arche agglo
P34	ARBO	2020	CA 07	Arboriculture - cerisiers	Bozas	Arche agglo
P35	PRAI	2020	CA 07	Prairie permanente et temporaire	Bozas	Arche agglo
P36	GCC	2020	CA 07	Maïs fourrage avec culture dérobée trèfle et RGI	Bozas	Arche agglo
P37	FOR	2020	CA 07	Forêt résineux (pin sylvestre) et feuillus (chêne et châtaigne)	Arlebosc	Arche agglo



La Région
Auvergne-Rhône-Alpes





Rapport final

Campagne de mesure

GRAND ROVALTAIN 2017-2021

Rédactrice et coordinatrice : Manon Bouvard,
Chargée de projet, Fondation Rovaltain

Destinataire : Syndicat mixte du SCoT du Grand Rovaltain Drôme-Ardèche.

Parc ROVALTAIN. Gare TGV Valence. BP 15191 - 26958 VALENCE Cedex

Lettre de commande :

Septembre 2017 – Objet : étude sur la santé des sols du Grand Rovaltain

Table des matières

I/ Contexte scientifique et territorial de la première campagne de mesure 2017 - 2021	4
A/ Contexte scientifique.....	4
B/ Le Grand Rovaltain	4
II/ Partenaires de la campagne de mesure 2017-2021	6
A/ Opérateur-coordonateur :.....	6
B/ Comité scientifique :	6
C/ Préleveurs :.....	6
D/ Laboratoires d’analyses :.....	7
III/ Mise en œuvre et déroulement	8
A / Choix des indicateurs de suivi	8
1. Les données spatiales.....	8
2. Les données biologiques	8
3. Les données physico-chimiques	9
B/ Calendrier	10
IV/ Résultats	12
A/ Le Carbone Organique du Sol	12
1. Surface et profondeur	12
2. Selon l’usage	13
3. Selon la géologie	18
B/ L’Activité enzymatique	22
1. Selon l’usage	22
2. Selon la géologie	25
C/ Biomasse microbienne	27
D/ Les analyses physico-chimiques	31
1. Selon l’usage	31
2. Selon la géologie	38
E/ Analyse détaillée par occupation du sol.....	45
1. Grande Culture Céréale (P02 ; P04 ; P09 ; P11 ; P18 ; P19 ; P36).....	45
2. Grande Culture Prairie (P01 ; P13).....	46
3. PRAIrie (P23 ; P24 ; P27 ; P35)	46
4. MARaîchage (P08 ; P12 ; P32)	46
5. JACHère (P14).....	47
6. ARBOriculture (P06 ; P07 ; P15 ; P17 ; P20 ; P28 ; P34)	47
7. AGROForesterie (P10 ; P16).....	48
8. FORêt (P03 ; P22 ; P30 ; P31 ; P37)	48

9. Conclusion.....	49
F/ Analyse détaillée par substrat géologique.....	50
1. Socle granitique ardéchois.....	50
2. Domaine drômois calcaire	51
3. Conclusion.....	54
G/ Conclusion générale sur les résultats.....	54
V/ Retours d'expérience des enseignants et des chercheurs sur leur participation aux trois premières années de l'Observatoire	55
A/ Retour des équipes enseignantes	55
B/ Retour du Comité Scientifique	56
C/ Pistes et propositions pour un nouveau programme pédagogique.	56
VI/ Bilan global et recommandations	57
A/ Bilan scientifique	57
1. Les indicateurs du sol.....	57
2. Les parcelles détaillées	58
3. Perspectives.....	58
B/ Bilan pédagogique	59
ANNEXES.....	61
Tableau : Rock-Eval - 1	62
Tableau : Rock-Eval - 2	63
Tableau : Activités enzymatiques – BioChemENV.....	64
Tableau : Biomasse moléculaire – ADN microbien.....	65
Tableau : Granulométrie – 1.....	66
Tableau : Granulométrie - 2	67
Tableau : Analyses physico-chimiques – 1	68
Tableau : Analyses physico-chimiques – 2	69
Tableau : Données agronomiques – 1.....	70
Tableau : Données.....	71
agronomiques – 2.....	71
Protocoles des laboratoires.....	72
○ Prélèvements	72
○ Analyse du carbone organique du sol par la machine Rock-Eval.....	73
○ Analyse des enzymes du sol	73
○ Extraction et quantification de la biomasse moléculaire microbienne du sol.....	74

I/ Contexte scientifique et territorial de la première campagne de mesure 2017 - 2021

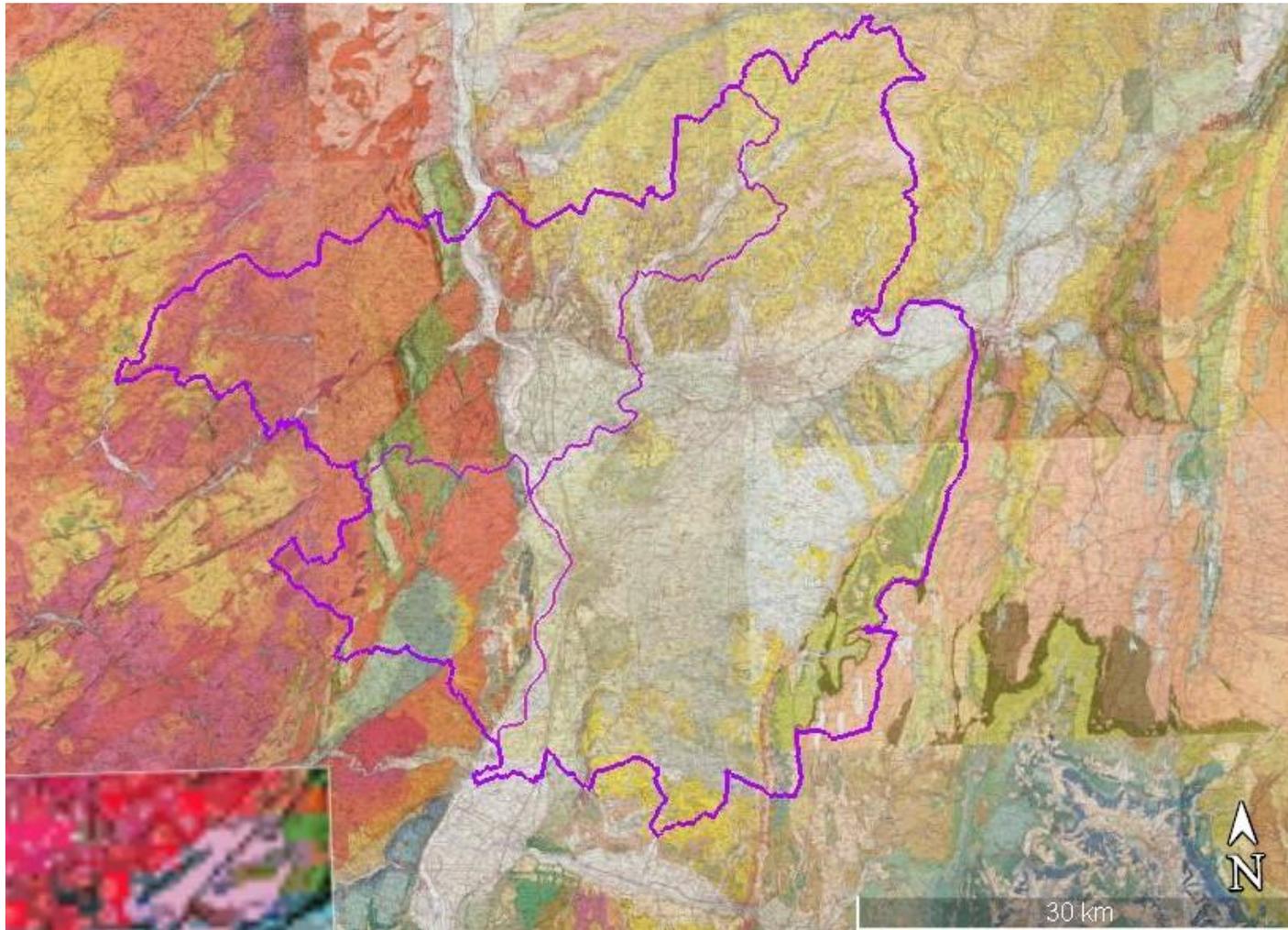
A/ Contexte scientifique

Les sols constituent un maillon central dans la régulation des grands cycles globaux tels que ceux de l'eau, du carbone ou de l'azote. Ils sont au cœur de grands enjeux planétaires comme la sécurité alimentaire, le changement climatique, la disponibilité en eau de qualité ou la biodiversité. Les sols constituent une ressource naturelle qui évolue de manière perpétuelle sous l'action des facteurs naturels et des activités humaines (usages, aménagements des territoires, pratiques agricoles, pollutions accidentelles...). Ces évolutions d'origine anthropique peuvent être préjudiciables au maintien de la qualité des sols. Elles sont le résultat de processus longs et cumulatifs, difficilement détectables et dont certains sont parfois irréversibles à l'échelle de temps humaine. Il s'avère, par conséquent, nécessaire de détecter de façon précoce l'apparition et les tendances de ces évolutions, à l'aide de programmes d'observation et de suivi de la qualité des sols. Pour les protéger et les exploiter au mieux, il est donc essentiel de disposer d'une connaissance objective de leur santé. La santé d'un sol a été définie par la FAO (Food and Agriculture Organization, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture en français) comme étant : « La capacité du sol à fonctionner comme un système vivant. Les sols en bonne santé maintiennent en leur sein une diversité d'organismes qui contribuent à combattre les maladies des plantes, les insectes et les adventices, s'associent de façon bénéfique et symbiotique aux racines, recyclent les nutriments végétaux essentiels, améliorent la structure du sol et, partant, la rétention des eaux et des nutriments, le tout contribuant à améliorer la production végétale ». Cette notion de santé des sols ne peut être évaluée ni dans l'absolu, ni par un critère unique. Elle ne peut s'apprécier que par rapport aux fonctions et aux services écosystémiques qui en sont attendus. Parmi ces services, la production d'aliments ou de matériaux est la plus évidente. Mais en tant qu'interface, interagissant avec les autres milieux environnementaux, les sols participent aussi à la régulation du régime de l'eau et de sa qualité, recyclent les matières organiques, peuvent accumuler du carbone et atténuer les émissions de CO₂ vers l'atmosphère et abritent un immense réservoir de biodiversité.

B/ Le Grand Rovaltain

Le territoire se révèle être une zone de choix pour l'étude des sols car il se caractérise par des identités paysagères multiples : les collines à substrat granitique sur la partie ouest (en Ardèche), les plaines alluviales du Rhône (en terrasses) et de l'Isère, les collines mollassiques à forte proportion de grès au nord, ou encore le bassin calcaire de Valence à l'est. Cette mosaïque de paysages variés a donné naissance à une forte représentation de l'agriculture en Drôme et Ardèche : 40.000 ha sur Valence-Romans Agglo (Service Développement local et environnement de Valence Romans Agglo), 20.000 ha sur Arche Agglo (Source : <https://www.archeagglo.fr/vivre-ici/environnement/agriculture/>) et 5.000 ha sur Rhône Crussol (<https://www.rhonecrussol.fr/economie-habitat/economie/article/agriculture-et-viticulture.html>).

Une activité agricole diversifiée : grandes cultures céréalières, élevage avicoles, viticulture, arboriculture, semences. On constate une forte présence significative des exploitations bio (la Drôme et l'Ardèche sont respectivement premier et deuxième départements bio de la région AURA). Au-delà de l'agriculture, on trouve de nombreux espaces naturels et forestiers.



Géologie du territoire du Grand Rovaltain

II/ Partenaires de la campagne de mesure 2017-2021

A/ Opérateur-coordonateur :

Dans le cadre de sa mission de partage de la connaissance et du développement de la transversalité, la **Fondation Rovaltain** s'est vue confiée par le SCOT l'animation et la coordination scientifique des campagnes de mesure 2017-2021. Elle facilite ainsi la communication et l'échange entre la recherche académique, les lycées agricoles, les laboratoires d'analyse.

LA FONDATION ROVALTAIN

Pour réduire les pollutions et leurs effets, la Fondation ROVALTAIN produit et diffuse des connaissances innovantes sur les impacts toxiques sur l'Homme et les écosystèmes. Créée en 2013 dans le cadre du développement d'un pôle d'excellence en Santé Environnement, la Fondation ROVALTAIN bénéficie du soutien de ses 11 membres fondateurs et de plusieurs entreprises qui font de la protection de la planète une priorité. Dans un objectif d'indépendance et de rigueur, la Fondation ROVALTAIN s'appuie sur un Conseil Scientifique International en charge de l'évaluation et de l'orientation des actions qu'elle développe.

Ses membres fondateurs



B/ Comité scientifique :

Présentation en partie 1, page 6

C/ Préleveurs :

Présentation en partie 1, page 6

D/ Laboratoires d'analyses :

Les indicateurs choisis englobant autant que possible les différents aspects du sol, plusieurs laboratoires ont collaboré pour l'analyse des échantillons collectés par ROVALTERRA.

- La plateforme **BioChemEnv**, appartenant à l'INRAE de Versailles, a effectué les analyses enzymatiques ;
- Le laboratoire ISTeP de l'Université Pierre et Marie Curie (**Sorbonne Université**) à Paris puis **Vinci-technologies** à Nanterre ont effectué les analyses de carbone organique avec la machine Rock-Eval ;
- Le **laboratoire d'analyses agricoles Teyssier**, situé à Bourdeaux (Drôme), était chargé de l'ensemble des analyses physico-chimiques ;
- Le laboratoire d'écologie microbienne de **l'Université Claude Bernard Lyon I** a mené les analyses d'ADN microbien.

III/ Mise en œuvre et déroulement

A / Choix des indicateurs de suivi

L'observatoire propose d'étudier la relation objective entre différents types de couverture et/ou usages des sols (urbains et périurbains, agricoles, forestiers, naturels) et un ensemble d'indicateurs de la santé des sols en lien notamment avec la lutte contre le changement climatique (séquestration du carbone) et l'adaptation aux changements qu'il induira :

- Le suivi de la biodiversité
- Le suivi du stockage carbone des sols
- Le suivi des indicateurs d'activités enzymatiques et de biomasse moléculaire microbienne, en lien avec la contamination des sols et ses effets sur les organismes.

Durant la première année du projet, le Comité Scientifique (CS) a sélectionné les indicateurs adaptés à ces objectifs de suivi, retenus par le SCOT sur les parcelles sélectionnées :

1. Les données spatiales

- Nature du sol : les cartes géologiques du BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière) renseignent sur la localisation des différents types de roches en France. Elles permettent de connaître l'origine et l'âge des sols étudiés.

- Histoire de l'usage du sol : une étude cartographique de chaque parcelle a été menée. En effet, la connaissance de l'historique de l'exploitation ou de la non exploitation des sols au fil des siècles apporte des éléments d'intérêt dans l'étude de l'évolution des sols. Les photographies aériennes de la période 1950-1965 et la carte de l'état-major (1820-1866) accessibles sur le site internet « Géoportail » de l'Institut Géographique National (IGN) permettent d'accéder à ces informations. Celles-ci peuvent être complétées par des questions supplémentaires aux propriétaires des parcelles.

2. Les données biologiques

- Activité des micro-organismes du sol (activités enzymatiques potentielles) : c'est un bon indicateur du fonctionnement biologique des sols. En effet, les micro-organismes (bactéries et champignons) sont la principale source d'enzymes dans le sol. Ces enzymes sont les médiateurs et les catalyseurs de processus biochimiques importants dans le fonctionnement du sol tels que la minéralisation et le cycle des nutriments, la décomposition et la formation de la matière organique et la décomposition de xénobiotiques tels que les pesticides. Les enzymes sont sensibles aux changements de la qualité du sol dus à des gestions et des utilisations différentes de ces derniers. Ainsi, l'effet des pratiques culturales est mis en évidence et les rotations culturales, le travail du sol, les amendements organiques ou encore les contaminations chimiques ont un effet significatif sur les activités enzymatiques. Cinq activités enzymatiques complémentaires ont été ici mesurées selon la norme ISO 20130 :

- o Phosphatase (PHOS), permet de suivre le fonctionnement du cycle du phosphore
- o Arylsulfatase (AS), est un indicateur du cycle du soufre
- o β -Glucosidase (β GLU), donne une vision de la dernière étape de décomposition des composés carbonés cellulotiques

o Uréase (URE) et Arylamidase (AN), sont des indicateurs de fonctionnement du cycle de l'azote à partir de différents substrats.

- Biomasse Moléculaire Microbienne du sol : La quantité de biomasse microbienne est un facteur déterminant dans la qualité biologique des sols en raison de son rôle dans la régulation, la transformation et le stockage des nutriments. Cette quantité de biomasse microbienne est par ailleurs démontrée comme étant un indicateur sensible, robuste et précoce des perturbations d'un sol (modifications de pratiques agricoles, contaminations, changement de statut organique, etc...). Facile à mettre en œuvre, la mesure de la Biomasse Moléculaire Microbienne est une technique permettant d'estimer l'abondance des microorganismes dans le sol. La richesse en biomasse microbienne est liée à la texture des sols, leur teneur en carbone organique et en azote, leur pH et à l'occupation et l'usage du sol. Les plus faibles biomasses microbiennes se rencontrent en France sur les sols très acides et sableux alors que les abondances les plus élevées correspondent à des sols riches en carbone organique, à pH élevé et argileux.

3. Les données physico-chimiques

- Granulométrie cinq fractions (NF X 31-107) et texture du sol : détermine l'importance pondérale relative de différentes classes de particules, identifiées par leur taille, constitutives du squelette minéral des sols. Il décrit la détermination de cinq classes granulométriques : - Les argiles (0 à 2 micromètres) - Les limons fins (2 à 20 micromètres) - Les limons grossiers (20 à 50 micromètres) - Les sables fins (50 à 200 micromètres) - Les sables grossiers (200 à 2000 micromètres).

- Capacité d'Echange Cationique (CEC) (méthode Metson NF X 31-130), quantité de cations qu'un sol peut retenir sur son complexe adsorbant à un pH donné

- pH Eau (ISO 10390), mesure de l'activité chimique des ions hydrogène, agit sur l'assimilation des nutriments et oligo-éléments par les plantes

- Calcaire Total (carbonates selon calcimétrie Bernard) (ISO 10693)

- Matières Organiques Totales (MOT) et carbone du sol par combustion sèche (ISO 10694) : La teneur en carbone est un indicateur fondamental pour qualifier les sols, à la fois en tant qu'indicateur de suivi ou de diagnostic qui permet d'estimer le stock de carbone du sol. L'ISO 10694 est la méthode de référence pour le suivi de la qualité des sols en France.

- Stocks de carbone organique du sol :

o Mesures de concentration en carbone (organique et minéral) par analyse thermique Rock-Eval (selon la méthode Disnar et al. 2003).

o Mesures de densité apparente du sol

o Mesures de la stabilité du stock de carbone du sol (d'après le modèle en cours de développement Soucémariadin et al., modèle réalisé dans le cadre du projet de recherche INRA StoreSoilC (2018- 2021) à partir de sol de surface d'expérimentations de jachères nues de longues durées de 3 pays du Nord-Ouest de l'Europe (4 sites dont deux en France = Grignon et Versailles).

Cet indicateur permet de disposer de références locales sur les stocks de carbone organique des sols. Au-delà de cette mesure, celle de la stabilité du stock de carbone par analyse thermique Rock-Eval renseigne sur la proportion stockée durablement dans le sol (plus d'un siècle) et celle qui sera minéralisée dans les deux prochaines décennies. Ici la proportion de carbone qui sera minéralisée en 20 ans est donnée pour un climat équivalent à celui de Grignon (Yvelines). Cette valeur est utilisable pour la couche de sol de surface seulement (0-30 cm).

- Anhydride Phosphorique (phosphore assimilable selon méthode Olsen P205 NF X31-160)
- Azote total (par combustion sèche) (ISO 13878) : mesure de l'ensemble des formes de l'azote : azote minéral (ammoniacal et nitrique) et azote organique. La gestion de l'azote au niveau de la parcelle est très importante pour des raisons agronomiques et environnementales. En effet, l'azote est souvent le premier nutriment limitant pour les plantes. Par ailleurs, les problématiques environnementales liées aux nitrates trouvent leur source dans la gestion de la fertilisation. Connaître les processus de minéralisation d'un sol et l'azote disponible sont des informations nécessaires pour répondre à ces enjeux avec une meilleure gestion de la fertilisation, grâce au calcul des doses d'azote prévisionnelles.
- C / N : mesuré sur les sols, le rapport C/N (carbone sur azote) renseigne sur l'origine des matières organiques et leur degré d'évolution.
- Indicateur de l'activité biologique K2
- Bilan humique prévisionnel
- Données agronomiques (Aptitude à la fissuration ; Stabilité structurale ; Risque d'asphyxie ; Réaction du sol)
Cette méthode apprécie la stabilité des agrégats du sol et donc indirectement un résultat relatif à l'état organique du sol puisque la stabilité structurale est très liée à la matière organique pour un même type sol.

B/ Calendrier

L'observatoire ROVALTERRA™ créée par le SCoT en 2015 a été installé le 22 septembre 2017. La réunion inaugurale s'est tenue au lycée du Valentin, en présence du comité scientifique, des élèves et équipes enseignantes des lycées du Valentin et de Terre d'Horizon, du Président de la Chambre d'Agriculture de la Drôme et de la Fondation Rovaltain.

Les étapes de la première phase, se répétant tous les ans pendant trois ans, sont les suivantes (voir figure page suivante) :

- 1) Recherche et choix des parcelles (SM SCoT)
- 2) Travail de connaissance des parcelles (lycées/CA)
- 3) Prélèvements sur le terrain (lycées/CA), au printemps (automne pour l'année 3)
- 4) Analyses en laboratoire (laboratoire/lycées)
- 5) Retour des analyses (Fondation)

Un rapport d'avancement intermédiaire sur les années 2017-2019 a été réalisé (Emilie Egéa, chargée de projet à la Fondation Rovaltain).

La crise sanitaire est arrivée au cours de l'année 3 venant perturber le déroulement du projet. Les prélèvements ont eu lieu à l'automne 2020 au lieu du printemps par les chambres d'agriculture (CA) d'Ardèche et de la Drôme à la place des lycées.

La restitution finale prévue n'a pas pu avoir lieu au moment de la rédaction du présent rapport pour cause de situation sanitaire ne permettant pas les rassemblements. La présentation des résultats des trois premières années de ROVALTERRA™ auprès de l'ensemble des acteurs politiques, scientifiques et agricoles donnerait lieu à une discussion finale et échanges de point de vue qui permettrait de remettre ainsi le dialogue multi-acteurs au cœur de l'observatoire.

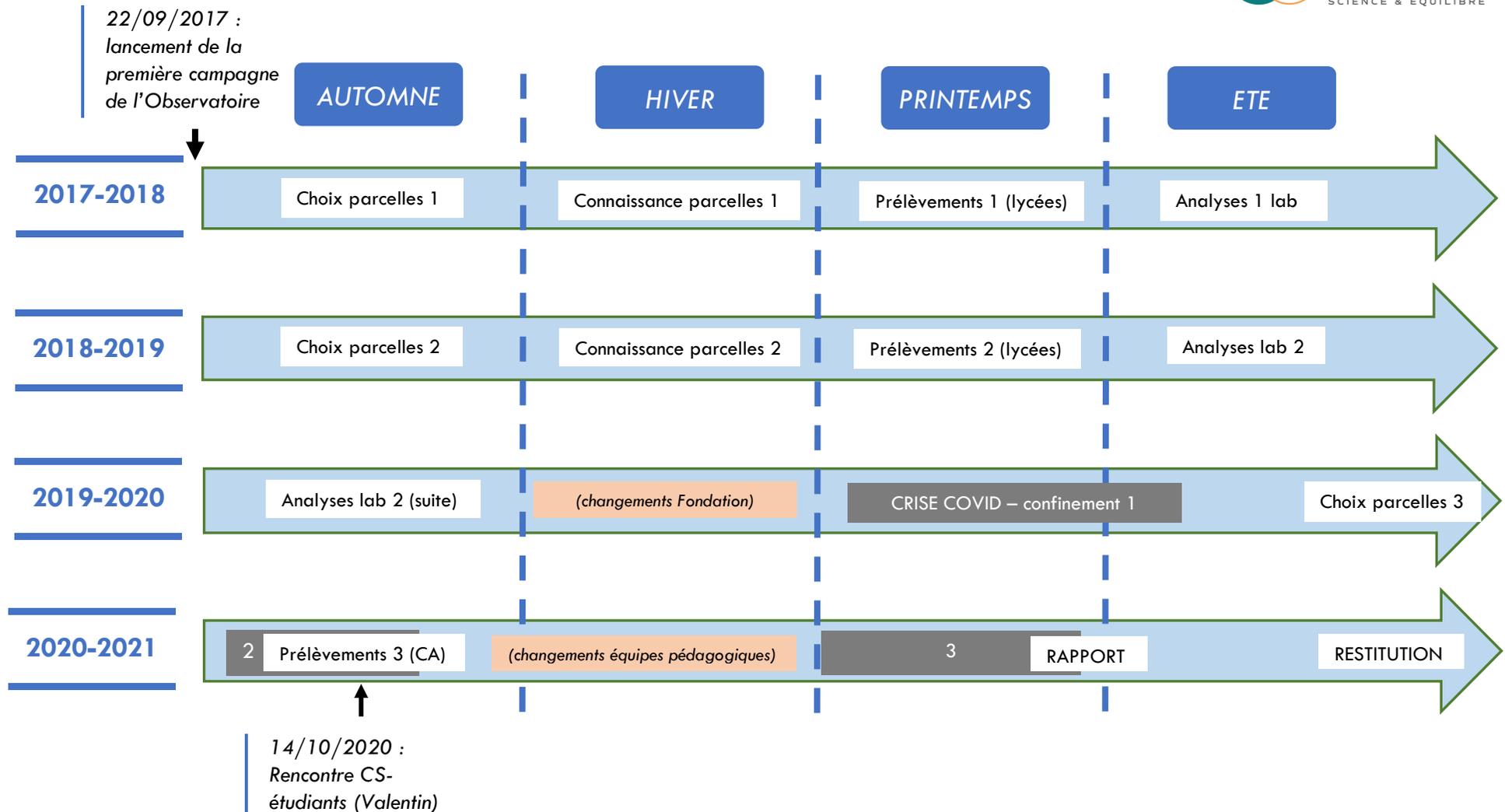


Schéma : Chronologie de la première campagne de l'observatoire ROVALTERRA™

IV/ Résultats

Dans cette partie, nous allons d'abord examiner les résultats par indicateur que sont le carbone organique du sol, l'activité enzymatique, la biomasse microbienne, la physico-chimie, en les croisant notamment avec l'usage du sol et la géologie (parties A, B, C et D). Puis, nous proposerons une analyse des résultats plus détaillée et centrée sur l'occupation des sols ainsi que sur le substrat géologique (parties E et F).

A/ Le Carbone Organique du Sol

Les données issues des analyses Rock-Eval (6), couplées au modèle party_soc développé au laboratoire de géoscience de l'ENS permettent d'évaluer quantitativement les paramètres suivants :

- La part de carbone organique (et de carbone minéral) ;
- Au sein du carbone organique, le carbone actif (assimilable par les micro-organismes du sol à l'échelle allant de l'immédiat au siècle) et le carbone stable (non assimilable à l'échelle du siècle) ;
- La concentration en hydrogène (par rapport au carbone organique) ou index hydrogène ;
- La concentration en oxygène (par rapport au carbone organique) ou index oxygène.

Afin de mieux évaluer la capacité de stockage de carbone des sols étudiés, un système de notation évaluant deux paramètres a été développé : l'un quantitatif (capacité du sol à stocker du carbone selon ses caractéristiques physiques), l'autre qualitatif (capacité à mobiliser le carbone stocké afin d'accomplir les cycles biologiques). Ces notes sont basées respectivement sur la quantité de carbone organique total et la granulométrie de la parcelle, et sur la quantité de carbone actif total.

Les résultats complets sont présents en annexe dans les tableaux Rock-Eval 1 et 2 (p.73-74).

1. Surface et profondeur

Dans un premier temps, regardons la moyenne de l'ensemble des parcelles prélevées pour ROVALTERRA afin d'observer de façon globale les résultats obtenus entre surface (0-30cm) et profondeur (30-50cm). Ces données correspondent à la moyenne expérimentale de l'ensemble des parcelles et ne constituent pas une moyenne générale de référence pour le territoire.

Profondeur	Quantité carbone organique (g/kg)	Proportion Carbone stable	Proportion Carbone actif	Note Carbone quantitatif (/10)	Note Carbone qualitatif (/10)	Hydrogene Index	Oxygene Index	Nombre parcelles
0-30	17,23	0,49	0,51	6,39	5,68	208,45	188,85	31
30-50	10,50	0,62	0,38	3,34	2,79	166,21	218,63	31

Tableau 1.0 : Données Carbone par profondeur

Tout d'abord, intéressons-nous au carbone organique mesuré par le laboratoire Teyssier : sa quantité passe de 17,23 gC/kg de sol en surface à 10,50 gC/kg en profondeur. Plus précisément, c'est la proportion de carbone actif (ou carbone assimilable ou carbone labile) qui diminue : constituant la moitié du carbone organique total (COT) en surface, il se réduit à 38% entre 30 et 50cm de profondeur, au profit du carbone stable. C'est donc ce carbone qui va être consommé par les micro-organismes du sol. De façon générale, la quantité et la qualité du carbone semblent diminuer avec la profondeur, ce qui est en adéquation avec les résultats nationaux.

Note Carbone quantitatif = fonction de la quantité de Carbone Organique Total (6gC/kg = 0/10 ; 23gC/kg = 10/10)

Note Carbone qualitatif = fonction de la quantité de Carbone actif (proportion Carbone actif * COT) ; (1gC/kg=0/10 ; 15gC/kg = 10/10)

On observe également que les concentrations d'hydrogène et d'oxygène évoluent sur la colonne de sol : l'hydrogène index (quantité de HC, hydrocarbure, par rapport à la quantité de C organique) est de 208 mgHC/gC en surface et passe à 166,21 mgHC/gC en profondeur. A l'inverse, l'oxygène index (quantité de O₂ par rapport à la quantité de carbone organique) augmente en passant de 188,85 mgO₂/gC à 218,63 mgO₂/gC. Ces résultats ont un sens : l'hydrogène présent dans la matière organique est décomposé et utilisé par les micro-organismes du sol comme source d'énergie, comme le carbone actif. Cette matière va, au fil de sa décomposition, s'oxygéner à mesure que sa quantité d'hydrogène (et de carbone) va baisser.

2. Selon l'usage

A présent, observons les résultats de l'analyse Rock-Eval à travers le prisme de l'usage du sol. Les différentes parcelles sont réparties par usage du sol dans le tableau 1.1 ci-dessous :

GCC (grande culture céréale)	P02 ; P04 ; P09 ; P11 ; P18 ; P19 ; P36
ARBO (arboriculture)	P06 ; P07 ; P15 ; P17 ; P20 ; P28 ; P34
MAR (maraîchage)	P08 ; P12 ; P32
AGROF (agroforesterie)	P10 ; P16
PRAI (prairie)/GCP (grande culture prairie)	P01 ; P13 ; P23 ; P24 ; P27 ; P35
JACH (jachère)	P14
FOR (forêt)	P03 ; P22 ; P30 ; P31 ; P37

Tableau 1.1 : Distribution des parcelles par usage du sol

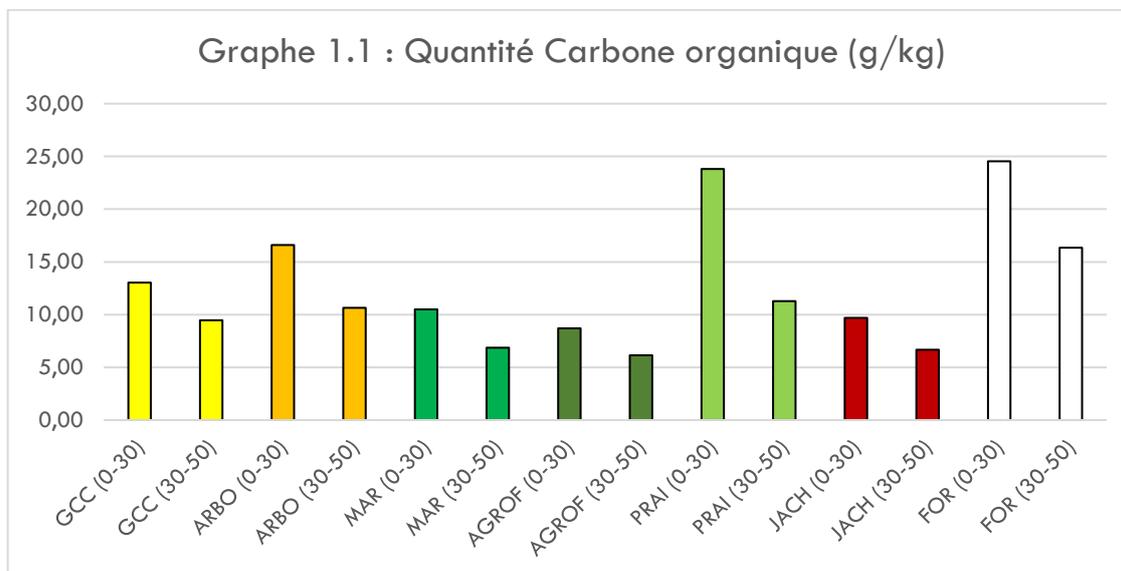
Notons que les parcelles GCP (grande culture prairie) P01 et 13 ont été intégrées aux parcelles PRAI (prairie) car proches. P13 notamment se situe à la lisière des deux, ayant été cultivée par le passé puis laissée en prairie depuis une vingtaine d'années.

usage du sol	Quantité carbone organique (g/kg)	Proportion Carbone stable	Proportion Carbone actif	Note Carbone quantitatif (/10)	Note Carbone qualitatif (/10)	Hydrogene Index (mgHC/kgC)	Oxygene Index (mgO ₂ /kgC)	Nombre parcelles
GCC 0-30)	13,03	0,57	0,43	4,86	3,71	185,29	197,58	7
GCC (30-50)	9,46	0,62	0,38	3,29	2,43	165,00	213,35	7
ARBO (0-30)	16,60	0,48	0,52	6,31	5,69	195,23	189,58	7
ARBO (30-50)	10,64	0,63	0,37	3,21	2,79	151,00	215,78	7
MAR (0-30)	10,50	0,57	0,43	3,67	3,00	180,67	185,52	3
MAR (30-50)	6,86	0,72	0,28	0,67	1,00	115,33	211,25	3
AGROF (0-30)	8,70	0,65	0,35	3,00	1,50	155,50	201,38	2
AGROF (30-50)	6,15	0,75	0,25	1,00	1,00	135,50	251,28	2
PRAI (0-30)	23,81	0,41	0,59	8,57	7,86	260,00	180,85	6
PRAI (30-50)	11,28	0,59	0,41	4,00	3,14	209,29	224,24	6
JACH (0-30)	9,69	0,58	0,42	3,00	3,00	196,00	207,72	1
JACH (30-50)	6,67	0,75	0,25	1,00	1,00	186,00	287,36	1
FOR (0-30)	24,54	0,36	0,64	9,40	9,20	243,40	179,11	5
FOR (30-50)	16,34	0,50	0,50	6,50	5,50	194,75	200,08	4

Tableau 1.2 : Données Carbone par usage du sol

Quantité totale de Carbone organique

Commençons par la quantité totale de carbone organique.

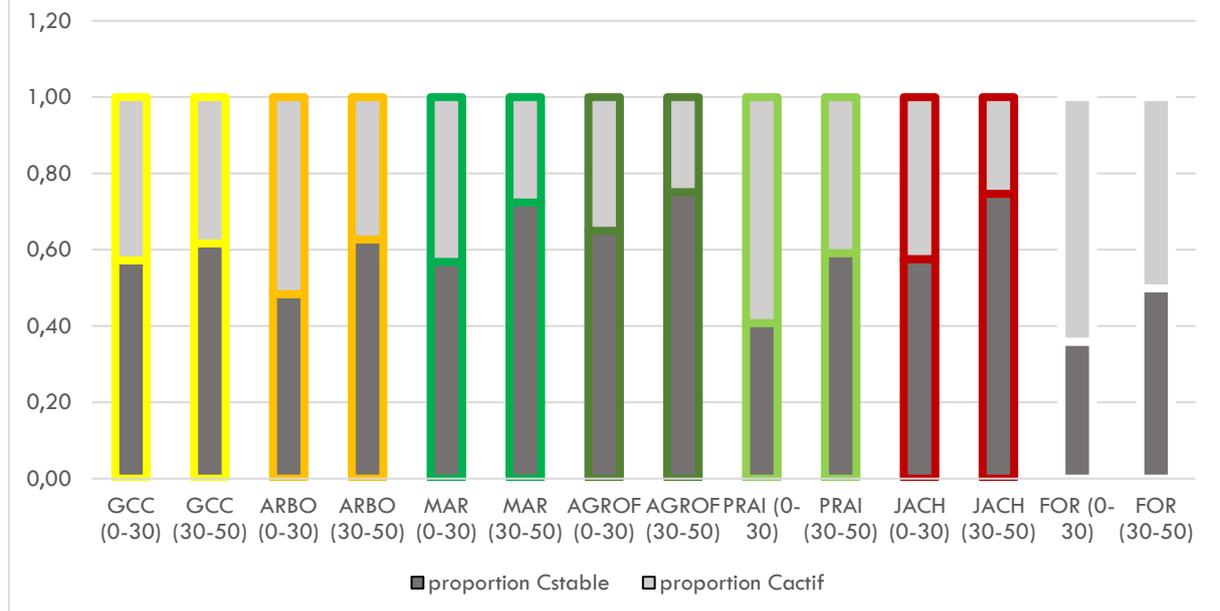


De la même façon que la moyenne globale l'indiquait (tableau 1.0), la quantité de carbone organique baisse entre la profondeur 0-30cm et la profondeur 30-50cm pour chaque usage du sol. Cependant, on observe que les variations présentent des amplitudes différentes (graphe 1.1) : ainsi, elles sont très fortes dans les prairies, où la perte entre la surface et la profondeur est presque de moitié. Avec les forêts (qui ont une perte un peu moins marquée avec 1/3), ce sont les deux types d'usage des sols avec les plus fortes quantités de carbone organique en surface : 24,5g/kg dans les forêts et 23,8 g/kg dans les prairies. A l'inverse, les amplitudes les plus faibles sont observées pour les grandes cultures céréalières et les parcelles d'agroforesterie, avec une différence de moins de 30% entre surface et profondeur. Cela ne correspond pas exactement aux parcelles avec les plus faibles quantités de carbone : on y retrouve effectivement l'agroforesterie avec une moyenne en surface de 8,7 gC/kg (elle ne compte que deux parcelles) et l'unique parcelle de jachère, avec 9,7 gC/kg en surface. Les parcelles de maraîchage présentent une valeur moyenne de 10,5 gC/kg qui apparaît assez faible également. La notation (tableau 1.2, colonne 5) proposée permet de se faire une idée de la santé des sols en fonction de l'usage selon la quantité de carbone organique : 2 ont une note supérieure à 8/10, indiquant un sol riche à très riche en matière organique (PRAI et FOR), 1 possède une note de 6,3/10 indiquant un sol bien pourvu en matière organique (ARBO), 1 possède une note de 4,8/10 témoignant d'un sol moyennement pourvu en matière organique (GCC) et 3 sont autour de 3/10, indiquant un sol (trop) peu pourvu en matière organique (MAR, JACH et AGROF).

Qualité du Carbone

La note de 'qualité carbone' est relative aux concentrations du carbone stable (non assimilable à l'échelle du siècle) et du carbone actif (assimilable rapidement par les micro-organismes du sol).

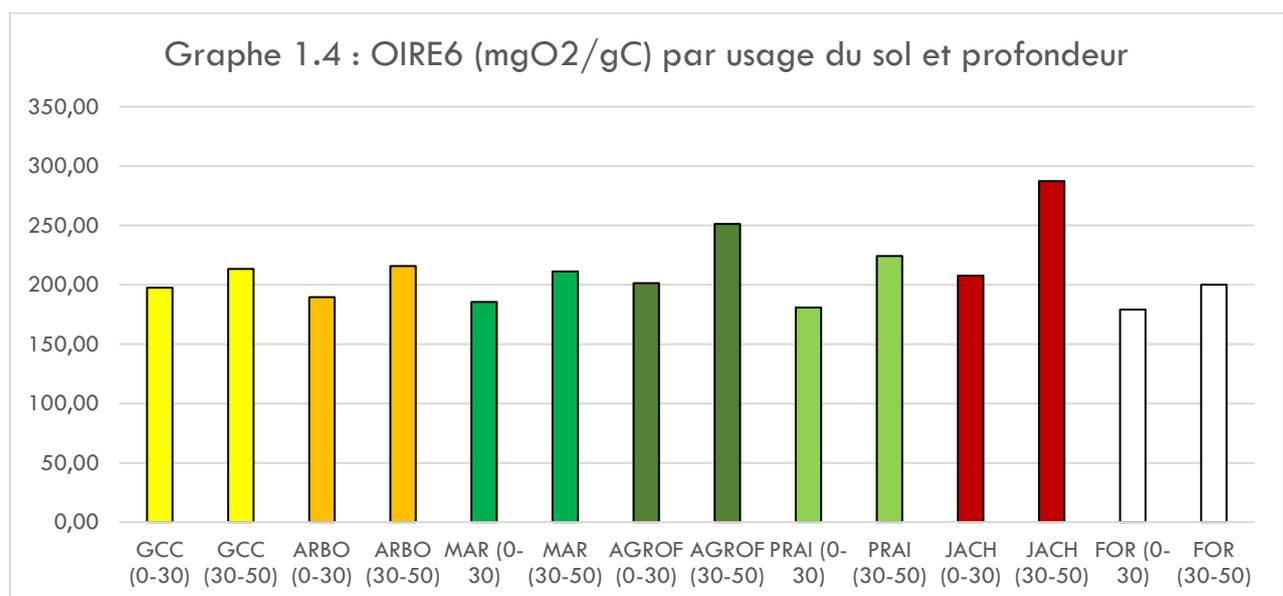
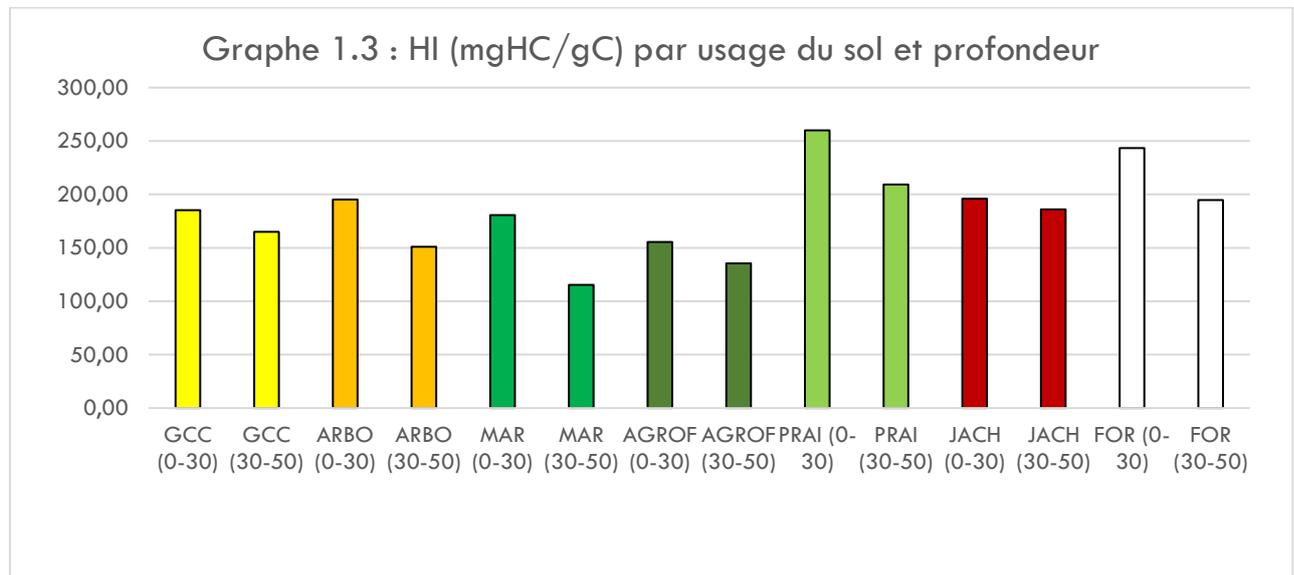
Graph 1.2 : Proportions C stable et C actif par usage du sol et profondeur



Pour chaque usage du sol, les concentrations en carbone stable augmentent avec la profondeur tandis que celles en carbone actif baissent. La parcelle affichant le moins de différence entre ces deux taux est la GCC, qui perd seulement 4% de son carbone actif entre surface et profondeur. Les autres usages présentent des variations moins fortes, allant de 10% (AGROF) à 18% (PRAI). Les concentrations les plus fortes de carbone actif atteintes en surface sont de nouveau atteintes par les forêts avec une moyenne de 64%, puis les prairies avec 59% et enfin les arboricultures avec 52%. Les proportions de carbone actif le plus faibles sont retrouvées en agroforesterie avec 35% en surface, puis jachère avec 42% et en maraîchage et grande culture céréale avec 43%, donc peu de différences entre ces usages. Ainsi, seules les prairies et forêts obtiennent une note supérieure à 7/10 pour la qualité de leur carbone, indiquant une très bonne à excellente ressource pour la vie du sol. Les arboricultures, avec une note de 5,7/10, présentent une ressource moyenne pour la vie du sol. Enfin, les grandes cultures céréalières, maraîchage, agroforesterie et jachère, obtenant une note entre 3,0 et 3,7/10, présentent une ressource limitée pour la vie du sol.

Index Hydrogène et Oxygène

Enfin, les index hydrogène et oxygène, présentent aussi des variations avec la profondeur :



Comme observé précédemment avec les moyennes globales des parcelles ROVALTERRA™ (tableau 1.0), les concentrations en hydrogène diminuent avec la profondeur tandis que celles en oxygène augmentent. Les variations (graphe 1.3) en hydrogène entre surface et profondeur les plus fortes sont observées dans les forêts et les cultures maraîchères (plus de 35%), tandis que la jachère ne varie que très peu en profondeur (5% de différence). Une nouvelle fois, les concentrations en hydrogène les plus fortes sont obtenues dans les parcelles de forêt et prairies avec un index hydrogène supérieur à 200mgHC/gC en surface, les autres couverts et usages se trouvant entre 150 et 200mgHC/gC en surface. De leur côté, les concentrations en oxygène (graphe 1.4) présentent globalement des variations moins fortes, hormis pour la jachère qui augmente de près de 40% avec la profondeur à l'inverse de sa concentration d'hydrogène qui ne varie que très peu. Les valeurs de l'index oxygène restent relativement proches en surface pour tous les usages de sol, entre 180 et 210 mgO₂/kgC, les valeurs les plus fortes atteintes en profondeur étant de 287 mgO₂/kgC (JACH) et 251 mgO₂/kgC (AGROF).

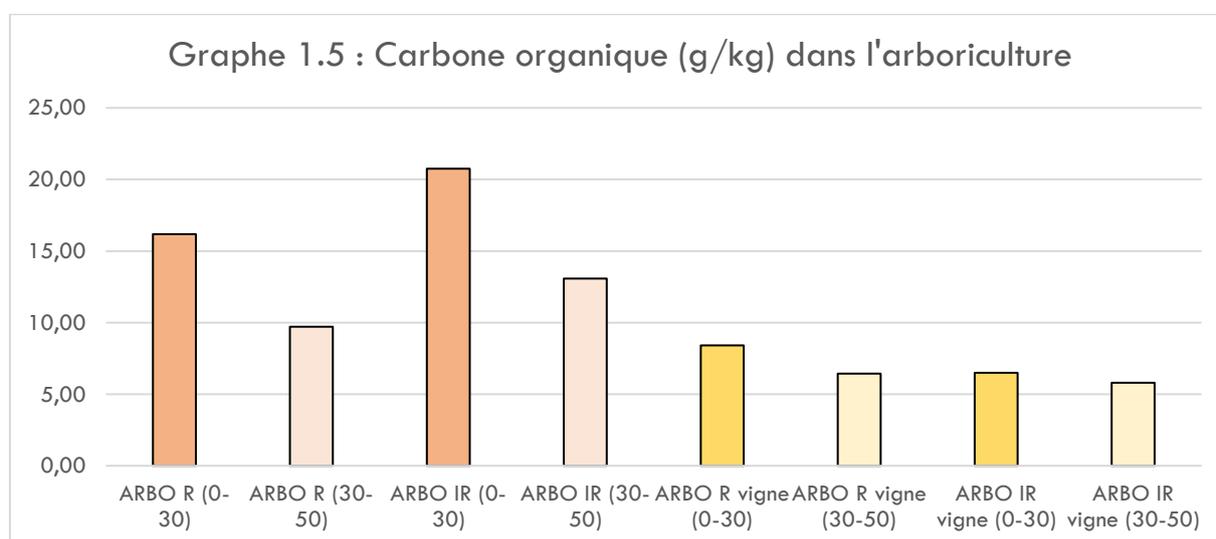
Approfondissement pour les parcelles en arboriculture et viticulture

Revenons sur les parcelles d'arboricultures. Celles-ci permettent un niveau d'interprétation supplémentaire car deux séries de prélèvements ont été menées pour distinguer rangs (A) sur lesquels se situent les arbres et interrangs (B), souvent enherbés. De plus, le tableau ci-dessous présente les données obtenues sur les vignes seules (isolées des données globales classées sous le terme d'arboriculture). En effet, ce type de culture se distingue des autres systèmes arboricoles par la pression forte qu'elle exerce sur les ressources présentes dans le sol.

usage du sol	Quantité carbone organique (g/kg)	Proportion Carbone stable	Proportion Carbone actif	Note Carbone quantitatif (/10)	Note Carbone qualitatif (/10)	Hydrogene Index (mgHC/kgC)	Oxygene Index (mgO2/kgC)	Nombre parcelles
ARBO R (0-30)	16,18	0,49	0,51	6,83	5,83	189	189	6
ARBO R (30-50)	9,71	0,61	0,39	3,00	2,67	148	217	6
ARBO IR (0-30)	20,75	0,45	0,55	7,40	7,00	207	187	5
ARBO IR (30-50)	13,08	0,62	0,38	4,33	3,50	155	216	6
ARBO R vigne (0-30)	8,4	0,46	0,54	3,00	3,00	199	196	1
ARBO R vigne (30-50)	6,4	0,66	0,34	1,00	1,00	162	205	1
ARBO IR vigne (0-30)	6,5	0,60	0,40	1,00	1,00	173	199	1
ARBO IR vigne (30-50)	5,8	0,73	0,27	0,00	1,00	140	216	1

Tableau 1.3 : Données Carbone de l'arboriculture

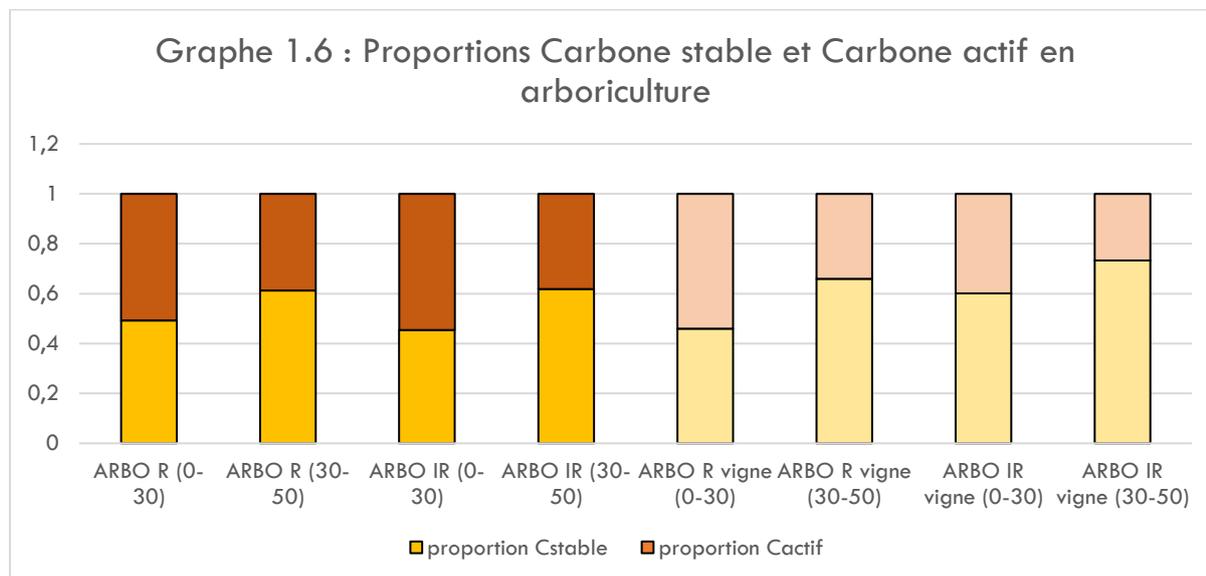
Les analyses montrent des valeurs d'indicateurs distincts entre rangs et interrangs : le rang contient 16 g de carbone par kg de sol, soit 1/5^e de moins que les interrangs. Cela peut s'expliquer par l'enherbement de ces espaces. Les variations entre surface et profondeur sont équivalentes. En revanche, la parcelle de vignes (P20) s'éloigne fortement de la moyenne mesurée sur les autres parcelles d'arboriculture : les quantités de carbone organique sont très faibles en surface et la légère différence est cette fois en faveur du rang, avec 8,4gC/kg sol dans le rang et 6,5 gC/kg dans l'interrang. Cela peut être dû au travail du sol et désherbage systématique des parcelles de vigne. La variation dans l'interrang entre la surface et la profondeur est également très faible, d'environ 10%.



Ainsi, les notes de Carbone quantitatif (tableau 1.3, colonne 5) sont encourageantes concernant les arboricultures (tableau 1.3) : avec un 6,8/10 sur le rang en surface, cela indique que les sols de ces parcelles arboricoles sont bien pourvus à riches en matière organique, et les sols des interrangs sont bien riches en matière organique avec 7,4/10 en surface. Avec des notes de 3/10 (rang) et 1/10 (interrang) en surface, la faible quantité de carbone organique dans les parcelles de vigne témoigne d'un sol pauvre en matière organique.

Concernant les proportions respectives en carbone stable et carbone actif, les résultats sont relativement homogènes entre rang/interrang et arbo normale/vigne. Une proportion supérieure en carbone stable dans l'interrang de la vigne est cependant remarquable (60% en surface contre 42% pour les autres arboricultures).

Ainsi, on retrouve presque les mêmes notes pour le carbone qualitatif (soit la quantité de carbone actif, assimilable par les micro-organismes du sol) : la ressource est intéressante à bonne pour la vie du sol dans les arboricultures 'normales', tandis qu'elles sont limitées dans les vignes (cf tableau 1.3).



Conclusions sur le carbone selon les usages du sol :

Les usages de sol présentant le plus important stockage de carbone rassemblent forêts et prairies, avec également les plus fortes concentrations de carbone actif. En revanche, les valeurs les plus basses se retrouvent dans les parcelles en maraichage, en jachère et en agroforesterie. On notera cependant que le nombre de parcelles prélevées et analysées influence sur les résultats moyens obtenus et que les parcelles démontrant les valeurs les plus faibles sont également celles qui sont les moins représentées : 3 en maraichage, 2 en agroforesterie et 1 en jachère. Ces résultats sont donc à prendre avec précaution et mériteraient d'être consolidés.

Les résultats ont également montré l'importance, dans les parcelles en arboriculture, de distinguer l'interrang, présentant un meilleur stockage de carbone organique, du rang, plus pauvre. Les proportions Cstable/Cactif restent sensiblement les mêmes. Le système de viticulture doit quant à lui être analysé séparément en raison de la très faible capacité de stockage de carbone dans les sols de ces parcelles.

3. Selon la géologie

Outre l'usage du sol, la compréhension des résultats Rock-Eval via l'étude de la géologie des parcelles sur le territoire du Grand Rovaltain se présente comme un critère nécessaire. En effet, la granulométrie ainsi que le pH vont avoir une action déterminante sur le comportement du sol et sa capacité à stocker du carbone. Ici, nous proposons une distribution des parcelles en 6 catégories présentant des caractéristiques géologiques similaires ou proches.

F : alluvions, limons sableux, galets	P01 ; P02 ; P03 ; P08 ; P12 ; P16 ; P18 ; P22 ; P24
Fz : alluvions, galets cristallins et calcaires	P28
OE : limons fins alluviaux	P04 ; P06 ; P07 ; P09 ; P10 ; P11 ; P14 ; P19
molasse : sables, grès	P13
marnes calcaires	P17 ; P27
granite/gneiss/anatexite	P15 ; P20 ; P23 ; P30 ; P31 ; P32 ; P34 ; P35 ; P36 ; P37
Tableau 1.4 : Géologie des parcelles	

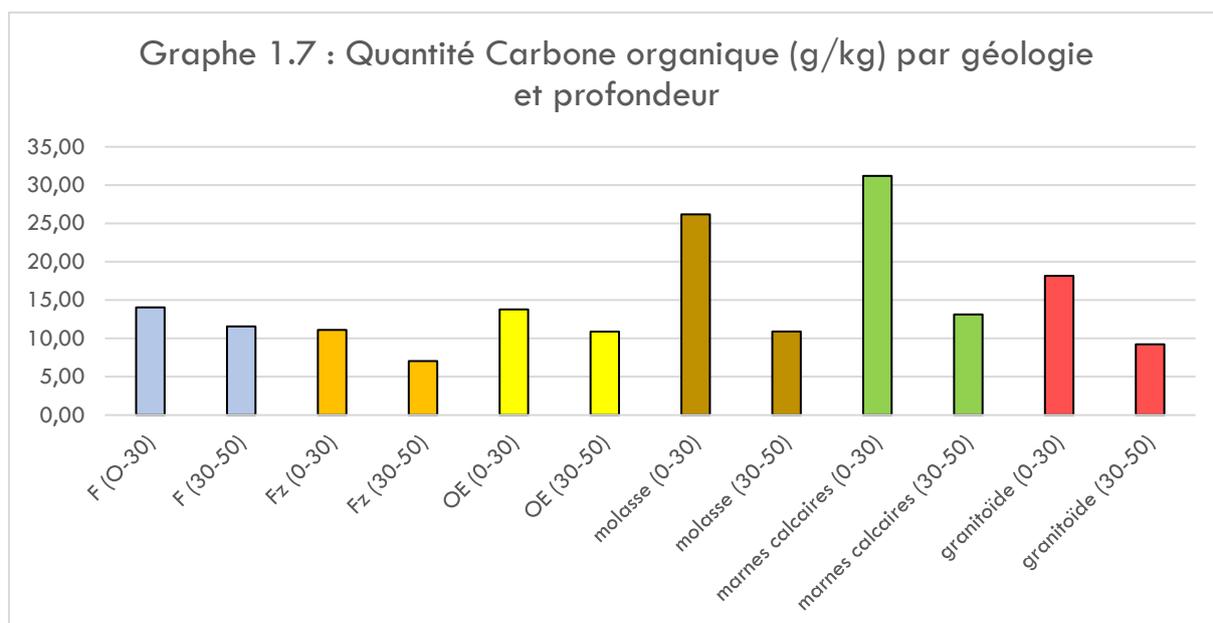
La plaine de Valence étant un bassin à la fois d'érosion (Vercors, collines molassiques) et de sédimentation (alluvions du Rhône et de l'Isère), nous l'avons divisé selon les caractéristiques granulométriques des couches décrites dans les cartes de Valence et Romans au 1/25000^e.

Géologie	Quantité carbone organique (g/kg)	Proportion Carbone stable	Proportion Carbone actif	Note Carbone quantitatif (/10)	Note Carbone qualitatif (/10)	Hydrogene Index (mgHC/kgC)	Oxygene Index (mgO2/kgC)	Nombre parcelles
F (0-30)	14,05	0,54	0,46	5,22	4,22	204,67	189,35	9
F (30-50)	11,57	0,63	0,37	3,56	3,22	177,22	200,80	9
Fz (0-30)	11,11	0,51	0,49	4,50	4,00	194,50	183,06	1
Fz (30-50)	7,05	0,66	0,34	1,00	1,50	155,00	203,60	1
OE (0-30)	13,79	0,56	0,44	5,33	4,22	187,67	195,96	8
OE (30-50)	10,89	0,63	0,37	3,40	3,00	168,00	225,01	8
molasse (0-30)	26,19	0,33	0,67	10,00	10,00	284,50	179,61	1
molasse (30-50)	10,90	0,50	0,50	4,00	3,50	266,50	191,04	1
marnes calcaires (0-30)	31,21	0,47	0,53	9,67	9,33	216,00	189,62	2
marnes calcaires (30-50)	13,13	0,69	0,31	4,67	2,67	164,67	261,21	2
granitoïde (0-30)	18,17	0,43	0,57	6,92	6,46	214,15	185,70	10
granitoïde (30-50)	9,23	0,61	0,39	3,08	2,42	142,00	223,15	9

Tableau 1.5 : Données Carbone par couche géologique

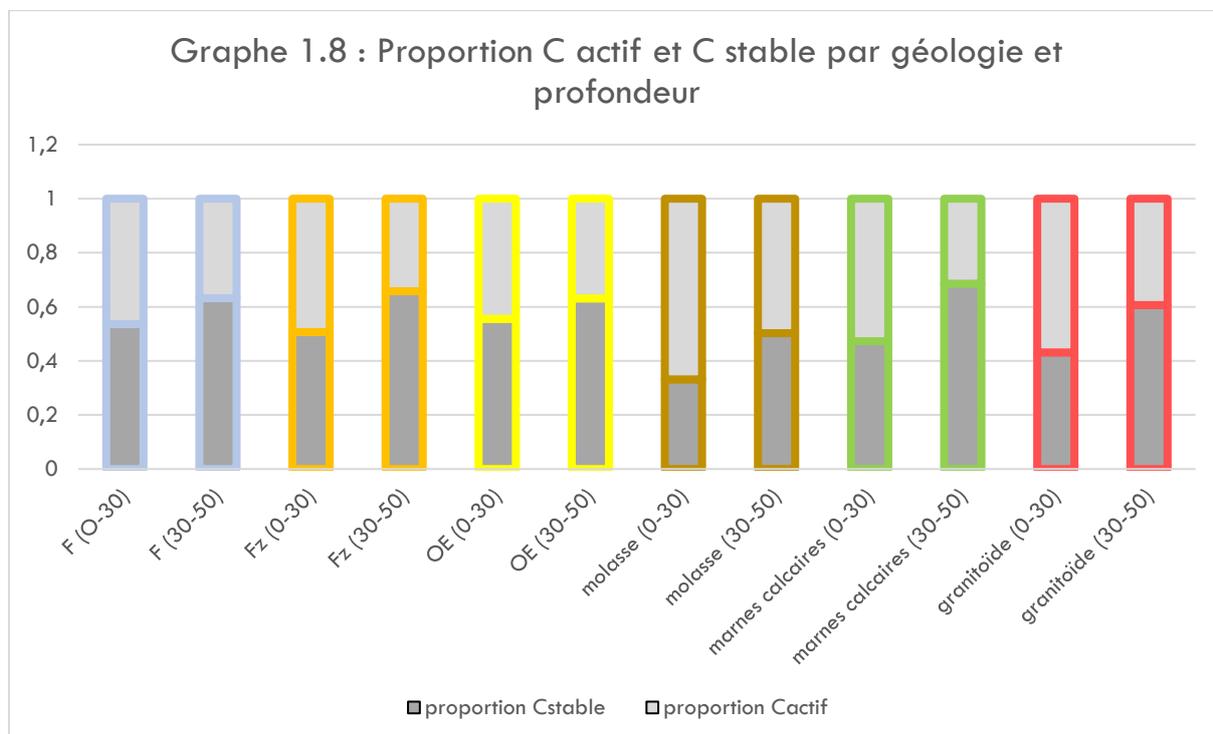
En regardant dans un premier temps la quantité de carbone organique, nous observons bien une baisse systématique de celle-ci avec la profondeur pour chaque catégorie, comme précédemment reporté (tableau 1.0, tableau 1.2). Les amplitudes les plus fortes sont observées pour les molasses et les marnes calcaires, qui perdent 58% de carbone organique entre la surface (0-30cm) et la profondeur (30-50cm). On remarquera que ce sont de loin les mieux pourvues en carbone organique en surface, avec respectivement 26 gC/kg sol et 31 gC/kg, mais qu'elles contiennent aussi peu de parcelles dans leur catégorie (respectivement 1 et 2) rendant toute tentative de conclusion sur le bénéfice qu'offre la molasse et les marnes calcaires au stockage du carbone périlleuse. En revanche, la catégorie 'granitoïdes' regroupe 10 parcelles différentes, elle semble donc assez représentative. Ce sont des sols acides, réputés 'pauvres'. Avec 18 gC par kg de sol en surface, on trouve effectivement moins de carbone organique que dans les marnes calcaires et la molasse, mais légèrement plus que dans les alluvions de la plaine de Valence (respectivement de 14, 11 et 13 gC/kg), pourtant réputées plus riches comme en témoigne la forte représentation de l'arboriculture et du maraîchage. Cependant, la quantité de carbone organique baisse de moitié avec la profondeur et passe ainsi à 9 gC/kg, tandis que cette baisse est moins forte dans les parcelles d'alluvions, hormis pour Fz (qui ne compte qu'une seule parcelle).

Ainsi, en s'intéressant aux notes concernant le carbone quantitatif attribuées à chaque type de sol, ce sont la molasse (10/10) et les marnes calcaires (9,7/10) qui s'affichent en haut du classement. Si le résultat n'est pas étonnant dans le cas des marnes (les sols argileux et calcaires sont les plus à même de stocker du carbone), cela est cependant plus étonnant du côté de la molasse, car elle présente une texture riche en sables grossiers (plus de 40% en moyenne dans ce cas) et faible en argile (autour de 8%) d'après l'analyse de granulométrie effectuée par le laboratoire Teyssier. Ces résultats sont donc sûrement plus en lien avec l'usage du sol que la géologie dans ce cas. Les autres parcelles sont plutôt moyennes avec des notes entre 4,5 et 6,9 pour les autres catégories géologiques.



Si on s'intéresse à la répartition carbone actif-carbone stable, les proportions les plus fortes (en majorité) en carbone actif se retrouvent dans la molasse, les granitoïdes et les marnes. La variation de ces proportions avec la profondeur sera moins marquée dans les alluvions, qui contiennent davantage de carbone stable en profondeur.

Ainsi, la note attribuée concernant le carbone qualitatif (c'est-à-dire une forte proportion de carbone actif en surface) met en lumière que la ressource est moyenne pour la vie du sol dans les différents types d'alluvions. En revanche, elle est intéressante dans le cas des granitoïdes et excellente dans les molasses et marnes calcaires.



Conclusion sur la géologie :

Il semble se dégager un contexte de stockage carbone plus avantageux dans le cas des parcelles en zone de marnes calcaires et de molasse, suivie par celles situées sur un substrat de granitoïdes divers. Ce sont dans les

divers alluvions que le stockage se fait le moins bien, avec une proportion moins importante de carbone actif. Ces dernières sont cependant plus souvent représentées par des parcelles cultivées.

Conclusions globales sur le carbone organique du sol :

L'analyse des résultats observés du point de vue de l'usage du sol d'une part, et de la géologie d'autre part, ont permis de donner quelques clés de compréhension sur le stockage de carbone dans les différentes parcelles. Il ressort globalement que l'usage du sol est le facteur le plus impactant sur cette capacité de stockage, la géologie semble n'être qu'un facteur secondaire.

Ainsi, les meilleurs stockages de carbone se font dans les prairies et les forêts d'une part, de l'autre dans les marnes et les molasses (à prendre avec précaution en raison de la faible représentativité de ces typologies) : les sols sont riches en matière organique et la ressource très bonne pour la vie du sol. Viennent ensuite les arboricultures (hormis les vignes), les inter-rangs étant meilleurs stockeurs que les rangs dans le cas de l'usage des sols, et les granitoïdes dans le cas de la géologie (à noter que la majorité des forêts se trouve dans cette catégorie). Dans la moyenne, se retrouvent les Grandes Cultures Céréales d'une part et les alluvions d'autre part (la plupart des GCC se situent d'ailleurs sur des terrains types alluvions). Enfin, les données de stockage les plus faibles sont observées dans les parcelles de maraîchage, d'agroforesterie et de jachère.

Les moyennes des notes montrent qu'elles sont plus hautes pour le carbone quantitatif que le carbone qualitatif : cela suggère que le carbone stocké possède une qualité moyenne.

Des indications plus précises auraient pu être données sur les stocks de carbone par surface grâce à la mesure des densités apparentes. Cependant, une différence importante est ressortie des mesures selon qu'elles aient été effectuées par les étudiants d'une part, ou des chambres d'agriculture et du laboratoire Teyssier d'autre part. Il nous semblait ainsi peu fiable de comparer ces données entre elles et avons choisi, pour le moment, de ne pas présenter de résultats issus de ces mesures, dans un souci de rigueur scientifique.

B/ L'Activité enzymatique

Les mesures de l'activité de cinq enzymes (phosphatase, glucosidase, arylsulfatase, uréase et arylamidase), choisis pour leur implication dans les cycles biogéochimiques du phosphate, du carbone, de l'azote et du soufre ont été effectuées à la plateforme BioChemEnv de l'INRAE de Versailles.

Les résultats complets sont présents en annexe dans le tableau Activités enzymatiques-BioChemENV (p.75)

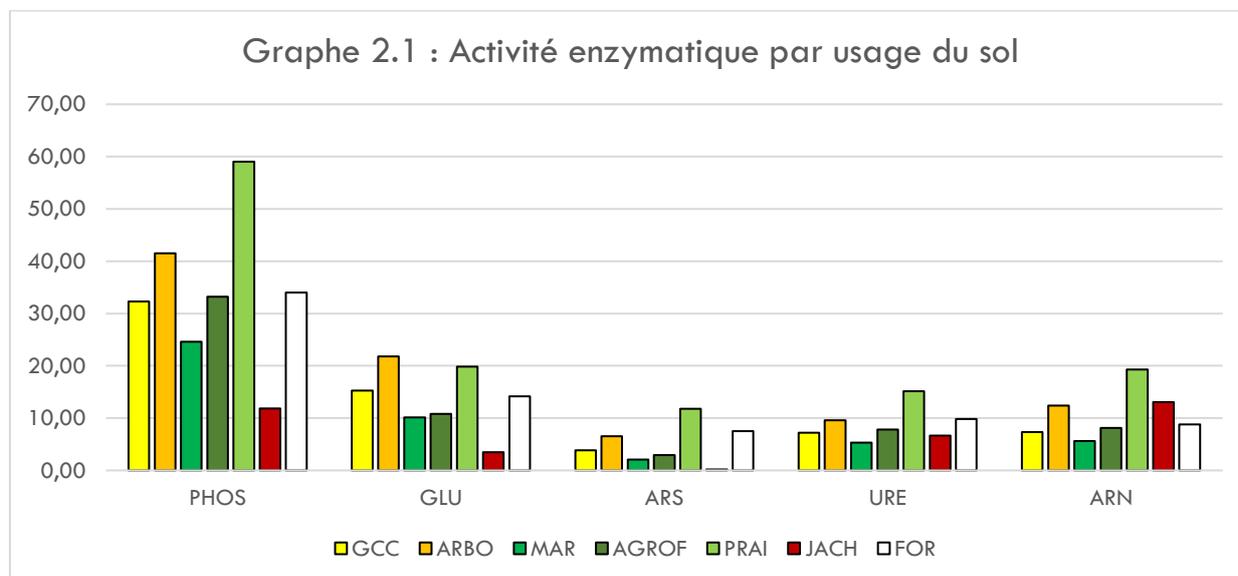
1. Selon l'usage

Les tableaux et graphes ci-dessous présentent les moyennes des activités enzymatiques, exprimées en mU (équivalent mole de produit libéré par minute) par gramme de sol sec, ainsi que leur taux d'humidité, c'est-à-dire la concentration d'eau contenue dans le sol (qui ne sera pas abordée dans l'analyse suivante).

La distribution des parcelles par usage du sol est la même que dans la partie Carbone (voir tableau 1.1).

Type	HUM (%)	PHOS	GLU	ARS	URE	ARN	Nombre parcelles
GCC	14,37	32,31	15,28	3,85	7,22	7,32	7
ARBO	15,22	41,54	21,790	6,536	9,599	12,373	7 (R et IR)
MAR	11,28	24,59	10,15	2,08	5,32	5,59	3
AGROF	10,50	33,20	10,82	2,93	7,83	8,14	2
PRAI	21,09	59,00	19,87	11,81	15,14	19,29	6
JACH	8,00	11,86	3,50	0,16	6,67	13,04	1
FOR	14,47	34,00	14,14	7,50	9,83	8,77	5

Tableau 2.1 : Activité enzymatique par usage du sol



Phosphatase (PHOS) :

La phosphatase est une enzyme intervenant dans le cycle du phosphore. Comparées aux autres enzymes, les mesures d'activité sont en moyenne plus fortes pour l'ensemble des usages de sol, laissant penser que les enzymes phosphatase sont plus nombreuses dans les sols. Ainsi, la plus haute activité enzymatique observée se trouve dans les prairies, avec une moyenne de 59 mU/g et la deuxième dans les parcelles d'arboriculture, avec 41,5 mU/g, soit ¼ de moins. Les activités enzymatiques moyennes des GCC, AGROF et FOR sont relativement proches, autour des 33 mU/g. La moyenne de l'activité phosphatase des parcelles de maraîchage est de 25mU/g, légèrement inférieure aux autres moyennes agricoles. Enfin, la parcelle en jachère présente une activité enzymatique très faible, de 12mU/g, soit 1/5^e de l'activité des prairies.

Beta-Glucosidase (GLU) :

La glucosidase est une enzyme intervenant dans le cycle du carbone (décomposition des composés carbonés celluloses). Les prairies et les arboricultures présentent les activités moyennes de glucosidase les plus importantes, avec respectivement 19,9 et 21,8 mU/g. L'activité moyenne des GCC et des forêts est environ ¼ plus faible que les prairies et arboricultures, et moitié moins pour le maraîchage et l'agroforesterie, autour des 10mU/g. Enfin, l'activité la plus faible est atteinte pour la jachère (3,5 mU/g).

Arylsulfatase (ARS) :

L'arylsulfatase est impliquée dans le cycle du soufre, nécessaire au fonctionnement des bactéries situées sur les racines. Ce sont globalement les valeurs les plus basses, suggérant une présence moins importante de ces enzymes dans les parcelles analysées. De nouveau, les activités les plus fortes se retrouvent dans les prairies (11,8 mU/g), puis dans les forêts (7,5 mU/g) et les arboricultures (6,5 mU/g). Les activités arylsulfatase dans les grandes cultures céréales, agroforesteries et maraichages sont relativement proches. Dans la parcelle en jachère, l'activité est quasi nulle, avec seulement 0,16 mU/g.

Uréase (URE) :

L'uréase est une enzyme impliquée dans le cycle de l'azote, indispensable pour les plantes à la fabrication de protéines. Pour cette enzyme, les activités moyennes pour les différents usages du sol sont les plus proches. Les prairies ont de nouveau les activités les plus fortes avec 15,1mU/g puis les forêts et arboricultures avec plus de 9,5mU/g. Les autres activités sont situées entre 7,8mU/g (AGROF) et 5,3 mU/g (MAR).

Arylamidase (ARN) :

Tout comme l'uréase, l'arylamidase intervient dans le cycle de l'azote. L'activité la plus intense est observée dans les prairies avec 19,3 mU/g. Dans le cas unique de cette enzyme, la jachère (13mU/g) présente une activité ARN plus forte que la moyenne des arboricultures (12,4mU/g) ou des forêts (8,8 mU/g). Les moyennes de l'agroforesterie et des grandes cultures céréales sont de nouveau proches (respectivement 8,1mU/g et 7,3mU/g). La moyenne des parcelles en maraîchage reste proche, bien qu'inférieure avec 5,6mU/g.

Arboriculture et vignes :

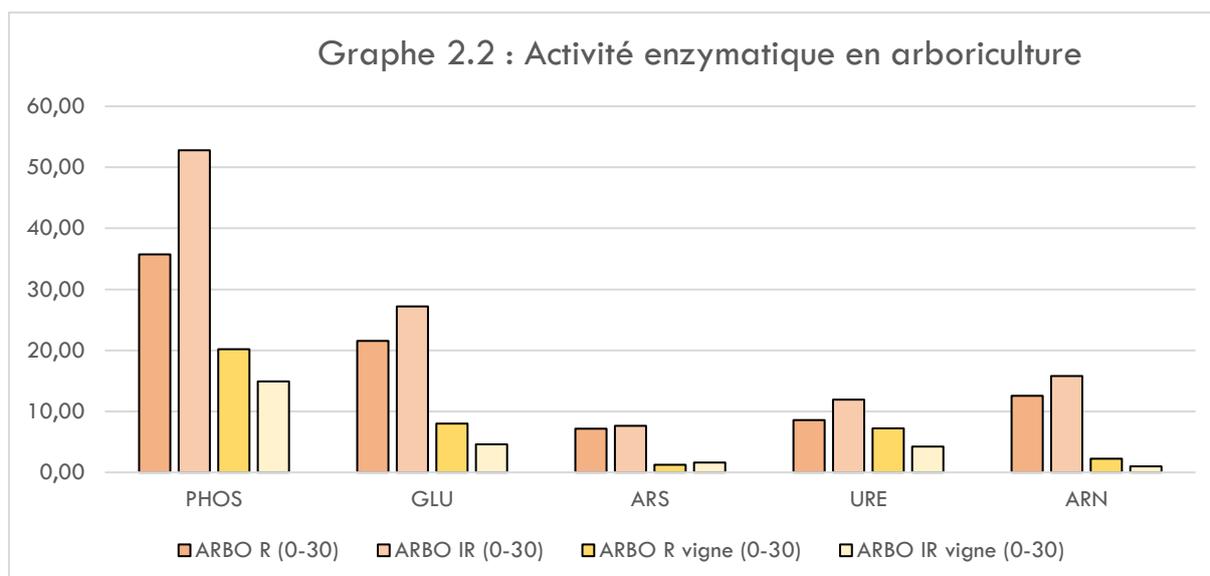
Comme vu précédemment dans la partie carbone/Rock-Eval, il est important de s'intéresser de plus près aux parcelles arboricoles en distinguant d'une part les rangs et interrangs, d'autres part les vignes.

Le tableau 2.2 ci-dessous en présente les valeurs.

couvert végétal	HUM (%)	PHOS	GLU	ARS	URE	ARN	Nombre parcelles
ARBO R (0-30)	15,52	35,70	21,533	7,158	8,585	12,544	6
ARBO IR (0-30)	16,33	52,78	27,21	7,61	11,91	15,78	6
ARBO R vigne (0-30)	11	20,17	8,00	1,26	7,23	2,24	1
ARBO IR vigne (0-30)	11	14,90	4,58	1,62	4,22	1,01	1
Tableau 2.2 : Activité enzymatique dans les arboricultures							

Parallèlement aux observations faites dans le cas du stockage de carbone actif, on observe que les activités enzymatiques sont plus fortes dans l'interrang que dans le rang, de façon plus ou moins marquée (37% d'écart dans le cas de la phosphatase, 5% dans le cas de l'arylsulfatase). On notera que les valeurs des activités enzymatiques dans l'interrang (sans les vignes) sont relativement proches des valeurs observées dans les prairies.

A l'inverse, dans les vignes, l'activité enzymatique est plus forte dans les rangs que dans les interrangs (excepté dans le cas de l'arylsulfatase). Ces valeurs sont très nettement inférieures à la moyenne des arboricultures (sans vigne) justifiant de les considérer comme un système à part.



Conclusion sur les activités enzymatiques par usage du sol :

Tous usages du sol mélangés, les activités moyennes les plus fortes sont observées pour la phosphatase, et les plus faibles pour l'arylsulfatase.

Concernant les types d'usage, les prairies ont globalement les activités enzymatiques les plus fortes, suivies par les arboricultures (parmi celles-ci, l'interrang présente également une activité enzymatique plus élevée, souvent proche des prairies, par rapport aux rangs). Ensuite, ce sont les forêts, légèrement supérieures ou égales aux grandes cultures céréalières, elles-mêmes légèrement supérieures ou égales à l'agroforesterie. Les activités moyennes du maraîchage sont un peu plus faibles, suivies par les parcelles de vignes. Enfin, les valeurs les plus basses sont atteintes pour la jachère, excepté dans le cas de l'arylamidase où son activité est très haute par rapport à l'ensemble des données. Rappelons qu'il n'existe qu'une unique parcelle dans la catégorie jachère, et que ses données sont à prendre avec précaution.

Le tableau 2.3 indique les valeurs moyenne, minimale, maximale et médiane pour les sols agricoles français.

	PHOS	GLU	ARS	URE	ARN
MOY	41,45	15,45	6,64	9,14	8,87
MIN	3,68	1,64	0,27	0	1,22
MAX	126,24	38,8	34,31	21,12	36,18
MED	34,85	14,65	5,8	8,61	7,45

Tableau 2.3 : Activités enzymatiques des sols agricoles français

Ainsi, on observe que ce sont les arboricultures qui sont les plus proches des valeurs moyennes (égales à supérieures). Les activités des Grandes Cultures Céréales sont légèrement inférieures (parfois égales), comme les agroforesteries. Les parcelles de jachère et maraîchage sont clairement inférieures.

On observe donc que, hormis les arboricultures, les parcelles agricoles de ROVALTERRA se trouvent dans la moyenne basse des données sur les sols agricoles français. Il serait cependant intéressant de s'intéresser à chaque type de culture de façon individuelle pour mieux comprendre et situer ces résultats.

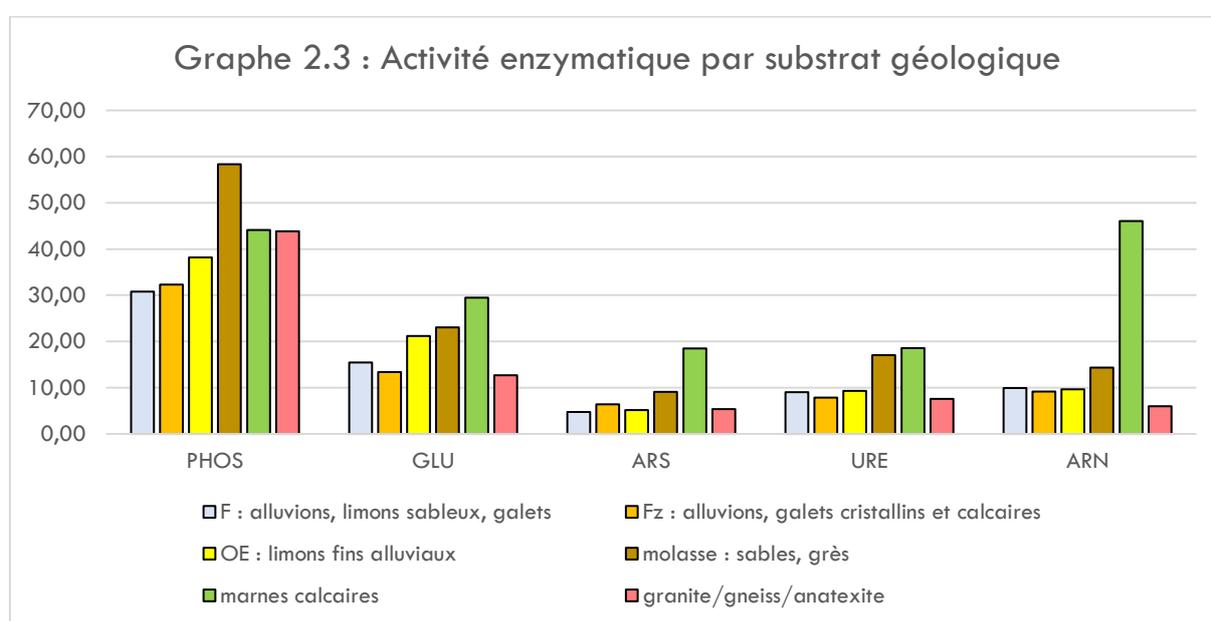
2. Selon la géologie

La distribution des parcelles par la géologie est la même que dans la partie Carbone (voir tableau 1.4).

Le tableau 2.4 présente l'activité enzymatique moyenne selon la géologie des parcelles.

géologie	HUM (%)	PHOS	GLU	ARS	URE	ARN	Nombre parcelles
F : alluvions, limons sableux, galets	13,3610584	30,79	15,43	4,75	9,02	9,90	9
Fz : alluvions, galets cristallins et calcaires	12,84	32,32	13,40	6,39	7,83	9,18	1
OE : limons fins alluviaux	15,3	38,19	21,219	5,172	9,325	9,690	8
molasse : sables, grès	28	58,37	23,04	9,11	17,03	14,38	1
marnes calcaires	21,97	44,14	29,49	18,50	18,55	46,06	2
granite/gneiss/anatexite	13,5127978	43,84	12,68	5,38	7,59	6,01	10

Tableau 2.4 : Activité enzymatique par couche géologique



Phosphatase :

L'utilisation d'une classification des parcelles en fonction du substrat géologique réduit l'écart entre les activités moyennes de phosphatase, la valeur la plus haute (58mU/g) ne faisant même pas le double de la valeur la plus faible (31mU/g). Ainsi, l'activité moyenne la plus forte est observée dans les molasses (ne contenant qu'une parcelle, P13) avec 58,4mU/g. Les marnes calcaires et les granitoïdes, sont toutes deux autour de 44mU/g, bien que les caractéristiques de ces deux types de géologie soient à l'opposé notamment avec un pH très basique dans les marnes calcaires, et un pH acide dans les granitoïdes). Une certaine disparité est retrouvée dans les couches d'alluvions, la valeur la plus forte étant retrouvée dans les limons fins (OE) avec 38,2mU/g, valeur supérieure aux alluvions présentant une teneur en sables plus élevée (30,8mU/g pour F et 32,3mU/g pour Fz).

Beta-Glucosidase :

Les marnes calcaires présentent l'activité moyenne la plus forte, à 29,5mU/g. Elles sont suivies par les molasses et les limons fins. Les alluvions F et Fz ainsi que les granitoïdes présentent des valeurs plus faibles, entre 12,5 et 15,5 mU/g.

Arylsulfatase :

Nous observons de nouveau la plus forte activité dans les marnes calcaires, se détachant cette fois beaucoup plus des autres avec 18,5 mU/g tandis que les autres activités moyennes sont comprises entre 4,8 mU/g (F) et 9,1 mU/g (molasse), des valeurs relativement basses.

Uréase :

Les valeurs moyennes des activités uréase semblent divisées en deux : les activités les plus fortes comprenant les marnes calcaires et la molasse, autour de 17-18 mU/g, et les autres, les différentes alluvions et les granitoïdes, entre 7,5 et 9,5mU/g (soit moitié moins).

Arylamidase :

De nouveau, l'activité enzymatique des marnes calcaires se distingue fortement des autres avec une valeur extrême de 46mU/g, la valeur suivante (la molasse) étant de 14,4mU/g, soit 1/3 de l'activité moyenne des marnes. Les différents alluvions F, FZ et OE présentent une activité similaire entre 9 et 10 mU/g, la valeur la plus basse étant atteinte dans les granitoïdes avec 6 mU/g.

Conclusion sur l'activité enzymatique selon la couche géologique :

Globalement, nous observons que les valeurs d'activité enzymatique moyennes observées selon la couche géologique présente des extrêmes moins éloignés que dans la comparaison par usage du sol. L'activité enzymatique moyenne la plus forte se trouve majoritairement dans les marnes calcaires (excepté pour l'activité phosphatase), qui ne contient cependant que deux parcelles. Cette différence est particulièrement marquée dans le cas de l'arylamidase et l'arylsulfatase. La molasse est souvent la deuxième couche géologique présentant une forte activité enzymatique (et la plus forte dans le cas de la phosphatase), mais cette valeur se base sur une unique donnée de la parcelle P13 (prairie humide). Les trois types d'alluvions sont assez regroupés, avec une tendance plus élevée pour OE (limons fins) et plus faible pour F (alluvions et limons sableux). Enfin, les valeurs moyennes observées dans les granitoïdes sont souvent parmi les plus faibles, excepté dans le cas de la phosphatase. Les granitoïdes ont un pH acide, moins favorable à l'activité enzymatique.

Conclusion globale sur l'activité enzymatique du sol :

L'activité enzymatique semble être plus influencée par l'usage du sol que par la géologie de sa roche sous-jacente, en raison de la plus grande diversité de résultats observée entre les moyennes des activités par usage. De plus, les catégories par géologie sont peu homogènes : trois des 6 catégories ne contiennent qu'une ou deux parcelles.

Cependant, les résultats globaux semblent être globalement en accord avec ceux obtenus pour le carbone. Exception faite de la forêt qui présente des valeurs plus faibles par rapport à l'arboriculture dans les cas des activités enzymatiques, ce qui était l'inverse dans le cas du carbone. Également, les valeurs en agroforesterie sont supérieures au maraîchage pour les activités enzymatiques mais pas pour le carbone. Une explication pourrait se faire en considérant l'échelle de temps : les activités enzymatiques ont une réponse plus rapide au changement du sol, notamment de pratiques, ce qui est le cas pour les agroforesteries assez récentes qui sont des pratiques de préservation pour les sols. Concernant la géologie, on remarque que les valeurs sont légèrement moins bonnes pour les granitoïdes par rapport aux alluvions dans le cas des activités enzymatiques, alors qu'elles sont plus fortes dans le cas du carbone, les sols acides étant moins propices à la vie du sol. On notera également que la majorité des forêts se trouve en territoire granitique...

C/ Biomasse microbienne

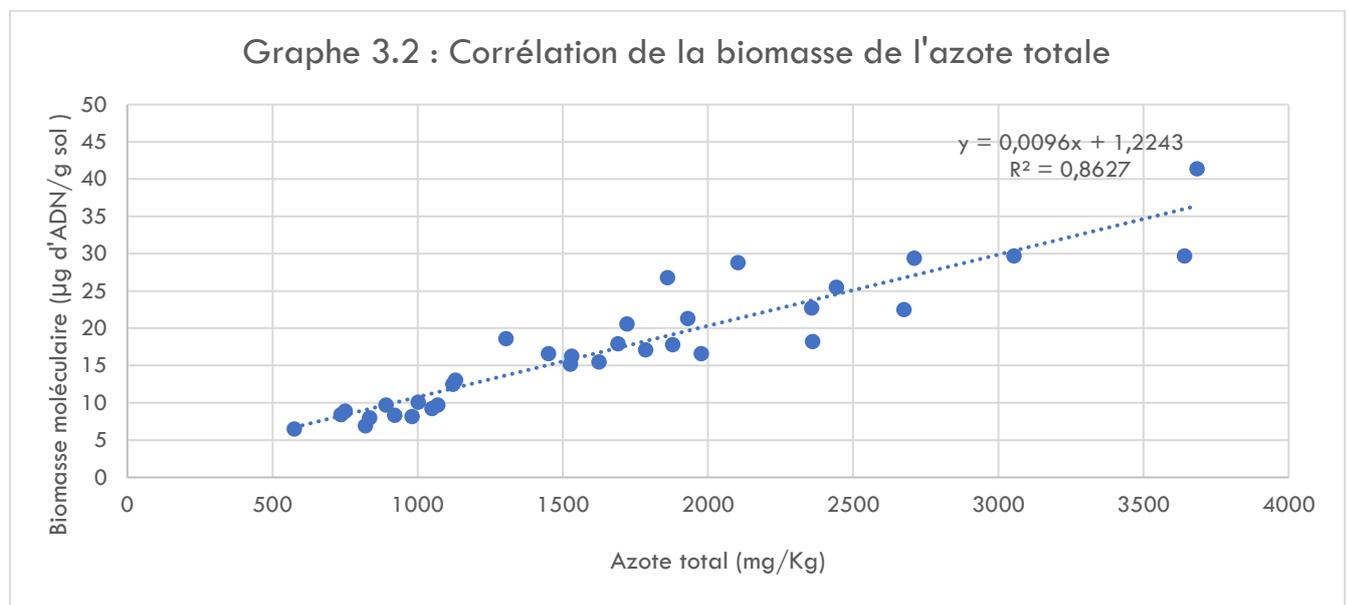
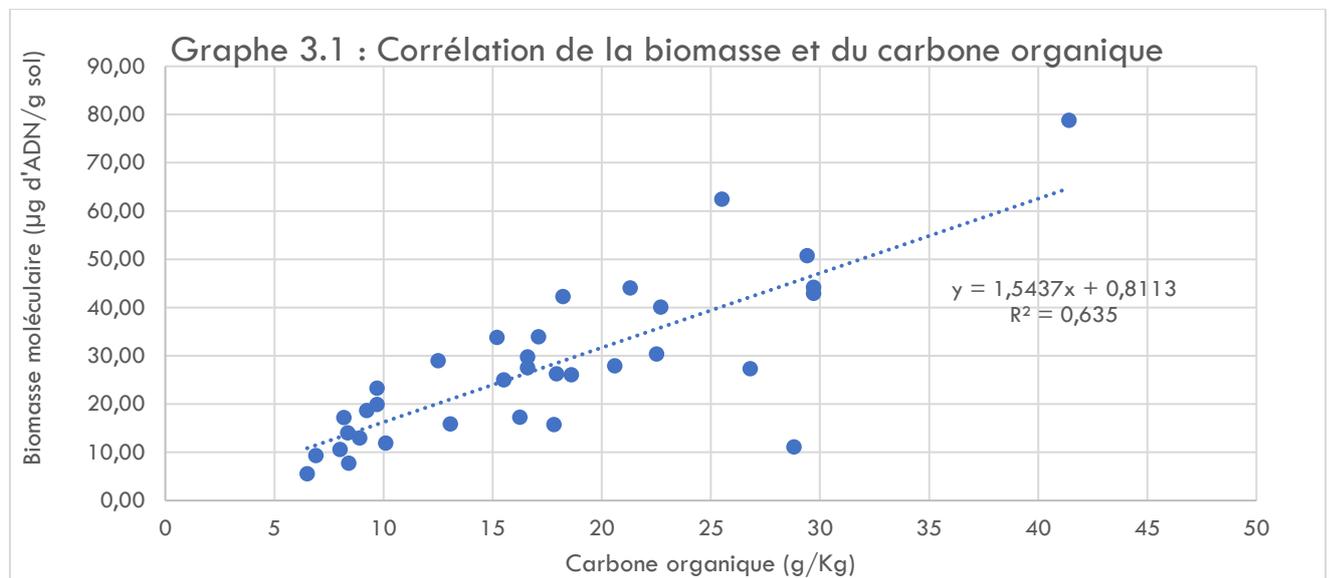
La détermination de la biomasse moléculaire microbienne du sol, par le biais de la mesure de l'ADN microbien (bactérien, fongique, archéen) a été effectuée au Laboratoire d'Ecologie Microbienne de l'Université Claude Bernard Lyon I. Cette biomasse n'est prélevée que dans les 30 premiers centimètres du sol.

Les résultats complets sont présents en annexe dans le tableau Biomasse moléculaire-ADN microbien (p.76).

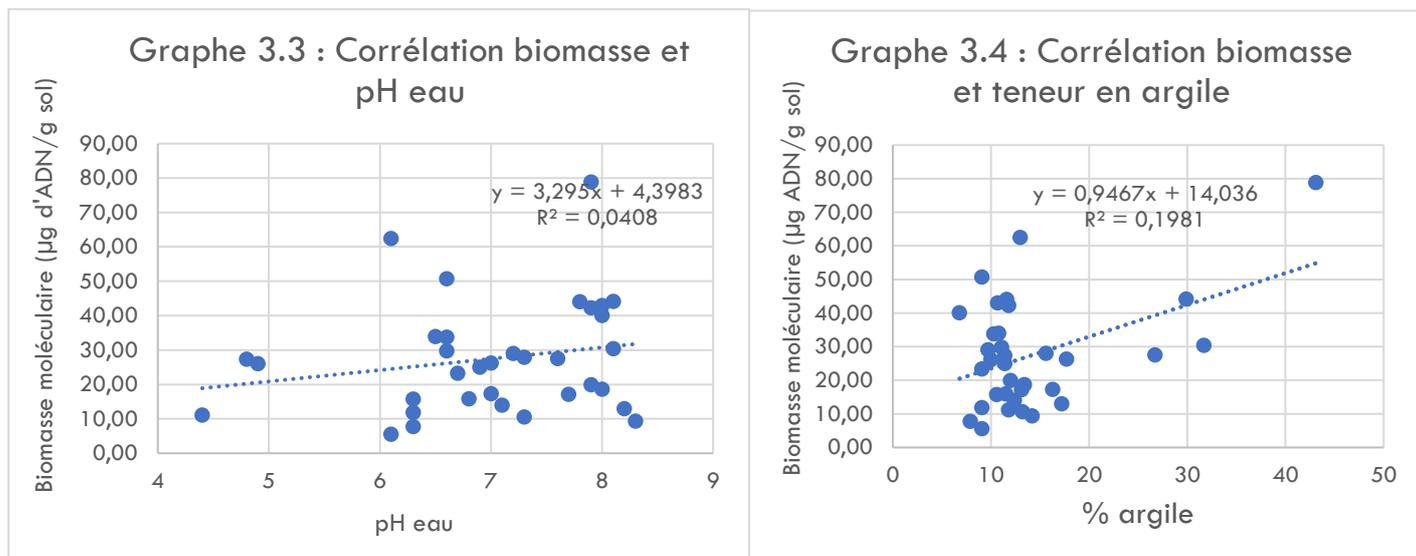
Dans ce cas, nous ne nous intéresserons qu'à l'usage du sol comme paramètre de comparaison entre les parcelles.

Notons que certaines parcelles restent manquantes pour la biomasse : P03 (FOR), P04 (GCC), P07R (ARBO), P19 (GCC), P24 (PRAI).

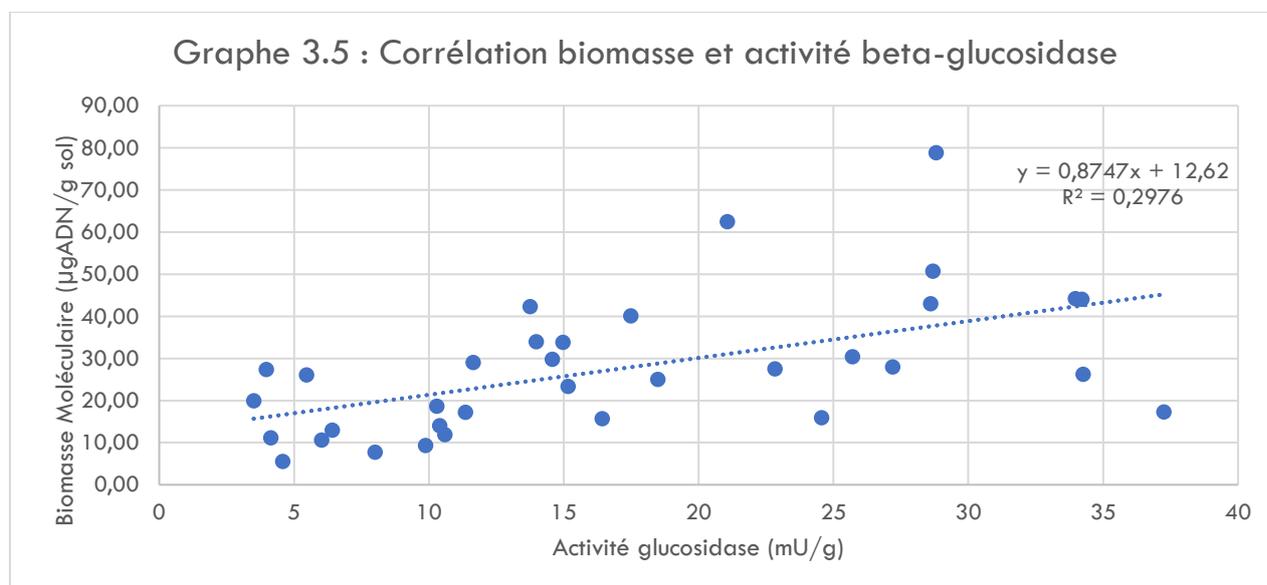
Dans un premier temps, intéressons-nous aux corrélations possibles entre la biomasse et d'autres paramètres mesurés dans le cadre de ROVALTERRA™. En effet, nous voyons que la biomasse moléculaire est sensiblement corrélée à la teneur en carbone organique d'une part (graphe 3.1) et particulièrement bien à l'azote totale (graphe 3.2). Ainsi, plus un sol est riche en carbone et en azote, plus la biomasse va être importante.

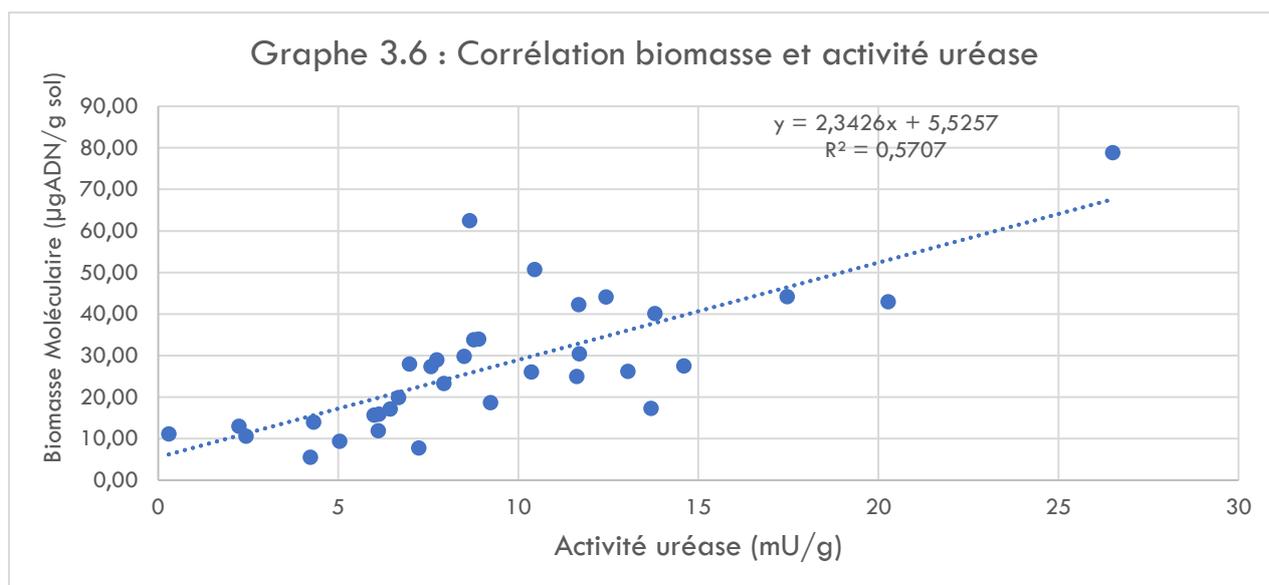


En revanche, d'autres paramètres ne semblent pas se corrélérer avec la biomasse, du moins dans le cadre des parcelles de l'observatoire. C'est le cas du pH (graphe 3.3) et de l'argile (graphe 3.4).



De même, il est intéressant de s'intéresser à la corrélation avec l'activité enzymatique mesurée par BioChem-Env, car ce sont les micro-organismes du sol qui assurent la production d'enzymes. Nous proposons ainsi deux exemples. La beta-glucosidase (graphe 3.5), impliquée dans le cycle du carbone, est significativement corrélée avec un coefficient de détermination R^2 de 0,3 ; l'uréase (graphe 3.6), impliquée dans le cycle de l'azote, présente une corrélation encore plus significative avec $R^2 = 0,57$. Nous avons d'ailleurs vu précédemment que la corrélation était meilleure entre biomasse et azote (graphe 3.2) qu'entre biomasse et carbone organique (graphe 3.1).



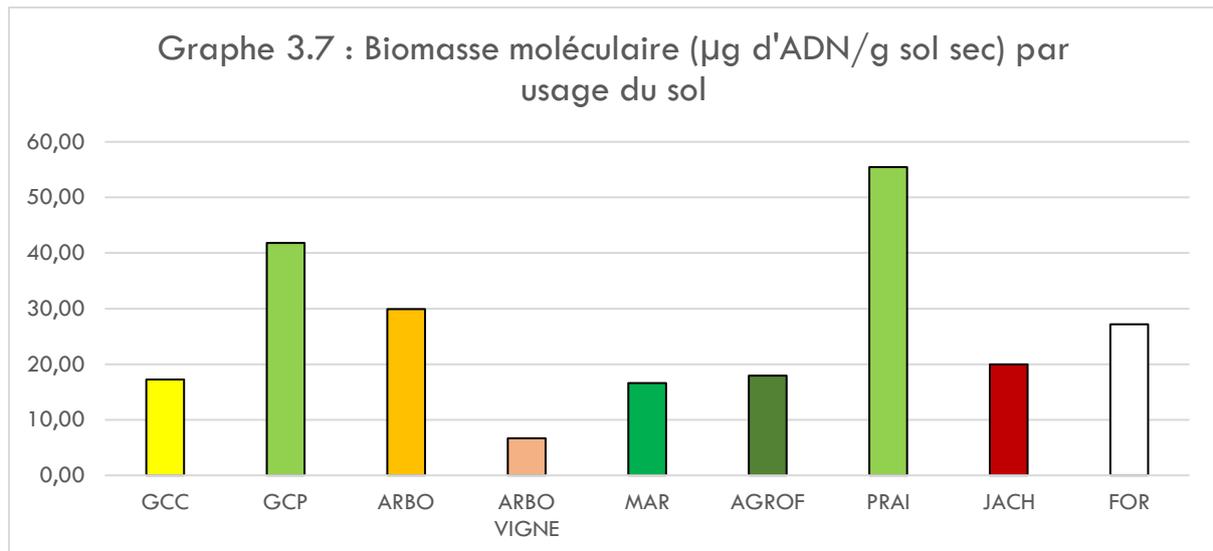


A présent, nous allons nous intéresser à la biomasse moléculaire selon l'usage du sol. La distribution des parcelles est légèrement différente, car on distingue ici la GCP (grande culture prairie), contenant P01 et P13 des prairies ; de plus, la vigne a été d'emblée isolée des autres arboricultures.

Type	Biomasse moléculaire (µg d'ADN/g sol sec)	Nombres parcelles
GCC	17,25	5
GCP	41,81	2
ARBO	29,91	6
ARBO VIGNE	6,67	1
MAR	16,61	3
AGROF	17,95	2
PRAI	55,45	3
JACH	19,97	1
FOR	27,18	4

Tableau 3.1 : Biomasse par usage du sol

Les quantités d'ADN les plus hautes par gramme de sol sec sont atteintes par les prairies (55,5µgADN/g) et les grandes cultures prairies (41,8 µgADN/g). Les arboricultures et les forêts sont relativement proches, autour de 28µgADN/g. Les grandes cultures céréales, maraichage, agroforesterie et jachère sont situés entre 15 et 20µgADN/g. La quantité la plus faible est atteinte pour la vigne avec seulement 6,7µgADN/g. Cela suit donc relativement bien les tendances déjà observées pour le carbone et l'activité enzymatique (comme observé via les graphes précédents).



Conclusion sur la biomasse moléculaire :

L'analyse de la biomasse montre que les tendances déjà observées dans le cas du carbone organique et des activités enzymatiques se confirment (corrélations à l'appui). Une petite différence est cependant à noter sur la jachère, qui présente un résultat meilleur qu'avec les autres indicateurs. Ainsi, les prairies/GCP ont les biomasses les plus importantes, suivies des arboricultures (hors vignes) et des forêts, puis de la jachère, des GCC, des agroforesteries et maraîchage, la vigne montrant la plus faible quantité de biomasse parmi les différents usages.

D/ Les analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire Teyssier, aux profondeurs 0-30cm et 30-50cm (comme le carbone organique).

Les résultats complets sont présents en annexe dans les tableaux Granulométrie 1 et 2 (p.77-78), Analyses physico-chimiques 1 et 2 (p.79-80), Données agronomiques 1 et 2 (p. 81-82).

1. Selon l'usage

Granulométrie

Intéressons-nous tout d'abord à la physique du sol via sa granulométrie (classification par taille des grains) en surface (là où se produit la vie du sol).

Type de sol	Argile <=0,002mm (%)	Limons fins]0,002 à 0,02mm] (%)	Limons grossiers]0,02 à 0,05mm] (%)	Sables fins]0,05 à 0,2mm] (%)	Sables grossiers]0,2 à 2 mm] (%)	Refus à 2mm (%)	Cailloux (%)
GCC	16,4	21,8	15,2	12,6	34,1	1	4
ARBO	15,4	21,9	7,8	14,5	40,4	3	4
ARBO vigne	8,5	14,7	11,0	9,4	56,5	3	1
MAR	12,8	17,1	8,4	11,4	50,2	1	1
AGROF	13,3	12,5	13,0	13,4	48,0	0	0
PRAI/GCP	16,1	23,2	15,7	11,5	33,5	2	2
JACH	12,0	12,9	20,6	11,4	43,1	0	0
FOR	11,9	21,6	13,3	15,2	38,0	2	3

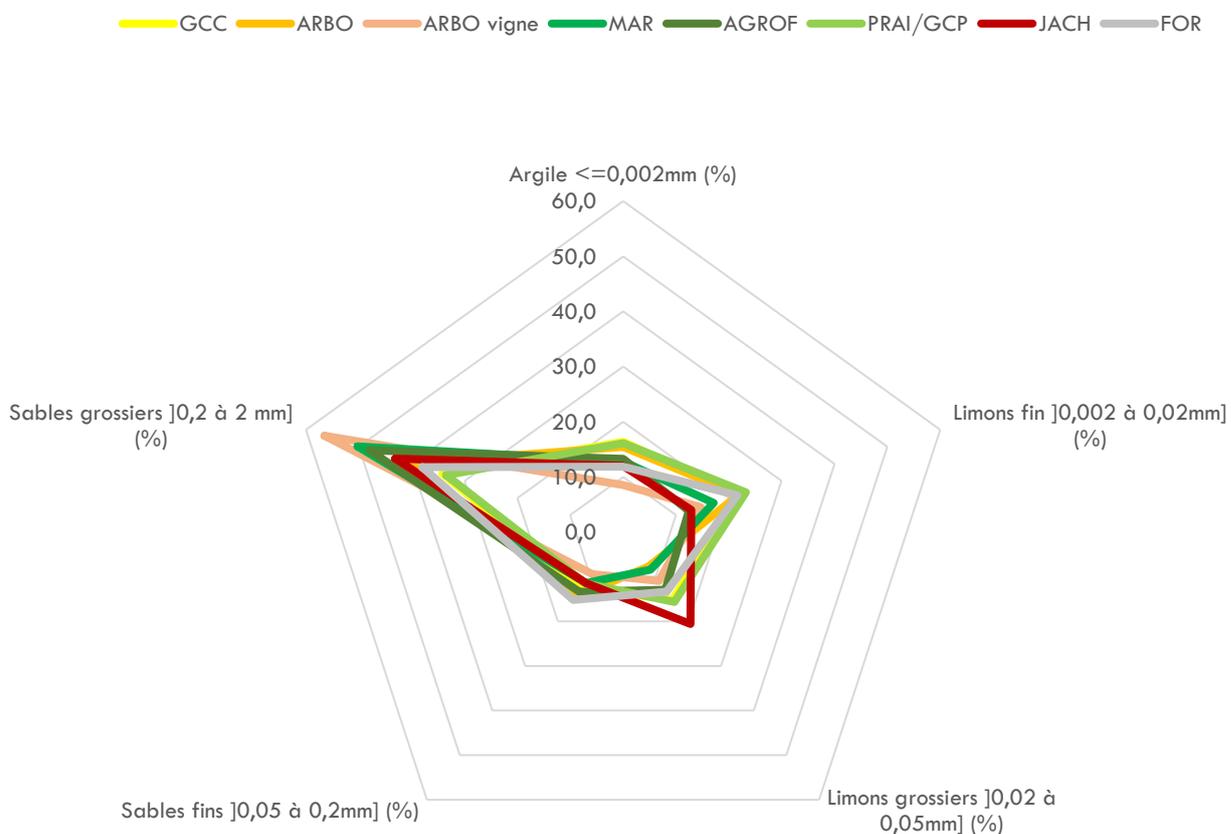
Tableau 4.1 : Granulométrie selon l'usage du sol

Remarque : Le refus correspond à l'ensemble des éléments grossiers n'étant pas passés au travers des grilles du tamis, ici supérieur à 2mm.

Sur le graphique 4.1 indiquant la répartition par taille de grains, on observe que tous les types d'usage des sols présentent une majorité de sables grossiers, supérieur à 50% dans le cas de la vigne (terrain granitique) et du maraîchage (plaine de l'Isère, terrain granitique), tandis que les proportions les plus basses sont atteintes dans le cas des prairies (33,5%) et des grandes cultures de céréales (34,1%), celles-ci étant beaucoup plus représentées et réparties sur le territoire (notamment la plaine de Valence). Les sables fins sont moins présents et moins variables, entre 9 et 15%. Les limons grossiers comptent pour 7,8% (arboriculture) à 20,6% (jachère) de la granulométrie, soit moins que les limons fins qui sont entre 12,5% (agroforesterie) et 23% (prairies). Enfin, les argiles, qui sont un composant essentiel des sols pour former le complexe argilo-humique et stocker ainsi les éléments nutritifs dans les sols, sont peu variables : entre 8,5% (vignes) et un peu plus de 16% (prairies et Grandes Cultures Céréales).

On observe donc que les prairies, qui stockent le plus de carbone, ont l'activité enzymatique la plus forte et présentant la plus grande quantité d'ADN microbien, sont celles qui ont la plus faible concentration en sables grossiers, et la plus forte en limons fins et argiles. Les moyennes des GCC sont également relativement proches de celles des prairies. A l'inverse, la vigne, présentant les plus faibles quantités de carbone, activités enzymatiques et quantité d'ADN microbien, a la plus forte proportion de sables grossiers et la plus faible proportion d'argile (tableau 4.1).

Graphique 4.1 : Répartition des usages selon la taille des grains en surface



pH du sol

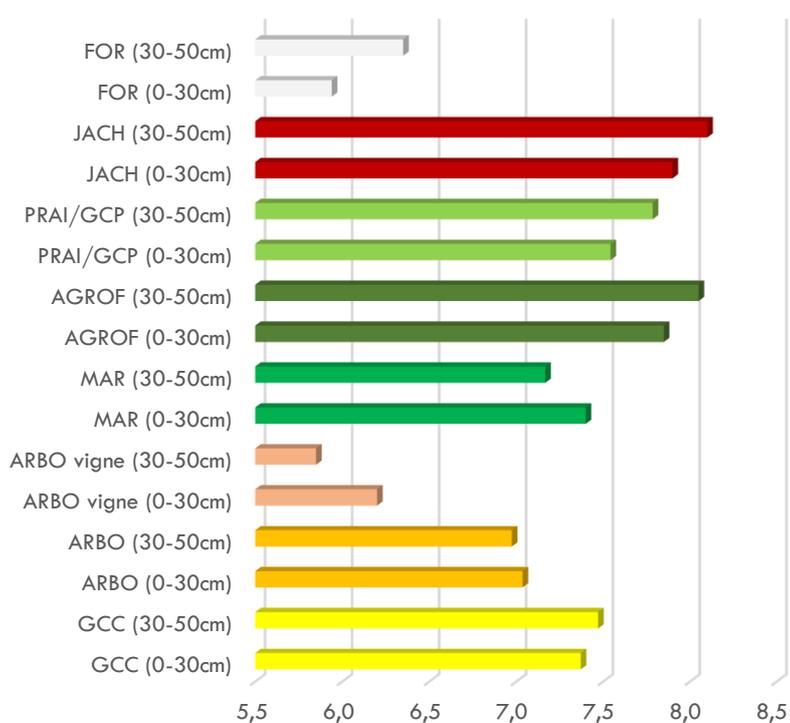
Intéressons-nous à présent au pH, fortement lié à l'usage du sol : en surface, les forêts ont en moyenne le pH le plus acide à 5,9 en surface (elles sont majoritairement situées en Ardèche), suivies par la vigne, également en Ardèche, à 6,2. Ce sont les seules moyennes acides. L'arboriculture arrive à la neutralité, toutes les autres typologies ont des moyennes basiques, le maximum étant atteint pour les agroforesteries et la jachère à 7,9.

On remarque, avec la profondeur, que les terrains ont tendance à s'acidifier quand ils sont déjà acides, et à s'alcaliniser quand ils sont alcalins (basiques), sauf pour 2 exceptions : les zones de maraîchage, qui passent d'un pH moyen de 7,4 en surface (donc alcalin) à 7,2 en profondeur, et les forêts, dont les pH très acides en surface se rapproche de la neutralité en profondeur (il est à noter qu'un échantillon de profondeur sur la parcelle P30, en terrain granitique, n'a pu être prélevée).

Type de sol (0-30cm)	pH Eau	Nombres parcelles
GCC (0-30cm)	7,4	7
GCC (30-50cm)	7,5	7
ARBO (0-30cm)	7,0	6
ARBO (30-50cm)	7,0	6
ARBO vigne (0-30cm)	6,2	1
ARBO vigne (30-50cm)	5,9	1
MAR (0-30cm)	7,4	3
MAR (30-50cm)	7,2	3
AGROF (0-30cm)	7,9	2
AGROF (30-50cm)	8,1	2
PRAI/GCP (0-30cm)	7,5	6
PRAI/GCP (30-50cm)	7,8	6
JACH (0-30cm)	7,9	1
JACH (30-50cm)	8,1	1
FOR (0-30cm)	5,9	5
FOR (30-50cm)	6,4	4

Tableau 4.2 : pH eau par usage

Graphe 4.2 : pH Eau selon l'usage du sol



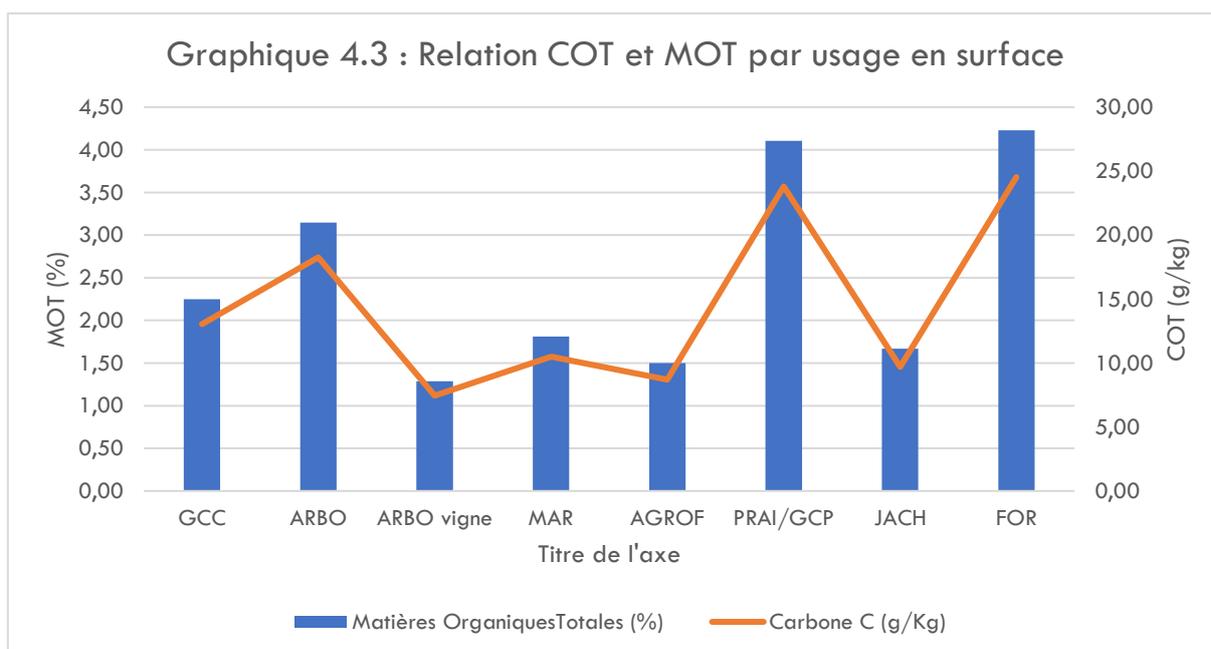
Relations MOT et COT

Il a également été observé dans la partie 'Carbone organique' que la quantité de carbone organique baissait entre la surface et la profondeur. Elle est notamment liée à la 'consommation' de ce carbone, présent dans la matière organique, par les micro-organismes du sol. Dans le graphique 4.3, l'évolution conjointe des deux paramètres est mise en avant.

Le tableau 4.3 montre ainsi un facteur 5,8 entre le taux de matière organique totale (MOT) et la quantité de carbone organique total (COT) par quantité de sol. Les observations rejoignent ainsi celles de la partie 'carbone organique' concernant la matière organique.

Type de sol	Matières Organiques Totales (%)	Carbone C (g/Kg)
GCC (0-30cm)	2,25	13,03
GCC (30-50cm)	1,63	9,46
ARBO (0-30cm)	3,15	18,26
ARBO (30-50cm)	1,97	11,40
ARBO vigne (0-30cm)	1,29	7,5
ARBO vigne (30-50cm)	1,06	6,1
MAR (0-30cm)	1,81	10,50
MAR (30-50cm)	1,18	6,86
AGROF (0-30cm)	1,50	8,70
AGROF (30-50cm)	1,06	6,15
PRAI/GCP (0-30cm)	4,10	23,81
PRAI/GCP (30-50cm)	1,94	11,28
JACH (0-30cm)	1,67	9,69
JACH (30-50cm)	1,15	6,67
FOR (0-30cm)	4,23	24,5
FOR (30-50cm)	2,82	16,3

Tableau 4.3 : MOT et Carbone selon l'usage



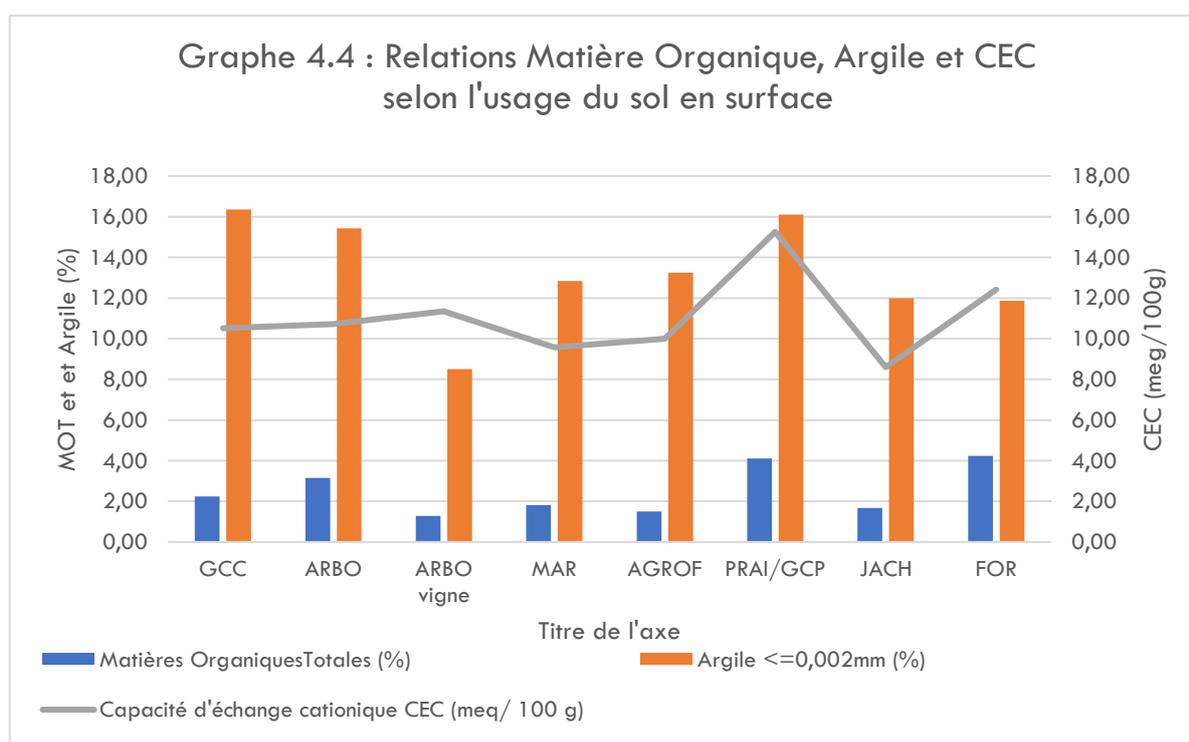
Relations MOT, argile et CEC

Comme évoqué précédemment, le complexe argilo-humique est essentiel dans les sols pour stocker les éléments nutritifs sous forme de cations. Celui-ci dépend de la quantité d'argile et d'humus, donc de la matière organique, et est déterminé par la CEC ou Capacité d'Echange Cationique. Observons les relations entre ces trois paramètres en surface :

Type de sol	Matières Organiques Totales (%)	Argile <=0,002mm (%)	Capacité d'échange cationique CEC (meq/100 g)
GCC	2,25	16,36	10,51
ARBO	3,15	15,44	10,73
ARBO vigne	1,29	8,50	11,35
MAR	1,81	12,83	9,57
AGROF	1,50	13,25	10,00
PRAI/GCP	4,10	16,11	15,26
JACH	1,67	12,00	8,60
FOR	4,23	11,86	12,42

Tableau 4.4 : Relations MOT, Argile et CEC selon l'usage en surface

On observe que, de nouveau, un pic est observé dans les prairies/GCP : elles combinent les plus forts taux de MOT (4,10%) et d'argile (16,11%) avec la CEC la plus élevée (15,26 meq/100g). Les forêts présentent la deuxième CEC la plus forte (12,42 meq/100g) : leur taux de MOT est équivalent à celui des prairies avec 4,23% mais leur taux d'argile bien inférieur avec 11,9%. Les autres usages du sol ont tous un taux de matière organique inférieur à ceux des prairies et forêts, et, bien qu'ils puissent avoir des concentrations d'argile importantes (équivalentes aux prairies), leurs CEC restent inférieures. La jachère possède la CEC la plus faible (8,6meq/100g) pour des taux de MOT et d'argile également faibles. Cependant, les taux de MOT et d'argile les plus bas sont atteints pour la vigne, qui présente cependant une CEC supérieure aux autres moyennes (c'est d'ailleurs la parcelle la plus riche en sables). L'explication devrait être recherchée du côté des pratiques du viticulteur (bio) pour comprendre cette différence.



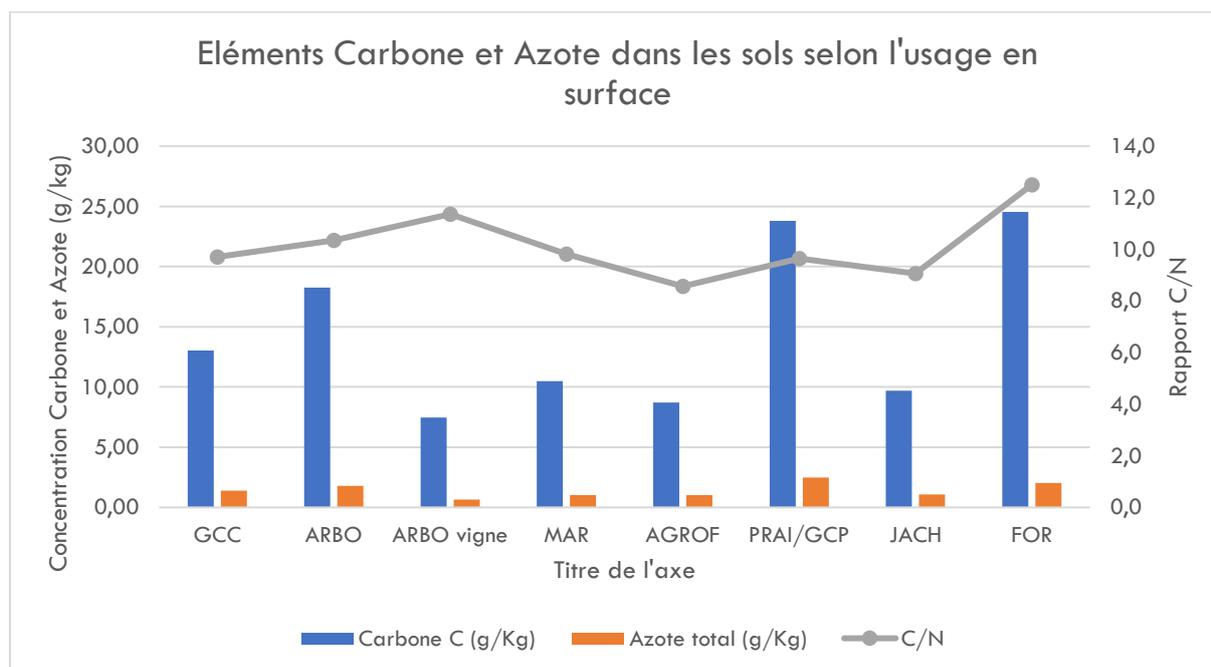
Relations Carbone et Azote

D'autres interdépendances présentent un intérêt pour la compréhension du fonctionnement et la santé du sol : les proportions relatives de carbone organique et d'azote qui, indépendamment de leurs quantités respectives, vont avoir un impact dans le processus de dégradation de la matière organique par les micro-organismes du sol. En effet, si un excès d'azote permet la libération et la mise à disposition de cet élément pour les plantes, un excès de carbone va au contraire ralentir voire empêcher la décomposition de la MOT et mènera au prélèvement d'azote dans la solution du sol. Pour un rapport C/N entre 0 et 10, la vitesse de décomposition de la matière organique augmente pour atteindre sa vitesse maximale à C/N = 10. Entre 10 et 20, la quantité d'azote reste suffisante pour décomposer la matière organique. Enfin, pour C/N > 20, la quantité d'azote est insuffisante pour permettre la décomposition : on rentre en 'faim d'azote'.

Type de sol (0-30cm)	Carbone C (g/Kg)	Azote total (g/Kg)	C/N
GCC	13,03	1,39	9,7
ARBO	18,26	1,79	10,3
ARBO vigne	7,5	0,66	11,4
MAR	10,50	1,03	9,8
AGROF	8,70	1,01	8,6
PRAI/GCP	23,81	2,48	9,6
JACH	9,69	1,07	9,1
FOR	24,5	2,04	12,5

Tableau 4.5 : Relation C et N par usage en surface

On observe ainsi que dans les moyennes des parcelles par type d'usage, le rapport le plus haut est de 12,5 (forêt) : bien en-dessous du risque de 'faim d'azote' (C/N > 20). Aucune parcelle ne souffre donc de manque d'azote. Les usages montrant la vitesse de décomposition la plus rapide (C/N proche de 10) sont les arboricultures (hors vignes), les maraîchages et les GCC.

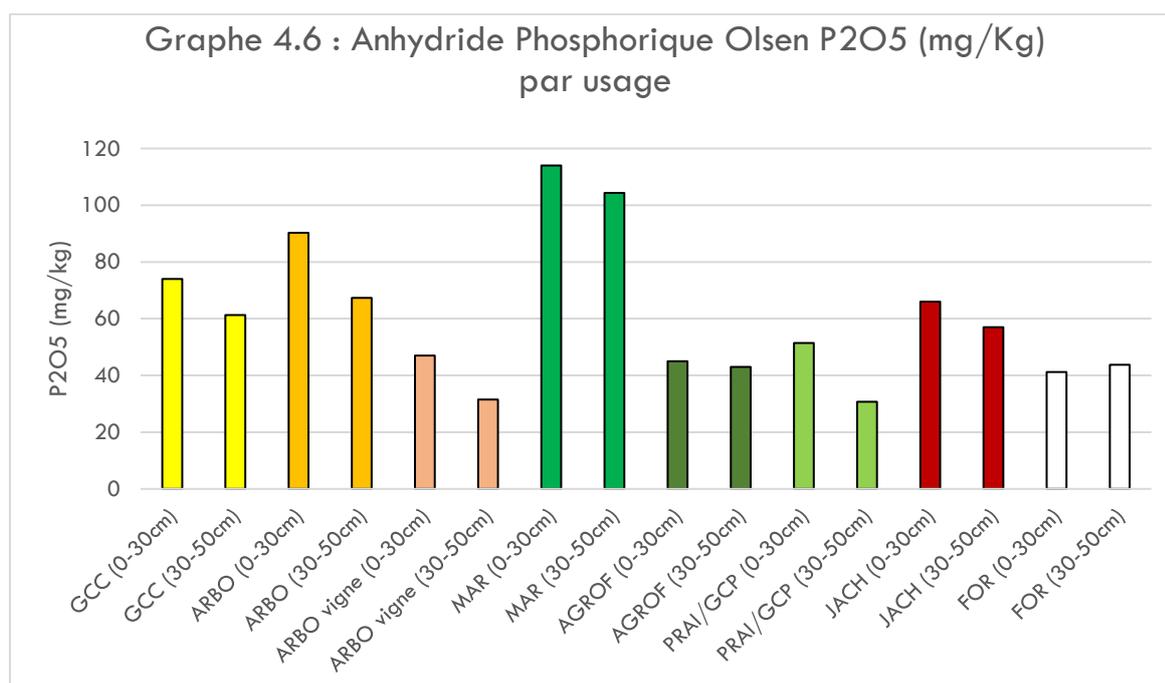


Anhydride phosphorique

Enfin, un dernier élément intéressant est l'anhydride phosphorique P_2O_5 , ou phosphore assimilable par les plantes. Comme observé dans la partie 'activité enzymatique', le phosphore est un élément indispensable pour la vie du sol. Dans le graphe 4.6 ci-dessous, on observe que les moyennes les plus fortes se trouvent dans les parcelles de maraîchage, suivies par les arboricultures (hors vignes), puis les GCC et la jachère. Les moyennes les plus basses sont donc observées dans les vignes, les agroforesteries, les prairies/GCP et les forêts. Cette 'organisation' des résultats n'avait jusque-là pas encore été observée, les prairies présentant généralement les concentrations en éléments les plus fortes. Peut-être cela est-il dû à un enrichissement du sol en phosphore dans les parcelles cultivées ?

Type de sol	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5 (mg/Kg)	Nombres parcelles
GCC (0-30cm)	74	7
GCC (30-50cm)	61	7
ARBO (0-30cm)	90	6
ARBO (30-50cm)	67	6
ARBO vigne (0-30cm)	47	1
ARBO vigne (30-50cm)	32	1
MAR (0-30cm)	114	3
MAR (30-50cm)	104	3
AGROF (0-30cm)	45	2
AGROF (30-50cm)	43	2
PRAI/GCP (0-30cm)	51	6
PRAI/GCP (30-50cm)	31	6
JACH (0-30cm)	66	1
JACH (30-50cm)	57	1
FOR (0-30cm)	41	5
FOR (30-50cm)	44	4

Tableau 4.6 : Anhydride phosphorique par usage du sol



2. Selon la géologie

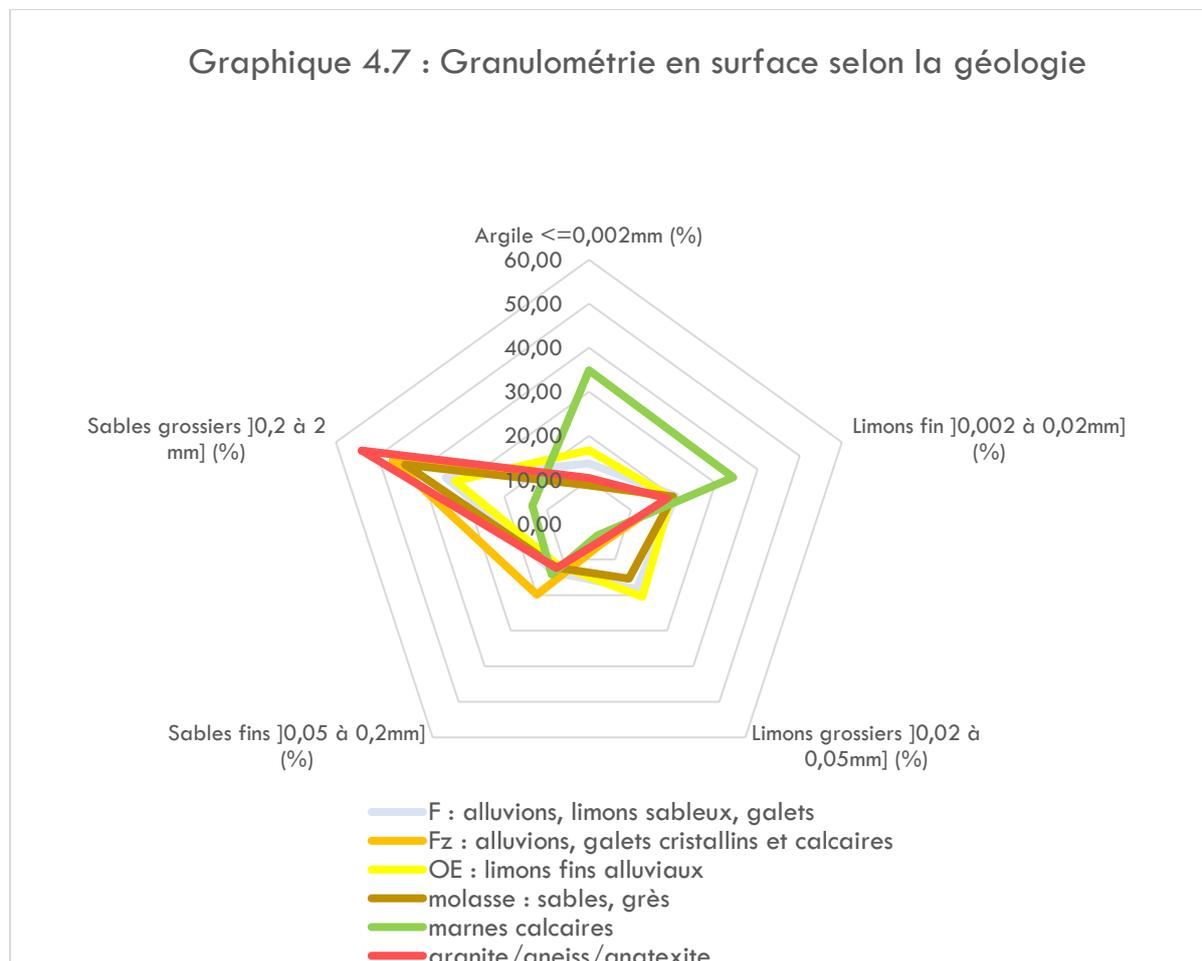
Granulométrie

Regardons à présent ces différents paramètres sous le prisme de la géologie des terrains. Cette observation devrait être d'autant plus pertinente que les caractères physiques d'un terrain sont majoritairement hérités de son histoire géologique. Ainsi, pour la granulométrie, nous pouvons tout d'abord observer une catégorie se distinguant nettement : celles des marnes calcaires, présentant une forte proportion en argiles et limons fins et peu de sables (la granulométrie est donc en adéquation avec la géologie). L'ensemble des autres catégories présentent une majorité (plus ou moins prononcée) en sables grossiers : cela fait sens dans le cas de la molasse et des granites, mais dans le cas des alluvions, des concentrations plus importantes en limons auraient été attendues, notamment pour 'OE : limons fins alluviaux', dont la concentration en sables grossiers est de 32% et en limons fins de 19%.

Géologie (0-30cm)	Argile <=0,002mm (%)	Limons fin]0,002 à 0,02mm] (%)	Limons grossiers]0,02 à 0,05mm] (%)	Sables fins]0,05 à 0,2mm] (%)	Sables grossiers]0,2 à 2 mm] (%)	Refus à 2mm (%)	Cailloux (%)
F : alluvions, limons sableux, galets	13,71	20,59	18,33	13,58	33,83	1,44	3,44
Fz : alluvions, galets cristallins et calcaires	9,70	18,85	5,35	19,90	46,50	2,00	6,50
OE : limons fins alluviaux	16,71	19,47	20,49	11,68	31,68	2,33	0,89
molasse : sables, grès	8,75	20,00	15,40	12,30	43,50	1,00	1,00
marnes calcaires	34,90	34,23	3,23	14,23	13,40	2,00	4,33
granite/gneiss/anatexite	10,43	18,62	4,68	12,42	53,83	1,54	3,00

Tableau 4.7 : Granulométrie par géologie en surface

Graphique 4.7 : Granulométrie en surface selon la géologie



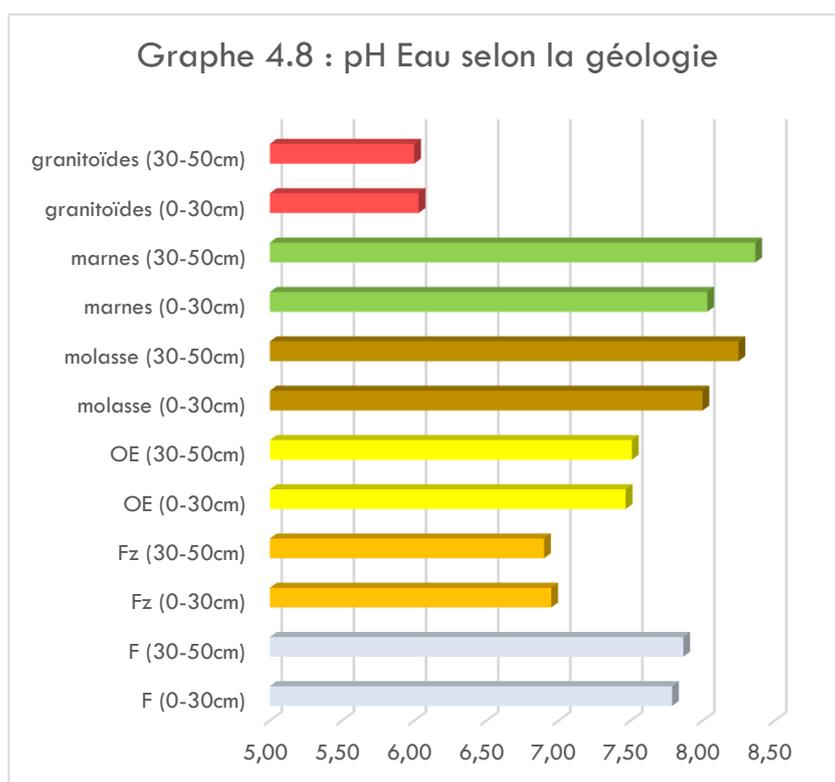
pH du sol

Le pH moyen selon les catégories géologiques semble être significatif car très lié à celles-ci. Ainsi, la moyenne des granitoïdes se trouve avoir un pH très acide (en dessous de 6), et à l'inverse les marnes calcaires indiquent un pH très basique (supérieur à 8). La molasse possède également un pH équivalent aux marnes, ce qui est plus surprenant car les collines molassiques présentent moins de calcaire que les marnes.

Les trois types d'alluvions montrent des pH plus variés. Les alluvions et limons sableux (F) se trouvent dans la plaine alluviale de l'Isère, qui charrie des sédiments venant des Alpes ou dans lesquels des affluents provenant du Vercors et de la Chartreuse (deux massifs très calcaires) se jettent peu avant l'aval de la rivière (la Bourne notamment). Cela explique donc un pH assez basique (autour de 7,8). Les limons fins OE sont situés dans la plaine de Valence, dont les roches sont issues des cônes d'alluvions provenant du Vercors, ceux-ci mélangés à des sables marneux, justifiant un pH toujours basique mais moins prononcé que dans le Vercors ou plus proche de l'Isère. Enfin, l'unique parcelle de Fz (alluvions, galets cristallins) a un pH très légèrement acide : cela s'explique par la proximité au Rhône. En effet, le Rhône charriant également des éléments issus du Massif Central donc acides, le mélange donne un pH proche de la neutralité (6,9).

Géologie (0-30cm)	pH Eau
F (0-30cm)	7,79
F (30-50cm)	7,87
Fz (0-30cm)	6,95
Fz (30-50cm)	6,90
OE (0-30cm)	7,47
OE (30-50cm)	7,51
molasse (0-30cm)	8,00
molasse (30-50cm)	8,25
marnes (0-30cm)	8,03
marnes (30-50cm)	8,37
granitoïdes (0-30cm)	6,03
granitoïdes (30-50cm)	6,00

Tableau 4.8 : pH par géologie

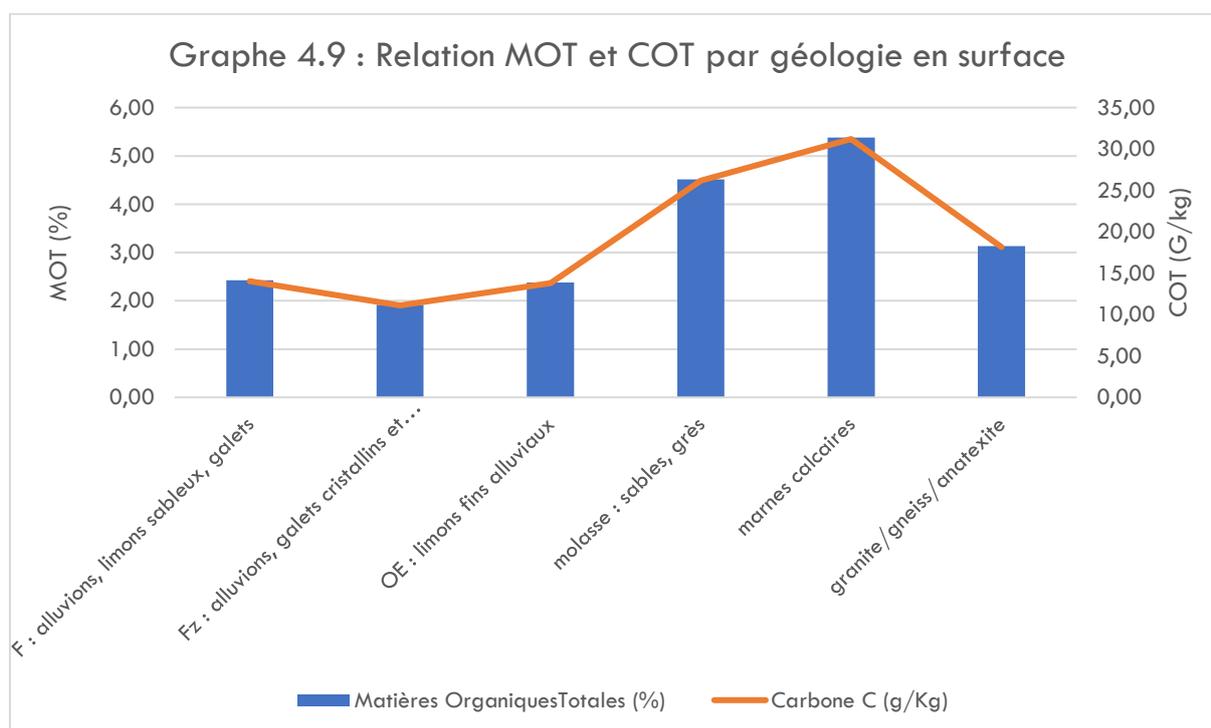


Relations MOT et COT

Les quantités de matière organique et de carbone sont liées (le carbone constituant la matière organique), le rapport entre MOT en % et le COT (en g/kg) étant de 5,8. On retrouve donc les mêmes résultats vus dans la partie carbone organique, avec les moyennes les plus hautes atteintes pour les marnes et les molasses ; une moyenne intermédiaire pour les granitoïdes ; les moyennes plus basses et proches pour les alluvions (graphe 4.9).

Géologie	Matières Organiques Totales (%)	Carbone C (g/Kg)	Nombres parcelles
F (0-30cm)	2,42	14,05	9
F (30-50cm)	1,99	11,57	9
Fz (0-30cm)	1,92	11,11	1
Fz (30-50cm)	1,22	7,05	1
OE (0-30cm)	2,38	13,79	8
OE (30-50cm)	1,88	10,89	8
molasse (0-30cm)	4,52	26,19	1
molasse (30-50cm)	1,88	10,90	1
marnes (0-30cm)	5,38	31,21	2
marnes (30-50cm)	2,26	13,13	2
granitoïdes (0-30cm)	3,13	18,17	10
granitoïdes (30-50cm)	1,59	9,23	9

Tableau 4.9 : Relations MOT et COT par géologie

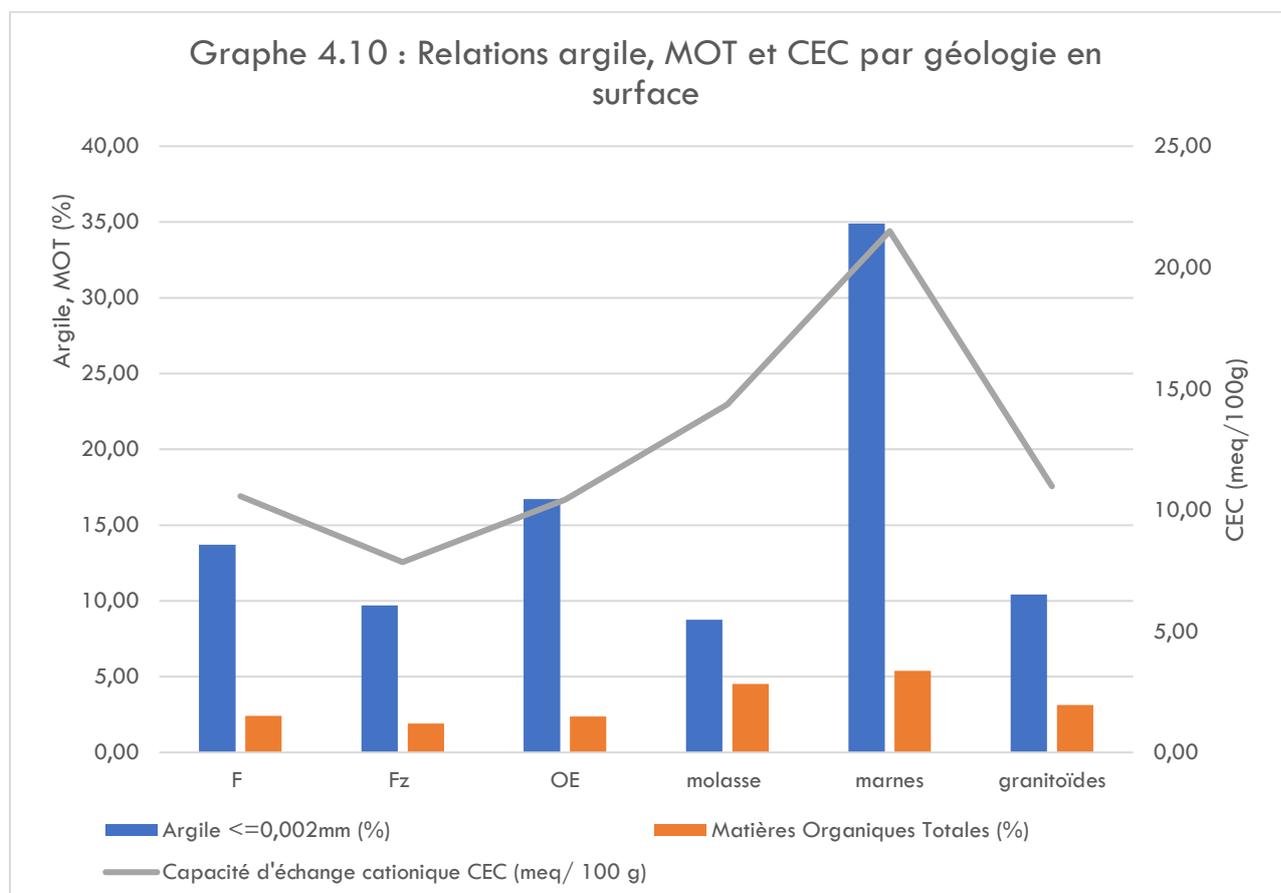


Relations argile, MOT et CEC

Intéressons-nous aux relations entre argile, matière organique et CEC sous le prisme de la géologie. Les marnes présentent de nouveau les plus hautes concentrations à la fois en argiles et en matière organique, justifiant également la CEC la plus élevée (21,5meq/100g). La deuxième plus forte CEC est celle des molasses ; or, celles-ci présentent la proportion d'argile la plus faible, pour une très forte concentration en matière organique. La quantité de MOT semble donc être un facteur plus déterminant que la quantité d'argile pour retenir les éléments nutritifs. Les granitoïdes, F et OE ont tous une CEC du même ordre (entre 10 et 11meq/100g) avec des proportions d'argile et de MOT qui semblent s'harmoniser. Fz présente les taux d'argile et de MOT les plus bas ainsi que la CEC la plus faible.

Géologie (0-30cm)	Argile <=0,002mm (%)	Matières Organiques Totales (%)	Capacité d'échange cationique CEC (meq/ 100 g)
F	13,71	2,42	10,57
Fz	9,70	1,92	7,85
OE	16,71	2,38	10,42
molasse	8,75	4,52	14,35
marnes	34,90	5,38	21,50
granitoïdes	10,43	3,13	10,98

Tableau 4.10 : Relations Argile, MOT et CEC par géologie en surface

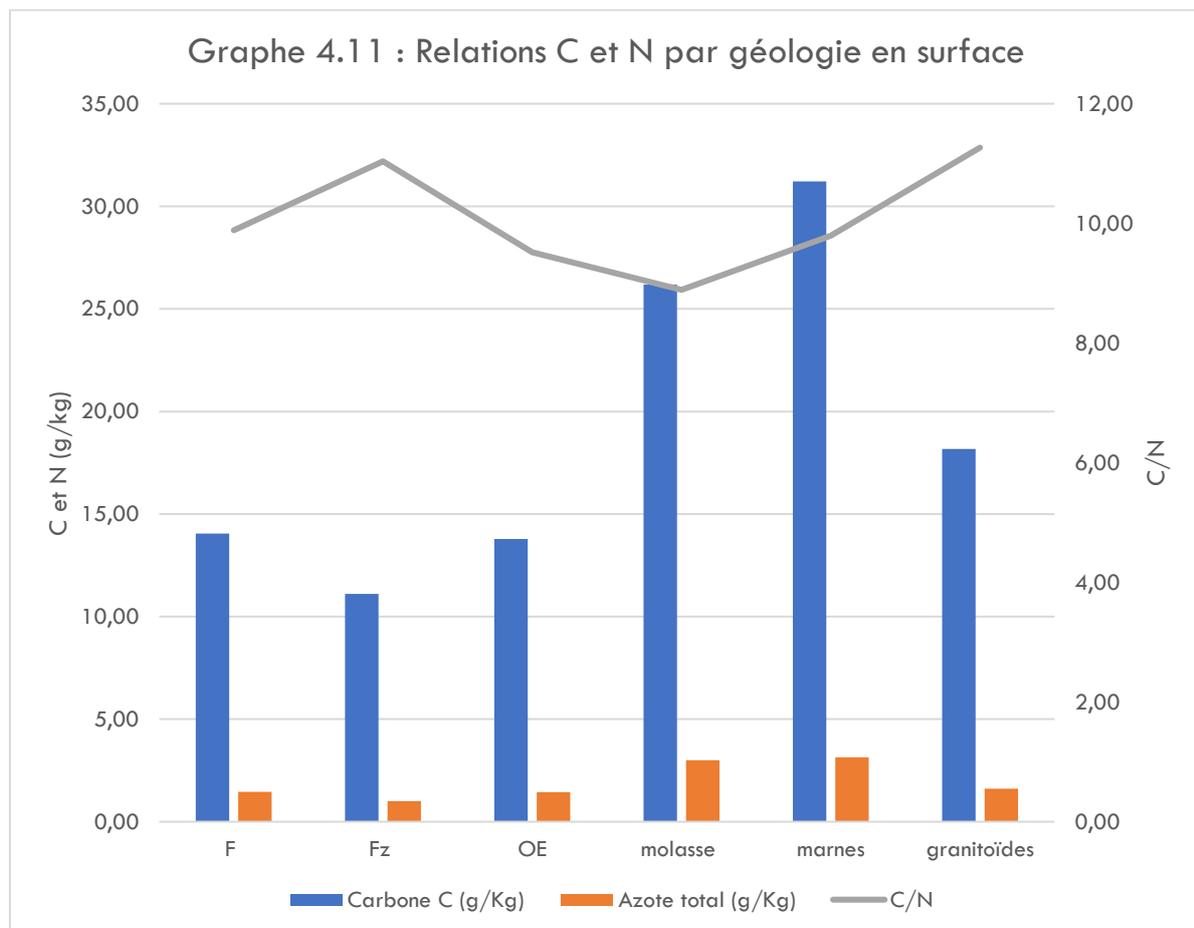


Relations Carbone et Azote

Comme vu dans la partie usage du sol, il est intéressant de regarder les proportions de carbone et d'azote via le rapport C/N pour estimer la vitesse de dégradation de la matière organique : la vitesse de dégradation est maximale pour C/N = 10, au-dessus de 20 le sol est en 'faim d'azote' et les micro-organismes ne trouvent pas assez d'azote pour dégrader la MOT. Ici, les rapports C/N moyens sont entre 8,9 et 11,3, indiquant que la quantité d'azote par rapport à celle de carbone est largement suffisante pour dégrader la matière. On remarque cependant sur le graphe 4.11 de grosses disparités en terme de quantité de ces matières, déjà abordé précédemment.

Géologie (0-30cm)	Carbone C (g/Kg)	Azote total (mg/Kg)	C/N
F	14,05	1457,56	9,88
Fz	11,11	1005,50	11,04
OE	13,79	1440,44	9,52
molasse	26,19	2999,00	8,89
marnes	31,21	3137,67	9,79
granitoïdes	18,17	1614,77	11,27

Tableau 4.11 : Relations C et N par géologie en surface

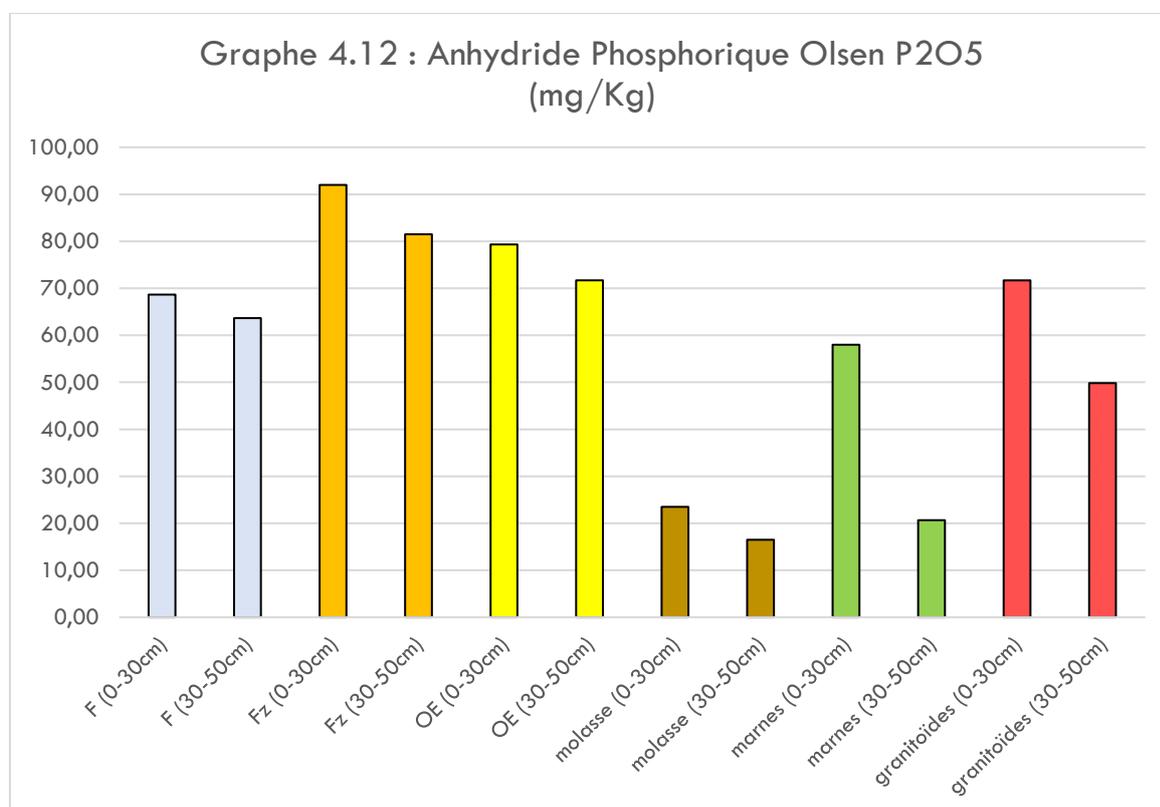


Anhydride Phosphorique

L'anhydride phosphorique ou phosphore assimilable donne des résultats décalés par rapport à ce qui a été observé jusque-là : ce sont souvent les marnes et les molasses qui présentent les concentrations en éléments et les activités les plus fortes. Ici, ce sont les alluvions, et notamment Fz (les plus acides) qui possèdent les plus fortes quantités de phosphore avec plus de 90mg/kg en surface. Les granitoïdes suivent les alluvions, les marnes et surtout les molasses présentant les plus faibles concentrations. Comme les alluvions sont particulièrement utilisés pour l'agriculture, on peut émettre l'idée qu'elles ont été enrichies par des engrais.

Géologie	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5 (mg/Kg)	Nombres parcelles
F (0-30cm)	68,67	9
F (30-50cm)	63,67	9
Fz (0-30cm)	92,00	1
Fz (30-50cm)	81,50	1
OE (0-30cm)	79,33	8
OE (30-50cm)	71,70	8
molasse (0-30cm)	23,50	1
molasse (30-50cm)	16,50	1
marnes (0-30cm)	58,00	2
marnes (30-50cm)	20,67	2
granitoïdes (0-30cm)	71,69	10
granitoïdes (30-50cm)	49,83	9

Tableau 4.12 : Anhydride Phosphorique par géologie



Conclusion sur la physico-chimie

L'étude des paramètres physico-chimiques met bien en valeur la différence entre l'impact respectif de l'usage du sol et de la géologie.

Rapportées à l'usage du sol, les parcelles présentent toutes une majorité de sables grossiers, avec un pH proche ou supérieur à 7,0 - hormis les forêts et la vigne qui sont en terrain acide. Concernant les données chimiques, on retrouve globalement la hiérarchie observée dans les parties précédentes (carbone organique, activité enzymatique, biomasse) avec, du plus fort au plus faible : PRAI/GCP-FOR – ARBO – GCC – MAR/AGROF/JACH – vignes. On notera cependant que la vigne présente une forte valeur de CEC malgré des taux de matière organique et d'argile plutôt bas. Les valeurs de C/N sont toutes proches de 10, indiquant une vitesse de décomposition de la matière organique optimale. Enfin, pour les quantités de phosphore assimilable, les rapports sont très différents selon les usages, le maraîchage présentant des quantités très fortes de phosphore, à l'inverse des prairies/GCP et des forêts.

La géologie permet une meilleure représentativité de la granulométrie : si la plupart des terrains présente une majorité de sables grossiers, les granitoïdes notamment, les marnes présentent essentiellement argiles et limons fins. Tous les terrains sont basiques, à l'exception des granitoïdes, très acides, et des alluvions du sud du territoire (probablement contaminés par les granitoïdes). La hiérarchie souvent rencontrée (MOT, carbone organique, CEC) est la suivante : marnes – molasses – granitoïdes – alluvions (OE/F – Fz). De nouveau, cet ordre n'est pas respecté pour le rapport C/N, pour lequel toutes les catégories sont proches de 10. Enfin, le rapport est inversé dans le cas du phosphore assimilable, très important dans les diverses alluvions, très faible pour la molasse.

E/ Analyse détaillée par occupation du sol

L'occupation des sols (qui prend en compte à la fois la couverture et l'usage du sol) avait été notifié comme l'un des facteurs clé dans le choix des parcelles à sélectionner et analyser dès la mise en place de l'Observatoire ROVALTERRA™.

1. Grande Culture Céréale (P02 ; P04 ; P09 ; P11 ; P18 ; P19 ; P36)

Ces cultures se trouvent majoritairement sur le terrain de Valence Romans Agglo (6 parcelles sur les 7), en zone calcaire, ce qui explique un pH est légèrement alcalin à très alcalin (supérieur à 6,7). 4 terrains sont légèrement (>15%) à très (>20%) argileux, et 4 possèdent une concentration en sables grossiers >35% (>50% pour la parcelle P36 en Ardèche). La quantité de carbone organique évolue entre 8 et 18 g/kg en surface, 3 terrains sont au-dessous de 10gC/kg (P09, P19, P18) et les 4 autres sont supérieures à 13 gC/kg (P02, P11, P04, P36). Ces dernières ont également une proportion de carbone actif supérieure à 50% en surface, tandis que les trois autres ont une majorité de carbone stable en surface. Les activités enzymatiques font écho aux résultats du carbone organique, avec des activités particulièrement fortes pour P02 et P04 et très faibles pour P18. Les taux de matière organique totale, calculés à partir de la concentration en carbone, sont très variables, allant du très faible (<1,5%) au légèrement élevé (2,88%). Les résultats les plus faibles proviennent de la carrière en reconversion (la matière organique est en cours de reconstitution) et de la parcelle non bio de la plaine de l'Isère. Les capacités d'échange cationique (CEC), qui dépendent notamment de la concentration en argile et en matière organique (formant le complexe argilo-humique) ont des valeurs plus homogènes, allant de 6,5 (légèrement faible) à 13,9 (normal), ce qui indique que ces sols ont une habilité tout à fait correcte à retenir les éléments nutritifs du sol (qui se situent entre 10 et 20, mais dépendent du pH). Les résultats de la biomasse sont compris entre 13 et 16µgADN/g, ce qui est peu élevé, sauf pour la P11 (sans labour) qui atteint 27,5µgADN/g (la P04 n'a cependant pas été échantillonnée).

Il n'y a pas de conclusion certaine quant à la corrélation entre taux de carbone et cultures céréalières puisque les résultats obtenus sont très disparates : P02, P04, P11 et P36 présentent un stockage de carbone et notamment de carbone actif important ainsi qu'une activité enzymatique plus forte, en opposition aux parcelles P09, P18 et P19. Il ne semble pas y avoir de corrélation directe non plus avec la granulométrie ou le pH.

On remarque que la parcelle qui enregistre le plus d'indicateurs avantageux est P11, soit celle sans labour. Des prélèvements sur des parcelles aux pratiques similaires seraient intéressantes à effectuer, afin de pouvoir conclure si l'absence de labour constitue bien une pratique favorable à la santé des sols. A l'inverse, les résultats indiquant le sol le plus pauvre (en matière organique et avec la quantité d'enzymes la plus faible) proviennent de la carrière en reconversion.

2. Grande Culture Prairie (P01 ; P13)

Il n'existe que deux parcelles de grande culture prairie, dont une qui n'est plus cultivée, dont l'ancien système drain-culture en terrasse est toujours visible dans le paysage. La granulométrie se compose majoritairement de sables grossiers à pH très alcalin (>7,9). La quantité en matière organique est normale à élevée, et étrangement sur P01 on retrouve une quantité de MOT (Matière Organique Totale) plus forte sur la profondeur 30-50cm que sur 0-30cm (alors que le taux de MOT est un gradient descendant : les apports se font toujours par la surface et le mélange vers la profondeur est très lent). Malgré des concentrations peu importantes en argiles, les CEC présentent des valeurs 'normales' (fonctionnement bon pour un type de sol donné), sûrement en raison des taux en MOT. Les concentrations en anhydride phosphorique sont majoritairement très faibles (<50mg/kg). Les concentrations en enzymes sont globalement bonnes voire importantes, hormis l'arylsulfatase très faible pour P01. L'uréase et l'arylamidase, qui sont des enzymes clés dans le cycle de l'azote, viennent appuyer les bons résultats retrouvés pour la quantité d'azote et le rapport C/N. La biomasse moléculaire est très élevée, autour de 42 µgADN/g. Les quantités de carbone organique sont fortes, entre 18 et 30 gC/kg en surface, et les proportions de carbone actif particulièrement élevées, autour de 66-67% pour P13.

Ainsi, les deux GCP présentent un profil relativement similaire, (granulométrie proche, terrain basique, etc.) et présentent des conditions favorables à la vie du sol, à l'activité des enzymes et au stockage de carbone.

3. PRAIRIE (P23 ; P24 ; P27 ; P35)

La catégorie 'prairie' a montré les moyennes de résultats d'indicateurs les plus élevés dans les parties précédentes. On y observe pour toutes un fort gradient de MOT vertical, pouvant aller de concentrations très élevées dans la couche 0-30cm à des concentrations très faibles dans la couche 30-50cm. L'une des explications possibles de l'origine de ce gradient décroissant est le non-travail vertical du sol. Les valeurs de CEC vont ainsi osciller autour de la moyenne, excepté P27 qui présente également un très fort taux d'argile (~40%) aboutissant à une très forte CEC en surface.

Sur les autres indicateurs, on peut diviser les prairies en deux catégories : P35 et P27 d'une part, P23 et P24 d'autre part. P27 et P35 ont les biomasses les plus fortes, respectivement 79 et 62 µgADN/g. Ces deux parcelles présentent les activités enzymatiques les plus fortes, (notamment les plus fortes pour l'arylsulfatase, l'uréase et l'arylamidase pour 27, et de phosphatase pour P35) ; P27 atteint également la plus forte quantité de carbone organique de l'ensemble des parcelles avec 41gC/kg, P27 est à 25gC/kg, avec 56% de carbone actif. Ces deux parcelles rassemblent les plus hautes valeurs mesurées. Les parcelles P23 et P24 présentent quant à elles des valeurs 'bonnes' mais non extrêmes sur ces indicateurs, autour de 14 gC/kg pour le carbone organique (le carbone actif variant entre 49 et 64%), une biomasse de 25 µgADN/g pour P23 et des activités enzymatiques moyennes à bonnes.

Ainsi, si la catégorie 'prairie' possède les moyennes les plus hautes parmi les différents indicateurs, on trouve une disparité dans les valeurs, de moyennes/bonnes à très hautes.

4. MARAÎCHAGE (P08 ; P12 ; P32)

Les 3 parcelles de maraîchage sont toutes majoritairement sableuses. Les deux se trouvant dans la plaine de l'Isère ont des taux de MOT très faibles (<1,5%), expliquant par-là la faible CEC également. La parcelle AB située en Ardèche présente en revanche un taux moyen de MOT sur la couche 0-30cm, qui résulte en une valeur de CEC normale. Comparativement aux autres types d'occupation du sol, les résultats obtenus sur les parcelles maraîchères se distinguent par des quantités de phosphore assimilable très contrastées, avec une valeur très faible (Drôme, plein champ), une valeur très élevée (Drôme, sous serre) et une valeur moyenne (Ardèche, AB).

On peut se demander si l'origine de ces fortes variations peut se trouver dans les différents types de traitement agricole, cette forte valeur pouvant être liée, par exemple, à un apport récent d'engrais. Les quantités de carbone organique de P08 et P12 sont faibles, autour de 7 gC/kg et avec moins de 40% de carbone actif en surface. La parcelle P32 présente en surface le double de carbone organique avec 16,6 gC/kg dont 54% de carbone actif. Cette dualité entre P08 et P12 d'un côté, P32 de l'autre est de nouveau marquée avec l'importance de la biomasse moléculaire, autour de 9-10 µgADn/g pour les premiers, 30 µgADn/g pour l'autre. Concernant les enzymes, les parcelles de maraîchage se distinguent également par des activités enzymatiques parmi les plus basses, particulièrement la parcelle sous serre.

Les résultats sont faibles à moyens pour les parcelles de maraîchage en termes de biomasse, d'activité enzymatique et de biomasse microbienne, bien qu'on observe une différence selon la géographie de chacune. Ces parcelles auraient mérité d'être plus nombreuses pour avoir une meilleure représentativité.

5. JACHÈRE (P14)

Cette parcelle, unique dans sa catégorie, ne peut pas servir de référence puisqu'il n'existe pas d'autres exemples. On notera les faibles taux de MOT et d'anhydride phosphorique. La quantité de carbone organique est inférieure à 10 gC/kg, avec 42% de carbone actif, montrant une quantité très faible de carbone actif assimilable pour les micro-organismes du sol. Les quantités d'enzymes sont également basses, particulièrement l'arylsulfatase (cycle du soufre) avec 0,16 mU malgré une quantité d'azote total normale (>1000mg/kg). La beta-glucosidase, chaînon dans le cycle du carbone, est aussi très basse avec seulement 3,5 mU. Seuls les résultats de la biomasse moléculaire apparaissent plus élevés que les autres, avec 20 µgADN/g.

Un parallèle pourra être fait avec la parcelle voisine P09 (en GCC) qui présentait aussi des taux de MOT et d'anhydride phosphorique bas et une faible présence d'enzymes.

6. ARBORICULTURE (P06 ; P07 ; P15 ; P17 ; P20 ; P28 ; P34)

C'est l'une des catégories les plus représentées avec 7 parcelles analysées, chacune comptant des prélèvements dans le rang et l'interrang. 3 sont cultivées selon les préceptes de l'agriculture biologique et 4 sont des cultures traditionnelles. On trouve 2 parcelles de pêchers, 1 d'abricotiers, 1 de cerisiers, 1 de noyers, 1 de châtaigniers et 1 parcelle de vignes. Les résultats présentent une grande diversité.

On notera dans un premier temps le cas de la vigne (P20). Connue pour être une culture très dégradante pour les sols (étude ADEME, 2019), celle-ci, bien que AB, ne déroge pas à la règle. Les concentrations en MOT sont les plus faibles (<1,45%), tout comme l'anhydride phosphorique, qui en général est meilleur en arboriculture que dans les sols accueillant d'autres cultures. La concentration en azote est élevée par rapport à la quantité de carbone. Les quantités d'enzymes sont aussi parmi les plus basses avec le maraîchage et la jachère, probablement en raison de l'absence de couvert végétal entre les pieds de vigne (à l'instar des rangs de plantations dans les parcelles de maraîchage). Les quantités de carbone organique sont les plus basses de l'ensemble des parcelles mesurées particulièrement dans l'interrang, avec 6,5 gC/kg et 40% de carbone actif (dans les autres arboricultures, les interrangs sont plus riches en carbone que les rangs). Ce sont aussi les valeurs minimales retrouvées dans le cas de la biomasse (seules valeurs inférieures à 10 µgADN/g).

Sur les autres parcelles arboricoles, on observe qu'une distinction se fait entre les parcelles où les sables sont majoritaires et celles où ce sont les argiles. Plus la proportion d'argile est forte, plus l'activité enzymatique est importante. La parcelle de noyers, dont la part d'argile s'approche des 30%, possède le plus d'enzymes, particulièrement d'arylamidase (fonction dans le cycle de l'azote) qui atteint la deuxième valeur la plus haute avec 43,5 mU. Presque toutes les parcelles présentent des valeurs moyennes à très élevées dans la couche superficielle qui baissent rapidement en profondeur, dans la couche 30-50cm, à l'instar des parcelles de prairies. Les rapports C/N indiquent une décomposition de la matière organique à l'équilibre (entre 8 et 12). Il est à noter

que ce sont les parcelles d'arboriculture qui présentent des quantités de phosphore assimilables en moyenne plus proches de l'équilibre par rapport à l'ensemble des parcelles ROVALTERRA™. Aucune corrélation entre le pH et un autre paramètre n'est visible. Hormis la parcelle de noyers, les CEC sont légèrement faibles, sauf dans les parcelles où la concentration en matière organique et le rapport C/N sont à la hausse.

Les quantités de carbone organique retrouvées dans ces parcelles sont variables. Certaines parcelles ont des quantités plus fortes sur le rang (P07, P28), d'autres sur l'interrang (P17, P15, P34) ; certaines ont peu de différence entre rang et interrang (P07, P15) d'autres des écarts importants (P34, passant de 10 à 29 gC/kg). Globalement, les quantités de carbone organique de la plus élevée à la plus faible sont P17 – P07 – P34 – P06 – P15 – P28, allant ainsi de 29,7 gC/kg à 9,7 gC/kg, donc des résultats très variés. Cette chronologie se retrouve également dans le cas de la biomasse microbienne, pour laquelle les extrêmes sont cependant atteints dans la même parcelle de cerisiers : 12 µgADN/g dans le rang et 51 µgADN/g dans l'interrang.

Les parcelles d'arboriculture présentent donc des résultats variés car elles sont elles-mêmes situées sur des substrats variés, et les variations des paramètres entre rang et interrang peuvent être plus ou moins marquées. Les résultats semblent cependant être relativement élevés globalement et favorables à la vie du sol, hormis le cas de la vigne dont les résultats observés sont parmi les plus bas de l'ensemble du panel de données de l'observatoire.

7. AGROForesterie (P10 ; P16)

Dans les deux parcelles d'agroforesterie, les concentrations en matière organique et en anhydride phosphorique (phosphore assimilable) sont faibles à très faibles, et il en est de même pour les quantités d'enzymes (particulièrement en arylsulfatase). De même, les quantités de carbone organique sont inférieures à 10 gC/kg, ce qui est très peu, et le taux de carbone actif est par ailleurs d'environ 35%, indiquant des quantités finales de carbone actif très basses. La biomasse moléculaire donne cependant des résultats plus encourageants, autour de 18 µgADN/g.

L'agroforesterie se veut respectueuse voir régénératrice des sols, ce qui ne semble pas en concordance avec les observations. On peut cependant penser que ces résultats peuvent être liés à la qualité physico-chimique du terrain (beaucoup de sables grossiers notamment), et aux pratiques passées du terrain. On peut le voir par la biomasse microbienne assez présente, qui est en train de se développer suite à la mise en place relativement récente de ces systèmes agroforesterie venant probablement remplacer des cultures plus traditionnelles. Par exemple, la parcelle P10 n'est un système d'agroforesterie que depuis 2018 (Projet Z de l'INRAe Gothon).

8. FORêt (P03 ; P22 ; P30 ; P31 ; P37)

Sur les 5 parcelles de forêts échantillonnées, deux sont situées sur des terrains basiques et les trois autres sur des terrains acides.

Ainsi, les deux premières forêts P03 et P22 sont respectivement une forêt de parc urbain et une ripisylve, c'est-à-dire une forêt alluviale (présente une végétation typiquement aquatique, typiquement adaptée à un milieu périodiquement ou continuellement humide pouvant être envahi par les crues). Leurs sols sont majoritairement limoneux. Leurs taux de matière organique et d'azote sont assez élevés. Leurs quantités de matière organique sont relativement importantes (27 et 21 gC/kg) avec une majorité de carbone actif en surface (66% et 57%), ce qui indique une bonne source d'énergie pour le sol. On retrouve également des fortes quantités d'enzymes, plus particulièrement la beta-glucosidase (qui prend part à la décomposition des composés carbonés cellulotiques). Seule P22 a été analysée pour sa quantité de biomasse microbienne, donnant une moyenne (élevée) de 44 µgADN/g.

Les trois autres forêts se situent à proximité les unes des autres, dans le substrat granitique ardéchois, dans des sols très acides (<5,0) composés majoritairement de sables grossiers (>52,1%). La quantité d'azote par rapport

au carbone est extrêmement importante par rapport au reste des parcelles (C/N varie entre 11,1 et 14,4), indiquant une décomposition plus lente de la matière organique. On retrouve d'ailleurs une concentration en matière organique bonne à élevée (3,21 à 4,96%) sur les 30 premiers centimètres, qui tend à diminuer rapidement ensuite sur la couche 30-50cm. La CEC tient malgré tout des valeurs moyennes, comprises entre 10 et 13 meq/100g, la forte concentration en MOT étant compensée par la faible proportion d'argile. Les quantités d'anhydride phosphorique sont très faibles (14 à 22 mg/kg). Les quantités de carbone organique, sont proches entre la parcelle de sapins et celle de feuillus et résineux, autour de 27 gC/kg avec 69 et 66 % de carbone actif, mais plus bas pour la chênaie avec 18 gC/kg et 61% de carbone actif. Quant à la quantité d'enzymes présentes, elles sont particulièrement faibles en beta-glucosidase et en arylamidase. La forêt de sapins présente également des quantités très basses d'arylsulfatase et d'uréase, et une quantité de phosphatase moins importante (22,44 mU) que les autres parcelles forestières (31 à 37 mU). Cela se retrouve dans les résultats de biomasse moléculaire, qui atteint seulement 11 µgADN/g dans les sapins contre 26 et 27 µgADN/g dans les chênes et le mélange feuillus/résineux.

Les forêts présentent donc des résultats contrastés selon leur localisation géographique (et donc géologique), influençant les caractéristiques physico-chimiques du terrain. Si les forêts en terrain limoneux et basiques ont des fortes capacités de stockage de carbone et d'importantes activités enzymatiques, les forêts en terrain acide et sableux présentent des quantités de carbone organique relativement élevées mais des activités enzymatiques, plus faibles.

9. Conclusion

L'occupation des sols a une grande influence sur leur qualité et leur santé, comme en témoignent les indicateurs enzymatiques, la matière organique, les stocks de carbone, le rapport C/N (carbone sur azote) ou la capacité d'échange cationique. On retrouve les indicateurs les plus favorables au niveau des prairies et GCP, des arboricultures et des forêts, particulièrement celles en terrain limoneux calcaire. Le maraîchage, la viticulture et l'agroforesterie (exception parmi les parcelles d'arboriculture) présentent quant à eux les indicateurs les plus bas. Contrairement à nos attentes, les parcelles de forêt et d'agroforesterie, ainsi que la seule parcelle de jachère ne présentent pas de résultats plus favorables comparées aux parcelles cultivées : un travail d'approfondissement peut être continué. Le rapport à la géologie de ces parcelles pourra donc apporter des éléments de compréhension et d'interprétation supplémentaires.

F/ Analyse détaillée par substrat géologique

Suite à notre première analyse, il semble que la lecture et l'interprétation des résultats sous le prisme unique de l'occupation du sol soit insuffisant. Nous proposons donc ici une lecture alternative des résultats à la lumière de la situation géographique, et donc du socle géologique sur lequel les parcelles reposent.

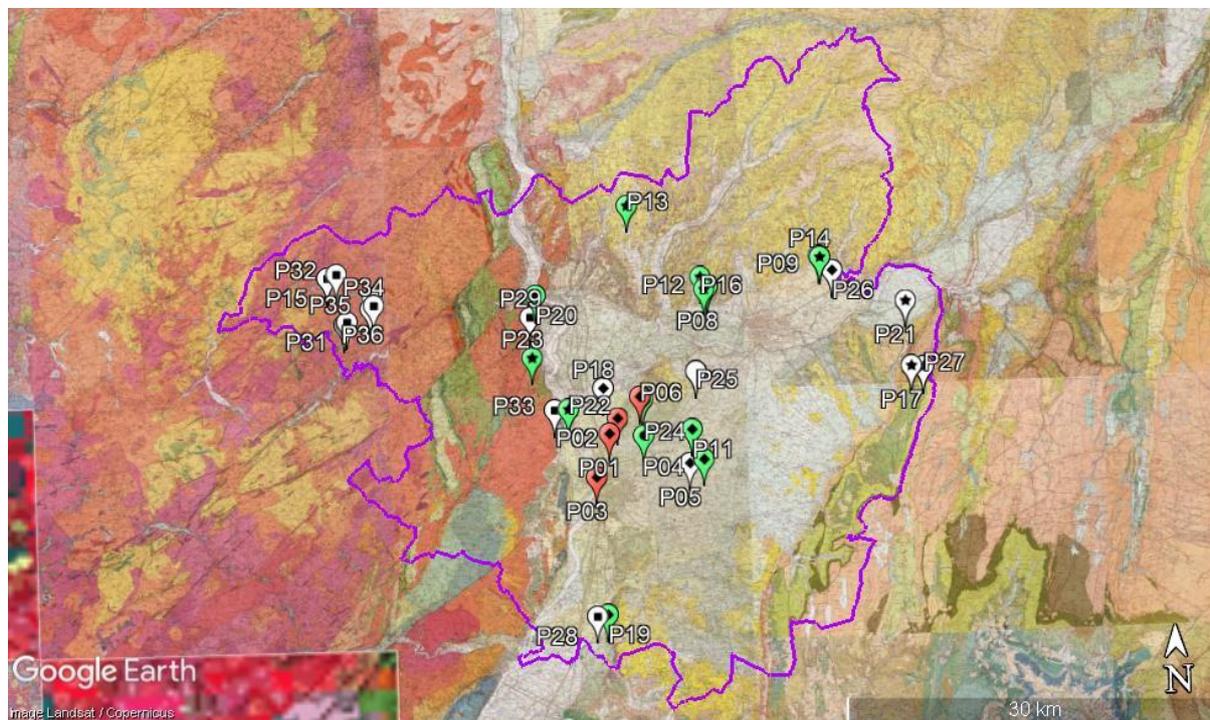


Image : Répartition des parcelles ROVALTERRA sur la carte géologique au 1/25000e

1. Socle granitique ardéchois

Parcelles concernées : P15 R-IR ; P20 R-IR ; P23 ; P30 ; P31 ; P32 ; P34 R-IR ; P35 ; P36 ; P37.

Toutes les parcelles présentes sur ce substrat sont composées à plus de 50% de sables grossiers (hormis pour P23 : identification géologique sûrement fautive, lentille basique ?) et présentent un pH acide. Ce pH se retrouve très acide dans les forêts P30-P31-P37 (<5,0), et très légèrement acide dans les autres parcelles (moyenne de 6,3).

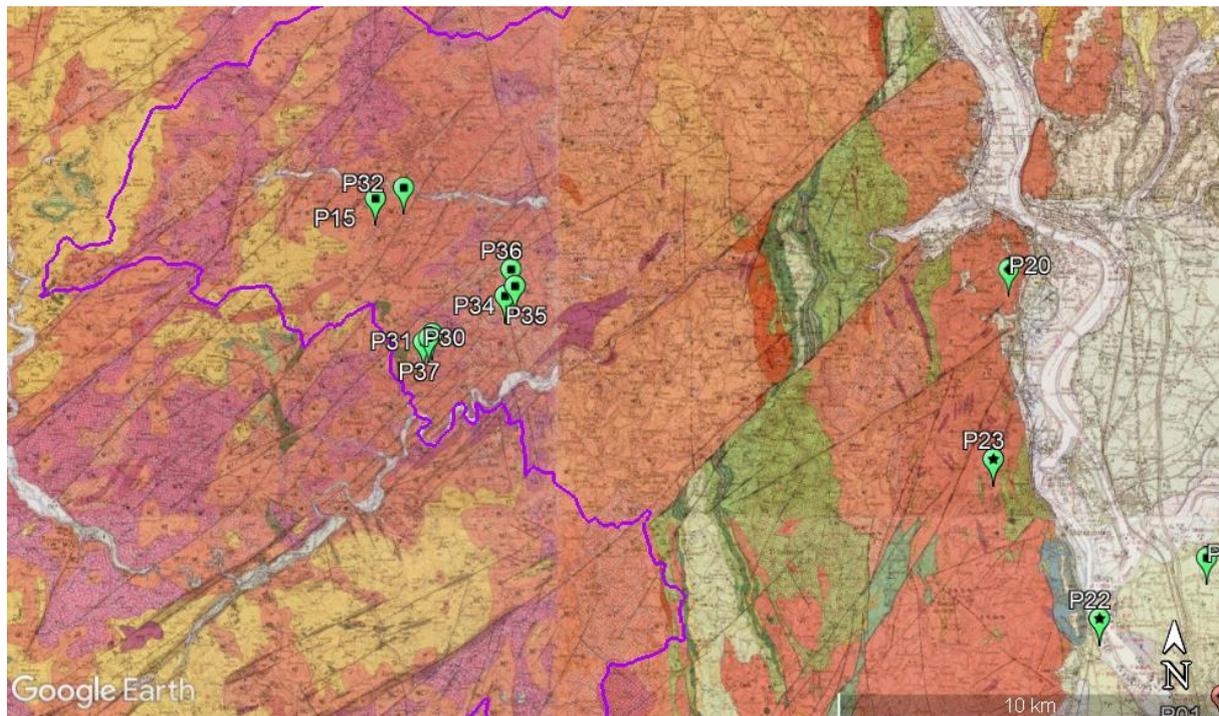
Du point de vue de la matière organique, on observe souvent une différence notable entre les couches 0-30cm et 30-50cm : la plus superficielle étant plus riche, avec des valeurs normales à élevées dans le cas des forêts et dans l'interrang de l'arboriculture-cerisiers, avec une exception, la viticulture, pour laquelle la concentration en MOT est très basse (<1,45). Ces observations se confirment avec les quantités de matière organique : 4 sont entre 25 et 30 gC/kg (P31, P37, P34 IR et P35), 6 entre 15 et 20 gC/kg (P30, P15 R et IR, P32, P36) et seulement 3 en-dessous de 10 gC/kg (P34 R, P20 R et IR, qui est la viticulture). On notera aussi les fortes proportions de carbone actif : 5 sont au-dessus de 60%, 6 entre 50 et 60%, et seulement 2 en-dessous de 50% en surface. Ces taux sont assez bien corrélés aux quantités brutes de carbone organique. Les résultats sur le carbone organique des sols sur les parcelles granitiques sont donc plutôt encourageants.

On retrouve également dans la grande majorité des parcelles de très faibles quantités de phosphore assimilable, avec deux exceptions : P32 (maraîchage, valeurs normales) et P36 (grande culture céréales maïs, valeurs élevées). Le phosphore assimilable étant lié au pH et à la porosité (donc la granulométrie) du milieu, ces concentrations plus élevées pourraient être dues à l'utilisation d'engrais.

Autre fait remarquable, on retrouve plusieurs fois des valeurs de C/N très élevées (>12), dans les forêts et la parcelle viticole, ce qui n'est pas observé dans la Drôme.

Enfin, les résultats enzymatiques ne montrent pas de corrélation avec le substrat géologique. On retrouve une importante variabilité des mesures : très faibles (viticulture, forêts) à très fortes (prairie, interrang d'abricotiers), et semblent donc plutôt liées à l'usage du sol. Il en est de même pour les biomasses moléculaires, qui évoluent entre 62,5 µgADN/g (prairie), 2^e valeur maximale de l'observatoire, et 5,6 µgADN/g (vigne), avec seulement 2 résultats au-dessus de 50 µgADN/g, 6 entre 25 et 35 µgADN/g, 3 entre 11 et 16 µgADN/g et 2 inférieures à 10 µgADN/g (vignes). Sont mélangés les arboricultures, les forêts, les prairies et le maraîchage.

La parcelle P23 est, d'après la carte géologique au 1/25000 du BRGM, située sur une couche granitique. Cependant, son pH légèrement basique et son taux de sables grossiers inférieur aux autres parcelles de la zone laissent penser qu'elle se situe sur une lentille calcaire dont les caractéristiques du sol sont différentes des sols des autres parcelles à socle granitique.



Finalement, sur le terrain ardéchois granitique qui se reconnaît par son pH acide et sa granulométrie de sables grossiers majoritaires (l'argile reste autour de 10%), les valeurs de carbone organique, d'activités enzymatiques et de biomasse moléculaire s'étalent sur un large spectre. Les minimales sont souvent atteintes par la parcelle de vignes (P20), mais on observe également des valeurs importantes parmi les indicateurs, marqueurs d'une bonne santé et qualité des sols liés aux usages fréquemment retrouvés en Ardèche (arboricultures, forêts, prairies).

2. Domaine drômois calcaire

Le domaine calcaire drômois s'étend du piémont du Vercors jusqu'au fleuve Rhône, à travers la plaine alluviale de l'Isère et les collines molassiques d'un côté, et le bassin de Valence de l'autre.

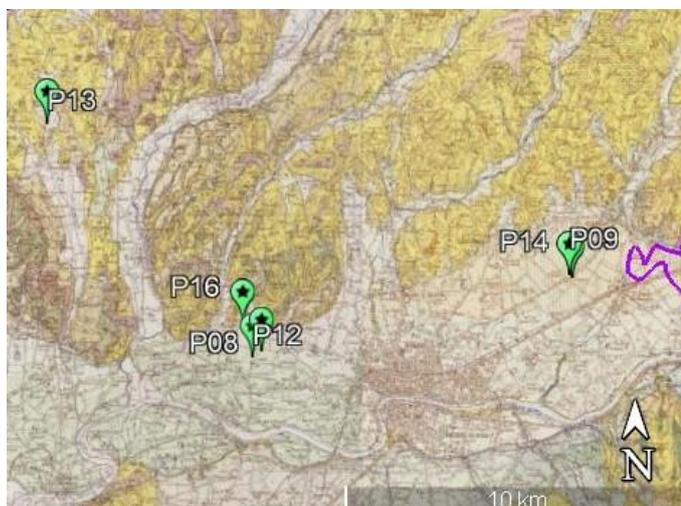
Dans le piémont du Vercors à Beaugard-Baret (P27, P17) se trouvent les échantillons les plus argileux (entre 27 et 43%) de ROVALTERRA, également très basique (pH de 8,2 en moyenne). La concentration en MOT dans la couche superficielle est très élevée (de 3,9 à 7,1%), la quantité maximale de carbone organique est atteinte (41 gC/kg pour P27, 26 gC/kg pour P17), le rapport C/N est normal à légèrement élevé et la capacité d'échange cationique est normale à très élevée (pour la prairie). Le phosphore assimilable reste cependant très faible. En revanche, la concentration en enzymes est très élevée comparée au reste des échantillons, spécialement l'arylamidase. Par exemple, P27 présente une biomasse moléculaire de 79 $\mu\text{gADN/g}$ qui est le maximum retrouvé de toutes les parcelles de l'observatoire, et P17 une moyenne de 37 $\mu\text{gADN/g}$. Est-ce l'influence de la couche géologique sous-jacente ou de l'occupation du sol ? Ce sont dans tous les cas les parcelles qui possèdent les valeurs les plus hautes.



Il n'y a qu'une seule parcelle sur les collines molassiques (P13), qui est une prairie humide (anciennement cultivée en terrasse, avec drain et cultures). La granulométrie est majoritairement de sables grossiers, avec une certaine représentativité des limons cependant. Tout comme la ripisylve, on retrouve des taux de MOT très importants dans la couche superficielle 0-30cm, une forte quantité de carbone organique de 26 gC/kg (avec un taux de carbone actif très élevé de 67%) et de fortes concentrations en enzymes. La biomasse moléculaire est également très élevée avec 41,6 $\mu\text{gADN/g}$. Comme dans la plupart des parcelles, le rapport C/N est normal et les quantités de phosphore assimilables très faibles.

Dans la plaine de l'Isère, on retrouve plusieurs types d'usage du sol : maraîchage, agroforesterie, grande culture céréale et jachère (respectivement P08 et P12, P16, P09, P14). Bien que moins importants que sur les collines, les sables grossiers sont toujours majoritaires.

Les quantités de carbone organique sont entre 6,9 gC/kg (maraîchage) et 9,7 (jachère), ce qui est très bas, et les proportions de carbone actif également parmi les plus basses entre 25% (P09, GCC) et 42% (jachère). Tous ont en commun d'avoir des concentrations en MOT faibles à très faibles, avec un CEC légèrement faible, ainsi que des concentrations en enzymes très basses, l'arylsulfatase et la beta-glucosidase particulièrement. Les quantités de biomasse évoluent entre 9,4 $\mu\text{gADN/g}$ (maraîchage) et 20 $\mu\text{gADN/g}$ (jachère), ce qui est relativement peu sur l'ensemble de la zone. Les valeurs de phosphore assimilable restent presque tous plus ou moins faibles, excepté pour la parcelle en bio-maraîchage dont les valeurs sont très élevées (à corrélérer peut-être avec un apport d'engrais ?). Cette zone semble ainsi peu propice au stockage de carbone et à l'accumulation de matière organique, indépendamment de l'usage qui en est fait. Une comparaison des rendements pourrait être faite avec des parcelles dont les usages sont les mêmes pour en déterminer l'influence concrète.



Finalement, les résultats sur la plaine de l'Isère sont globalement bas et peu propices à la vie du sol. On remarquera que les usages du sol qui y sont faits sont également assez intensifs, tel le maraîchage.

Dans le bassin de Valence, nous partons des bords du Rhône avec la ripisylve (P22) pour remonter le long des terrasses. Tout comme la prairie humide, la ripisylve présente une concentration en matière organique assez forte dans sa couche superficielle, une forte quantité de C organique (21 gC/kg) avec une bonne proportion de

carbone actif (57%) ainsi qu'une forte quantité d'enzymes. La biomasse est aussi importante avec 41 $\mu\text{gADn/g}$. Même le rapport C/N est élevé, indiquant une forte activité de décomposition. Le phosphore assimilable est légèrement faible, ce qui reste cependant plus haut que la valeur moyenne des échantillons récoltés.



Sur les premières terrasses, contenant plus de limons, les parcelles sont des grandes cultures céréale (P18, P02, P11, P04), des grandes cultures prairie (P01) ou des prairies dont un parc urbain (P03, P24). Les quantités de carbone organique évoluent entre 27gC/kg (parc urbain P03) et 9 gC/kg (P18, carrière en reconversion). Toutes les autres parcelles sont comprises entre 13 et 18 gC/kg, ce qui se situe dans la moyenne. Hormis la carrière en reconversion P18 dont la proportion en carbone actif est de 28%, soit très faible, ceux-ci atteignent 49% à 66% (pour le parc urbain). Si les activités enzymatiques de P18 sont parmi les plus faibles, elles sont au contraire fortes dans les autres parcelles, voire très fortes dans le parc urbain. Ces observations sont confirmées par les données de biomasse moléculaire, peu nombreuses (seulement P01, P02, P11 et

P18) qui sont relativement basses dans le cas de la carrière avec 18 $\mu\text{gADN/g}$ et de la GCC (16 $\mu\text{gADN/g}$) mais atteignent 42 $\mu\text{gADN/g}$ (P01, GCP). Les basses terrasses de Valence semblent donc autant impactées par l'usage et les pratiques du sol que par la géologie au vu de la diversité de résultats, les valeurs restent plutôt hautes pour des terres globalement agricoles, indiquant que le substrat doit influencer sur la bonne qualité du sol.

Le domaine de Gotheron (P06, P07, P10), situé sur une terrasse, a l'avantage de regrouper trois systèmes arboricoles sur une petite surface. On observe cependant que la parcelle en agroforesterie se trouve au bas de la pente, dans une autre couche géologique comprenant beaucoup plus de sables grossiers (débris) que les arboricultures de pêchers sur la terrasse bénéficiant d'une terre plus argileuse. La différence se répercute sur le pH, beaucoup plus alcalin en contrebas. Ainsi, les quantités de MOT de surface sont beaucoup plus importantes dans les arboricultures que dans la parcelle d'agroforesterie (bien que des efforts aient été menés sur cette même parcelle pour créer une forte biodiversité avec un écosystème autour plus complexe). Cela se retrouve également dans les quantités de carbone organique, entre 16 et 20 gC/kg (dont 52% de carbone actif) sur les parcelles P06 et P07 et de 8,2 gC/kg (dont 34% de carbone actif) pour P10, soit moitié moins. Les quantités d'enzymes sont normales à faibles dans la parcelle d'agroforesterie, alors qu'elles sont élevées à très élevées au niveau des arboricultures, et la biomasse également plus faible pour P10. Une nouvelle fois, la question de l'influence respective de l'usage, des pratiques (antérieures notamment) et de la géologie, se pose.



Enfin, les parcelles situées les plus au sud à Etoile-sur-Rhône (P28, P19) sont également proches mais ne reposent pas sur la même couche (observables dans les différences de granulométrie, la couche de la GCC étant argilo-limoneuse et celle de la châtaigneraie sableuse). Dans les deux cas, les concentrations en MOT sont plutôt faibles à très faibles, les quantités de carbone organique sont comprises entre 9,7 et 12 gC/kg, ce qui est peu. Les proportions de carbone actif varient légèrement, faible pour la GCC P19 (40%) et moyenne pour la châtaigneraie P28 (49%). Les CEC sont normales dans un cas (GCC), et faibles dans l'autre (châtaigneraie), mais inversées pour les activités enzymatiques (plutôt faible pour la GCC et plus forte pour la châtaigneraie). Le phosphore assimilable est très faible pour la GCC et normal dans la châtaigneraie. Seules les biomasses de la châtaigneraie sont disponibles, indiquant une valeur assez forte avec une moyenne de 26 µgADN/g.



En raison de leur faible représentativité, il n'est pas possible de tirer des conclusions sur les parcelles situées dans la partie sud du Grand Rovaltain même si l'on peut noter que les valeurs des indicateurs sont moins fortes que dans la plaine de Valence.

3. Conclusion

Si la géologie influence moins fortement la qualité du sol que l'occupation, elle permet néanmoins d'apporter une explication complémentaire lorsque cette dernière atteint ses limites. En effet, la géologie va conditionner le pH du sol ainsi que sa granulométrie (la répartition entre argiles, limons et sables). Il va donc en découler une différence dans le stockage de nutriments, du carbone, de la matière organique et de sa décomposition, autant d'éléments qui, indirectement, influenceront les niveaux d'activité enzymatique et de biomasse moléculaire.

Les terrains granitiques, acides et majoritairement sableux, présentent des valeurs très variables de matière organique selon les endroits et les occupations de sol. C'est la zone où on retrouve les valeurs les plus élevées du rapport C/N, indiquant une difficulté à décomposer la matière organique en raison d'un déficit d'azote. Les activités enzymatiques sont globalement moins importantes que sur la moyenne des parcelles.

Le domaine drômois calcaire présente plus de disparités (mais aussi plus de parcelles). Le piémont du Vercors, présentant la plus forte quantité d'argile, concentre les plus importantes activités enzymatiques, de quantité de carbone organique et de biomasse. La zone humide dans les collines molassiques présente également des indicateurs très favorables. Le bassin de Valence, évoluant en terrasses, présente des indicateurs variables selon les occupations du sol, favorables dans les cas des arboricultures, des prairies et forêt et de certaines Grandes Cultures Céréales. Plus au sud, les parcelles situées au niveau d'Etoile-sur-Rhône montrent des indicateurs corrects à faibles. La plaine de l'Isère, très sableuse, contient les parcelles dont les indicateurs sont les moins favorables, quelle que soit l'occupation. La concentration de matière organique est très faible et l'activité enzymatique peu présente.

G/ Conclusion générale sur les résultats

Pour conclure, l'étude de la qualité des sols a permis de mettre en évidence une variabilité importante des parcelles sélectionnées sur le territoire du Grand Rovaltain, variabilité s'expliquant par la combinaison de deux facteurs : occupation du sol et substrat géologique. Les pratiques seraient également un facteur important à aborder par la suite. Ces premières observations sont prometteuses et bénéficieraient d'un enrichissement en nouvelles parcelles d'usages et de géologies équivalentes à celles déjà prélevées, afin de consolider les résultats déjà obtenus.

V/ Retours d'expérience des enseignants et des chercheurs sur leur participation aux trois premières années de l'Observatoire

A l'issue des trois premières années de vie de l'observatoire, une rétrospective de cette première phase de la part des enseignants, dans un contexte de remaniement des équipes initiales et du Comité Scientifique d'autre part a permis de suggérer des pistes d'amélioration concernant la dimension pédagogique du projet.

Sur les deux lycées agricoles participants que sont Le Valentin (Bourg-lès-Valence) et Terre d'Horizon (Romans-sur-Isère), les mises en application respectives ont été différentes. Au Valentin, le choix a été porté sur l'encouragement de l'autonomie des étudiants. Il leur incombait de renseigner leur dossier en temps et en heure, contacter le propriétaire de la parcelle afin de convenir d'un rendez-vous pour effectuer les prélèvements. Enfin, il se sont organisés eux-mêmes pour effectuer les différentes étapes de manipulation en laboratoire afin de mesurer la densité des prélèvements et envoyer les échantillons aux laboratoires. A Terre d'Horizon, en revanche, l'enseignante a fait le choix d'optimiser le temps pour les étudiants en réservant une journée entière pour le prélèvement de 3 parcelles et en les accompagnant.

Nous faisons ici le bilan pédagogique issu des discussions avec les différents acteurs impliqués dans le projet.

A/ Retour des équipes enseignantes

En 2021, les équipes ont été remodelées, avec le départ de deux enseignantes de leur poste (du Valentin et de Terre d'Horizon) et donc du projet.

En amont de leur départ, un bilan a été réalisé avec ces enseignantes, dont voici un compte-rendu. Les enseignantes ont indiqué concernant le projet que les élèves étaient motivés par le contact avec les chercheurs, qui crédibilisent leur travail, ainsi que l'immersion dans le monde professionnel grâce aux échanges avec les agriculteurs. Ils tirent ainsi de la fierté de leur travail. En allant sur des terrains inconnus pour prélever, ils ont également la possibilité de comparer leurs observations avec les résultats qu'ils obtiennent. Il a aussi été demandé un effort de simplification des explications scientifiques pour les rendre plus accessibles aux élèves (la dernière présentation, en octobre 2020, a d'ailleurs été saluée pour cet effort). Notons par ailleurs qu'une enseignante a soulevé la difficulté de mobiliser les élèves en dehors des heures de cours et de ne faire appel qu'à des volontaires dans le cas du lycée du Valentin.

A Terre d'Horizon, une volonté de redéfinir le cadre pédagogique a été manifestée par l'équipe prenant le relais dans ROVALTERRA™ ; avec notamment, une volonté d'accès libre aux résultats pour interprétation (modules qui pourraient s'insérer dans le cadre du programme du BTS) ainsi qu'un approfondissement du niveau pédagogique demandé aux élèves. Les enseignants trouvent le projet trop chronophage sur les activités de recherches de connaissances, prélèvements et travail en laboratoire, mais pas suffisamment développé sur le volet analyse des données.

La richesse de l'observatoire est multiple du point de vue des lycées : non seulement les échantillons ont la chance de provenir de divers endroits du territoire, mais en plus de nouveaux indicateurs encore peu connus et en développement sont proposés comme une ouverture à une approche innovante des sols. Par ailleurs, un comité de chercheurs spécialistes du sol est engagé dans le projet et est en demande d'échange avec les étudiants. Des pistes d'évolution issues d'échanges et de discussions avec les enseignants et le CS, seront développées ci-dessous.

En résumé, les équipes enseignantes souhaiteraient (1) une révision du programme pédagogique accordant plus d'importance aux capacités des étudiants, (2) un meilleur retour des résultats d'analyse et une meilleure accessibilité aux données et (3) favoriser et continuer les interactions avec les chercheurs du CS.

B/ Retour du Comité Scientifique

Du côté du Comité Scientifique (CS), le bilan a également été fait sur ces trois ans et sur les points forts et faibles de la démarche. Les chercheurs apprécient beaucoup le contact et l'échange avec les lycées, qu'ils trouvent très enrichissants, ainsi que leur bon investissement. Ils soulignent la très bonne communication qui règne en interne et saluent le choix des sites effectué par le syndicat mixte ainsi que la qualité de l'animation menée par la Fondation Rovaltain.

En revanche, tous expriment une interrogation sur la portée limitée de la valorisation scientifique et sociétale du travail effectué qui leur semble lié aux restrictions de communication et d'échange avec l'extérieur durant la réalisation du projet. Le cadre 'science participative' est remis en cause, dans le sens où il n'y a finalement que très peu d'exploitation des données scientifiques par des non-scientifiques (les étudiants). Ils s'accordent sur le besoin d'un approfondissement du travail pédagogique à faire. Enfin, une interrogation perdure sur le devenir de ce travail, et si celui-ci va être utilisé à l'échelle des territoires au bénéfice des sols, en éclairant les choix politiques notamment en s'intégrant dans les PCAET (Plan Climat Air Energie Territorial).

En résumé, le CS propose (1) un recadrage des objectifs et des attentes du projet, (2) la valorisation et l'exploitation des résultats par les différents partis, et (3) davantage de temps d'échanges pour mieux s'accorder à l'idée même de science participative.

C/ Pistes et propositions pour un nouveau programme pédagogique.

Le CS a souligné qu'il était essentiel d'intégrer à part entière le projet ROVALTERRA aux programmes des étudiants pour sortir du cadre du volontariat. L'équipe pédagogique de Terre d'Horizon y est prête, et les enseignants du Valentin sont ouverts à cette éventualité.

Nous avons identifié les capacités que doit acquérir un étudiant en BTSA production horticulteur (cf: 'référentiel de certification') pouvant s'inscrire dans ROVALTERRA™ :

- Mener des analyses de systèmes horticoles à différentes échelles (de la parcelle au bassin de production)
- Proposer un diagnostic ainsi que des pistes d'évolution
- Inclure dans ce diagnostic un contexte de développement durable dans une démarche d'adaptation au changement climatique et autres problématiques environnementales,
- S'exprimer et interagir à l'oral ou à l'écrit dans des situations de communication variées, notamment professionnelles ou citoyennes.

Par la suite, il serait intéressant de proposer des échanges avec les agriculteurs ayant participé au projet qui, au-delà des résultats obtenus sur leurs propres parcelles, sont curieux de savoir comment ils s'inscrivent à l'échelle du territoire.

VI/ Bilan global et recommandations

A/ Bilan scientifique

1. Les indicateurs du sol

Le Carbone Organique du Sol (COS) :

La quantité et la qualité du carbone organique du sol dépendent de la granulométrie, du pH, de la quantité de matière organique et des usages et pratiques du sol. Celui-ci sert de ressource pour la vie du sol.

Dans la logique des observations nationales, les parcelles les plus riches en carbone (quantitatif et qualitatif) sont les prairies/GCP et les forêts, suivies des arboricultures hors viticulture. Les Grandes Cultures Céréales sont dans la moyenne, tandis que les parcelles les plus pauvres en COS sont la jachère, le maraîchage, l'agroforesterie (ce qui ne suit pas les tendances nationales) et la viticulture. Les marnes calcaires sont les plus propices au COS, les terrains sableux sont les moins propices.

Les activités enzymatiques :

Les activités de la phosphatase, la beta-glucosidase, l'arylsulfatase, l'uréase et l'arylamidase interviennent dans les grands cycles terrestres, elles témoignent du bon fonctionnement du sol.

Les activités mesurées sont les plus intenses dans les prairies/GCP et les arboricultures (hors viticulture). Viennent ensuite les forêts, les GCP et les agroforesteries. Les activités les plus faibles sont mesurées dans les parcelles de maraîchage et la jachère. Les terrains granitiques, donc acides, impactent négativement les activités enzymatiques.

La biomasse moléculaire :

La biomasse moléculaire correspond à la quantité de micro-organismes vivants trouvés dans un sol sans préciser sa diversité. Elle est donc liée au COS et à l'activité enzymatique. Les données sont moins complètes (moins de parcelles).

Les biomasses les plus élevées sont mesurées dans les prairies et les GCP, puis les arboricultures et les forêts. Viennent ensuite la jachères, l'agroforesterie, le maraîchage et les GCC. La viticulture présente les biomasses les plus faibles. Le panel est trop faible pour s'avancer sur une détermination géologique.

La physico-chimie du sol :

Les paramètres physico-chimiques mettent en avant des spécificités inhérentes au terrain et l'impact des usages du sol.

La majorité des terrains présente une granulométrie majoritairement sableuse. Les parcelles ardéchoises sont acides (sauf exceptions), celles en Drôme basiques. Les mesures de matières organiques suivent celles de carbone organique. Les rapport C/N, illustrant la vitesse de décomposition de la MOT, sont égaux ou proches de la vitesse de décomposition optimale. Les quantités de phosphores assimilables sont généralement faibles voire très faibles hormis pour les parcelles de maraîchage.

2. Les parcelles détaillées

Par l'usage du sol :

Les prairies possèdent les valeurs maximales de tous les indicateurs et semblent avoir les sols en meilleure santé du territoire, les plus propices à la vie du sol et son fonctionnement, ainsi qu'au stockage de carbone. Les Grandes Cultures Prairies ont des résultats proches. Les forêts ont également des valeurs d'indicateurs fortes mais plus contrastées selon leur situation géologique/géographique, notamment sur les activités enzymatiques. Les arboricultures (hors viticulture) présentent aussi des systèmes dans les moyennes hautes des différents indicateurs, avec des différences parfois très variables entre rang et interrang. Leurs valeurs varient également selon la situation géologique.

Les Grandes Cultures Céréales sont très nombreuses et montrent de fortes variations de résultats. Elles sont fortement impactées par les pratiques présentes et antérieures. On notera le cas du 'stockage carbone' (P11) avec des valeurs élevées parmi tous les indicateurs, à l'inverse la carrière en conversion (P18) dont les valeurs sont très basses.

La jachère, le maraîchage et les agroforesteries présentent des valeurs globalement faibles. Leurs variations sont faibles, mais il existe peu de parcelles sur ces typologies, rendant les conclusions périlleuses. Le maraîchage est un système intensif et peu propice pour les sols, l'agroforesterie et la jachère sont au contraire régénérant et interviennent probablement après un appauvrissement des sols suite à un usage plus intensif.

L'unique parcelle de viticulture présente des résultats faibles, ce qui est concordant avec les résultats nationaux en raison des pratiques très intensives utilisées dans ce domaine qui appauvrissent le sol.

Par la géologie :

Les granitoïdes de l'Ardèche présentent des résultats variés mais globalement dans la moyenne haute. Les usages s'y trouvant sont divers et plus favorables aux sols. Cependant, l'acidité des sols a un impact plus négatif sur l'activité enzymatique.

Les marnes calcaires du Vercors, les plus riches en argile, semblent apporter les conditions optimales pour la vie du sol. L'unique parcelle dans les molasses, qui est une prairie humide, donne des résultats également très hauts alors que ce terrain n'est pas perçu comme propice en raison de sa forte quantité de sables qui retiennent moins bien les nutriments (le complexe argilo-humique est moins développé, car peu d'argile).

Les terrasses de Valence, riches en sables et limons, ont des résultats disparates en fonction des usages et pratiques qui s'y trouvent.

Les parcelles les plus au Sud du territoire, à Etoile-sur-Rhône, montrent des indicateurs avec une moyenne basse. La plaine alluviale de l'Isère, très riche en sables, présente les résultats les plus bas, mais aussi des usages plus intensifs.

3. Perspectives

Concernant les données déjà collectées, afin de les consolider, il serait intéressant de les comparer à des moyennes nationales et régionales d'une part, et de les intégrer aux bases de données nationales (GISsol, réseau RNest par exemple). En raison d'un écart de résultats trop important entre les densités apparentes mesurées par les élèves et celles mesurées par le laboratoire Teyssier, elles n'ont pu être utilisées pour déterminer la quantité de carbone organique par surface (ce qui aurait permis la comparaison aux données nationales). Il faudrait donc les faire déterminer par un seul partenaire (le laboratoire) ou changer de méthode. Enfin, une analyse selon les

pratiques, à savoir bio/non bio/alternatif/etc. serait intéressante car leur impact est reconnu comme majeur sur les indicateurs du sol.

Enfin, par la suite, il serait important de continuer d'une part le suivi des parcelles tous les deux ou trois ans et d'autre part d'assurer une veille auprès des agriculteurs, pour répertorier leurs pratiques et évolutions de façon continue sur les parcelles. Enfin, il serait profitable de continuer à prélever de nouvelles parcelles en tenant compte à la fois de l'usage et de la géologie pour enrichir et renforcer les analyses faites dans le présent rapport.

B/ Bilan pédagogique

- Les retours des équipes ont été très positifs concernant les interactions qu'il y a eu entre le CS et les étudiants et sont favorables à les entretenir, de même que les échanges élèves/agriculteurs.
- Cette première phase a permis de tester le projet pédagogique mis en place en première phase de ROVALTERRA™. Il appelle désormais à intégrer le programme du BTS et approfondir les demandes d'analyses à faire par les élèves.
- Les résultats sur les parcelles existent, mais elles n'ont à ce jour pas fait l'objet d'exploitation/valorisation. L'annulation de la demi-journée prévue en novembre 2019 pour cause d'intempéries ainsi que le retard pris pour l'organisation de la journée de restitution finale dû à la situation sanitaire en sont des raisons.

La Fondation recommande suite à la première phase de ROVALTERRA™ une co-construction du programme pédagogique de la suite de l'observatoire avec les enseignants des lycées et un travail d'engagement plus poussé des élèves sur le travail d'analyse et de diagnostic des résultats, ce qui permettrait une réelle reconnaissance des capacités des élèves des lycées agricoles et de l'Observatoire en tant qu'outil pédagogique.

ANNEXES

- Tableau récapitulatif des indicateurs
- Protocoles d'analyse des laboratoires

Tableau : Rock-Eval - 1

				Nouvelle version ROCK EVAL						
CODE Parcelle		Année prélèvement	Code échantillon	Profondeur	HI	OIRE6	TOC (%)	MINC (%)	proportion Cstable (Stable_SOC _PARTYsocv 2.0eu)	proportion Cactif (partysoc 2.0)
P01	GCP	2018	P01-0-30	0-30	248	172	2,98	3,37	0,45650264	0,54349736
P01	GCP	2018	P01-30-50	30-50	225	166	2,28	2,92	0,47932495	0,52067505
P02	GCC	2018	P02-0-30	0-30	181	188	1,07	0,09	0,49183255	0,50816745
P02	GCC	2018	P02-30-50	30-50	178	188	1,02	0,11	0,51082179	0,48917821
P03	FOR	2019	P03-0-30	0-30	263	178	2,94	2,57	0,33967492	0,66032508
P03	FOR	2019	P03-30-50	30-50	247	177	2,41	2,43	0,41552072	0,58447928
P04	GCC	2018	P04-0-30	0-30	252	173	1,60	3,92	0,47566105	0,52433895
P04	GCC	2018	P04-30-50	30-50	232	177	1,17	5,00	0,53441219	0,46558781
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-0-30	0-30	180	197	1,61	0,14	0,50518699	0,49481301
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-30-50	30-50	131	256	0,64	0,10	0,72059288	0,27940712
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-0-30	0-30						
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-30-50	30-50	166	211	1,15	0,10	0,57039581	0,42960419
P07 rang	ARBO	2018	P07 rang-0-30	0-30	191	181	1,91	0,17	0,4702871	0,5297129
P07 rang	ARBO	2018	P07 rang-30-50	30-50	162	200	1,30	0,12	0,5391705	0,4608295
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-0-30	0-30	188	199	1,48	0,13	0,47813781	0,52186219
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-30-50	30-50	196	181	2,01	0,20	0,46757289	0,53242711
P08	MAR	2018	P08-0-30	0-30	182	201	0,74	0,97	0,62262652	0,37737348
P08	MAR	2018	P08-30-50	30-50	104	182	0,77	0,99	0,76643537	0,23356463
P09	GCC	2018	P09-0-30	0-30	136	221	0,75	0,09	0,74878097	0,25121903
P09	GCC	2018	P09-30-50	30-50	120	268	0,50	0,26	0,79540649	0,20459351
P10	AGROF	2018	P10-0-30	0-30	168	208	0,76	0,32	0,6631782	0,3368218
P10	AGROF	2018	P10-30-50	30-50	151	253	0,55	0,32	0,72462821	0,27537179
P11	GCC		P11-0-30	0-30	203	188	1,85	0,55	0,48549697	0,51450303
P11	GCC		P11-30-50	30-50	177	202	1,51	0,86	0,51089617	0,48910383
P12	MAR	2018	P12-0-30	0-30	158	177	0,81	0,09	0,62190319	0,37809681
P12	MAR	2018	P12-30-50	30-50	123	222	0,53	0,07	0,7837934	0,2162066
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-0-30	0-30	277	179	3,79	1,65	0,33638414	0,66361586
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-30-50	30-50	273	180	1,69	1,41	0,39681663	0,60318337
P13-culture	GCP	2019	P13culture-0-30	0-30	292	181	2,50	1,80	0,32670544	0,67329456
P13-culture	GCP	2019	P13culture-30-50	30-50	260	202	0,60	1,17	0,60804761	0,39195239
P14	JACH	2018	P14-0-30	0-30	196	208	0,85	0,96	0,57550623	0,42449377
P14	JACH	2018	P14-30-50	30-50	186	287	0,43	0,72	0,74661763	0,25338237
P15-rang	ARBO	2020	P15_rang-0-30	0-30	180	186,07	2,17	0,22	0,4808314	0,5191686
P15-rang	ARBO	2020	P15_rang-30-50	30-50	125	218,73	1,32	0,18	0,56665376	0,43334624
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-0-30		169	191,9	2,27	0,26	0,48622074	0,51377926
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-30-50		82	250,51	0,88	0,15	0,79199619	0,20800381
P16	AGROF	2018	P16-0-30	0-30	143	194	0,96	0,63	0,63593621	0,36406379
P16	AGROF	2018	P16-30-50	30-50	120	250	0,59	0,64	0,77727457	0,22272543

Tableau : Rock-Eval - 2

CODE Parcelle		Année prélèvement	Code échantillon	Profondeur	HI	OIRE6	TOC (%)	MINC (%)	proportion Cstable (Stable_SOC _proportion _PARTYsocv 2.0eu)	proportion Cactif (partysoc 2.0)	C orga Teyssier (g/kg)
P17-rang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	193	200,99	2,03	6,81	0,50313534	0,49686466	22,5
P17-rang	ARBO	2020	P17-30-50	30-50	158	221,12	1,07	7,01	0,66557354	0,33442646	13,9
P17-interran	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	232	184,94	2,59	7,21	0,47577317	0,52422683	29,7
P17-interran	ARBO	2020	P17-30-50	30-50	172	221,52	1,16	7,16	0,60150268	0,39849732	17,5
P18	GCC	2020	P18-0-30	0-30	151	239,43	0,8	0,52	0,71662762	0,28337238	8,9
P18	GCC	2020	P18-30-50	30-50	149	230,03	0,85	0,57	0,71283639	0,28716361	5,6
P19	GCC	2019	P19 - 0-30	0-30	175	189	0,88	0,08	0,59818563	0,40181437	9,8
P19	GCC	2019	P19- 30-50	30-50	159	215	0,70	0,07	0,69895923	0,30104077	8,1
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 0-30	0-30	199	196	1,18	0,11	0,45966204	0,54033796	8,4
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 30-50	30-50	162	205	0,74	0,09	0,6594784	0,3405216	6,4
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 0-30	0-30	173	199	0,84	0,07	0,60111516	0,39888484	6,5
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 30-50	30-50	140	216	0,57	0,07	0,73306296	0,26693704	5,8
P22	FOR	2019	P22 - 0-30	0-30	256	167	1,86	2,54	0,433085	0,566915	21,3
P22	FOR	2019	P22 - 30-50	30-50	249	167	1,17	2,75	0,53108734	0,46891266	14,9
P23	PRAI	2019	P23 - 0-30	0-30	274	179	1,79	0,17	0,36316841	0,63683159	15,5
P23	PRAI	2019	P23 - 30-50	30-50	196	216	0,95	0,11	0,57223819	0,42776181	7,9
P24	PRAI	2019	P24 - 0-30	0-30	260	187	1,29	3,26	0,50288602	0,49711398	13,6
P24	PRAI	2019	P24 - 30-50	30-50	200	226	0,40	3,63	0,70857935	0,29142065	6,1
P27	PRAI	2020	P27 - 0-30	0-30	223	182,94	4,01	1,59	0,43957428	0,56042572	41,4
P27	PRAI	2020	P27 - 30-50	30-50	164	341	0,37	4,53	0,78950242	0,21049758	8,1
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 0-30	0-30	204	177,23	1,55	0,13	0,49298264	0,50701736	12,5
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 30-50	30-50	148	199,53	0,87	0,14	0,64451266	0,35548734	6,9
P28-interran	ARBO	2020	P28-interrang - 0-30	0-30	185	188,88	1,29	0,14	0,52049302	0,47950698	9,7
P28-interran	ARBO	2020	P28-interrang - 30-50	30-50	162	207,66	0,75	0,12	0,67093314	0,32906686	7,2
P30	FOR	2020	P30 - 0-30	0-30	255	175,4	2,64	0,23	0,38052502	0,61947498	18,6
P30	FOR	2020	P30 - 30-50	30-50							
P31	FOR	2020	P31 - 0-30	0-30	208	189,92	4,19	0,37	0,30968439	0,69031561	28,8
P31	FOR	2020	P31 - 30-50	30-50	158	215,07	2,86	0,4	0,48805889	0,51194111	16,0
P32	MAR	2020	P32 - 0-30	0-30	202	177,99	2,47	0,21	0,45974768	0,54025232	16,6
P32	MAR	2020	P32 - 30-50	30-50	119	230,31	1,14	0,14	0,62130324	0,37869676	7,9
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 0-30	0-30	183	192,59	1,67	0,16	0,50390567	0,49609433	10,1
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 30-50	30-50	161	207,08	1,3	0,15	0,53987999	0,46012001	9,2
P34-interran	ARBO	2020	P34-interrang - 0-30	0-30	261	170,27	3,94	0,28	0,31067378	0,68932622	29,4
P34-interran	ARBO	2020	P34-interrang - 30-50	30-50	149	225,75	1,05	0,13	0,60828446	0,39171554	8,1
P35	PRAI	2020	P35 - 0-30	0-30	246	185,41	3,34	0,3	0,4305685	0,5694315	25,5
P35	PRAI	2020	P35 - 30-50	30-50	147	238,07	1,29	0,18	0,58340182	0,41659818	10,7
P36	GCC	2020	P36 - 0-30	0-30	199	184,1	2,31	0,21	0,48770473	0,51229527	17,8
P36	GCC	2020	P36 - 30-50	30-50	140	213,46	1,28	0,17	0,55344394	0,44655606	10,8
P37	FOR	2020	P37 - 0-30	0-30	235	185,79	3,26	0,26	0,33222405	0,66777595	26,8
P37	FOR	2020	P37 - 30-50	30-50	125	241,39	1,47	0,16	0,56099586	0,43900414	10,3

Tableau : Activités enzymatiques – BioChemENV

CODE Parcelle		Année prélèvement	Code échantillon	Profondeur	Analyses Biodiversité BioChemEnv					
					HUM (%)	PHOS (mU)	GLU (mU)	ARS (mU)	URE (mU)	ARN (mU)
P01	GCP	2018	P01-0-30	0-30	15,00	30,03	13,75	2,30	11,67	17,87
P02	GCC	2018	P02-0-30	0-30	12,00	64,29	24,55	5,13	6,12	3,49
P03	FOR	2019	P03-0-30	0-30	21,00	43,77	22,94	13,22	18,52	23,21
P04	GCC	2018	P04-0-30	0-30	31,00	25,06	13,80	5,10	8,95	13,76
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-0-30	0-30	15,00	46,15	27,19	7,66	6,97	6,04
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-0-30	0-30	17,00	65,17	37,25	6,89	13,68	11,42
P07 rang	ARBO	2018	P07 rang-0-30	0-30	20,00	52,42	39,12	8,47	10,25	13,59
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-0-30	0-30	17,00	67,79	34,25	8,60	13,04	11,32
P08	MAR	2018	P08-0-30	0-30	10,00	22,29	9,87	1,67	5,03	5,89
P09	GCC	2018	P09-0-30	0-30	11,00	24,90	10,39	1,93	4,31	4,86
P10	AGROF	2018	P10-0-30	0-30	10,00	38,09	11,35	2,42	6,44	7,92
P11	GCC		P11-0-30	0-30	16,00	30,67	22,82	7,19	14,59	8,09
P12	MAR	2018	P12-0-30	0-30	9,00	11,92	6,02	0,92	2,43	3,35
P13-drainage	GCP		P13drainage-0-30	0-30	35,00	73,05	28,60	7,96	20,27	15,95
P13-culture	GCP	2019	P13culture-0-30	0-30	21,00	43,70	17,48	10,25	13,79	12,80
P14	JACH	2018	P14-0-30	0-30	8,00	11,86	3,50	0,16	6,67	13,04
P15-rang	ARBO	2020	P15-rang-0-30	0-30	15,98	48,07	14,96	5,83	8,76	8,33
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-0-30		15,15	44,37	13,98	5,26	8,89	7,91
P16	AGROF	2018	P16-0-30	0-30	11,00	28,30	10,29	3,44	9,22	8,36
P17-rang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	16,87	24,66	25,70	9,50	11,69	33,81
P17-interrang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	19,96	32,99	33,97	11,99	17,46	43,46
P18	GCC	2020	P18-0-30	0-30	6,25	8,71	6,41	0,83	2,24	6,79
P19	GCC	2019	P19-0-30	0-30	8,00	19,80	12,54	3,30	8,34	7,85
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang-0-30	0-30	11,00	20,17	8,00	1,26	7,23	2,24
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang-0-30	0-30	11,00	14,90	4,58	1,62	4,22	1,01
P22	FOR	2019	P22-0-30	0-30	16,00	37,23	34,20	6,82	12,43	12,83
P23	PRAI	2019	P23-0-30	0-30	9,00	58,07	18,48	3,83	11,62	9,76
P24	PRAI	2019	P24-0-30	0-30	20,00	30,57	10,88	8,45	13,52	7,34
P27	PRAI	2020	P27-0-30	0-30	29,09	74,78	28,80	34,03	26,50	60,90
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang-0-30	0-30	13,13	27,41	11,64	7,17	7,73	8,50
P28-interrang	ARBO	2020	P28-interrang-0-30	0-30	12,55	37,22	15,16	5,61	7,93	9,85
P30	FOR	2020	P30-0-30	0-30	13,89	31,30	5,46	8,05	10,36	3,72
P31	FOR	2020	P31-0-30	0-30	9,60	22,44	4,13	2,71	0,29	1,02
P32	MAR	2020	P32-0-30	0-30	14,84	39,57	14,57	3,65	8,49	7,55
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang-0-30	0-30	12,15	31,05	10,59	4,32	6,11	4,99
P34-interrang	ARBO	2020	P34-interrang-0-30	0-30	16,32	69,14	28,68	7,34	10,45	10,74
P35	PRAI	2020	P35-0-30	0-30	18,55	102,81	21,06	15,84	8,64	10,44
P36	GCC	2020	P36-0-30	0-30	16,33	52,75	16,42	3,48	5,99	7,36
P37	FOR	2020	P37-0-30	0-30	11,86	35,26	3,97	6,70	7,57	3,07

Tableau : Biomasse moléculaire – ADN microbien

					Biomasse moléculaire
CODE Parcelle		Année prélèvement	Code échantillon	Profondeur	Biomasse moléculaire (µg d'ADN/g sol sec)
P01	GCP	2018	P01-0-30	0-30	42,32
P02	GCC	2018	P02-0-30	0-30	15,91
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-0-30	0-30	27,98
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-0-30	0-30	17,32
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-0-30	0-30	26,27
P08	MAR	2018	P08-0-30	0-30	9,38
P09	GCC	2018	P09-0-30	0-30	14,04
P10	AGROF	2018	P10-0-30	0-30	17,20
P11	GCC		P11-0-30	0-30	27,53
P12	MAR	2018	P12-0-30	0-30	10,62
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-0-30	0-30	43,00
P13-culture	GCP	2019	P13culture-0-30	0-30	40,11
P14	JACH	2018	P14-0-30	0-30	19,97
P15-rang	ARBO	2020	P15-rang-0-30	0-30	33,81
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-0-30		33,98
P16	AGROF	2018	P16-0-30	0-30	18,69
P17-rang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	30,42
P17-interrang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	44,20
P18	GCC	2020	P18-0-30	0-30	13,01
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 0-30	0-30	7,76
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 0-30	0-30	5,58
P22	FOR	2019	P22 - 0-30	0-30	44,10
P23	PRAI	2019	P23 - 0-30	0-30	25,02
P27	PRAI	2020	P27 - 0-30	0-30	78,85
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 0-30	0-30	29,03
P28-interrang	ARBO	2020	P28-interrang - 0-30	0-30	23,34
P30	FOR	2020	P30 - 0-30	0-30	26,08
P31	FOR	2020	P31 - 0-30	0-30	11,16
P32	MAR	2020	P32 - 0-30	0-30	29,83
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 0-30	0-30	11,91
P34-interrang	ARBO	2020	P34-interrang - 0-30	0-30	50,75
P35	PRAI	2020	P35 - 0-30	0-30	62,48
P36	GCC	2020	P36 - 0-30	0-30	15,74
P37	FOR	2020	P37 - 0-30	0-30	27,36

Tableau : Granulométrie – 1

CODE Parcelle		Année prélèvement	Code échantillon	Profondeur	Granulométrie (Laboratoire Teyssier)						
					Argile <=0,002mm (%)	Limons fin]0,002 à 0,02mm] (%)	Limons grossiers]0,02 à 0,05mm] (%)	Sables fins]0,05 à 0,2mm] (%)	Sables grossiers]0,2 à 2 mm] (%)	Refus à 2mm (%)	Cailloux (%)
P01	GCP	2018	P01-0-30	0-30	11,8	24,9	18,9	7	37,5	5	3
P01	GCP	2018	P01-30-50	30-50	11,4	23,7	16,0	8,6	40,4	3	7
P02	GCC	2018	P02-0-30	0-30	11,5	19,4	15,9	16,3	36,9	1	5
P02	GCC	2018	P02-30-50	30-50	11,0	19,8	15,0	17,4	36,8	1	5
P03	FOR	2019	P03-0-30	0-30	14,5	25,4	22,8	12,5	25,0	1	2
P03	FOR	2019	P03-30-50	30-50	13,2	23,4	22,9	16,0	24,4	1	5
P04	GCC	2018	P04-0-30	0-30	18,3	34,3	10,6	8,7	28,1	0	0
P04	GCC	2018	P04-30-50	30-50	16,6	40,2	9,3	9,0	24,9	0	0
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-0-30	0-30	15,6	19,5	19,7	13,1	32,2	3	7
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-30-50	30-50	18,1	21,1	21,9	10,4	28,6	2	0
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-0-30	0-30							
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-30-50	30-50	16,3	20,4	21,1	10,4	31,8	2	10
P07 rang	ARBO	2018	P07 rang-0-30	0-30	16,8	19,9	22,5	11,7	29,2	10	0
P07 rang	ARBO	2018	P07 rang-30-50	30-50	16,6	20,2	21,4	10,0	31,8	0	0
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-0-30	0-30	17,7	20,2	22,5	10,0	29,6	7	0
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-30-50	30-50	16,9	20,2	21,4	11,0	30,5	1	0
P08	MAR	2018	P08-0-30	0-30	14,2	16,0	12,8	9,9	47,2	0	0
P08	MAR	2018	P08-30-50	30-50	13,4	16,2	12,3	7,9	50,1	0	0
P09	GCC	2018	P09-0-30	0-30	12,4	14,7	16,0	11,0	45,9	0	0
P09	GCC	2018	P09-30-50	30-50	12,8	14,6	16,0	9,4	47,3	0	0
P10	AGROF	2018	P10-0-30	0-30	13,1	13,7	16,6	14,5	42,1	0	0
P10	AGROF	2018	P10-30-50	30-50	13,2	14,6	16,8	12,1	43,3	0	0
P11	GCC		P11-0-30	0-30	26,7	23,2	15,8	6,2	28,2	1	0
P11	GCC		P11-30-50	30-50	31,4	24,3	14,1	5,9	24,4	1	0
P12	MAR	2018	P12-0-30	0-30	13,2	16,9	11,9	8,6	49,4	1	0
P12	MAR	2018	P12-30-50	30-50	12,6	15,8	10,4	8,7	52,5	0	0
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-0-30	0-30	10,7	25,9	15,9	12,2	35,3	1	2
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-30-50	30-50	10,3	16,4	9,8	13,3	50,1	1	2
P13-culture	GCP	2019	P13culture-0-30	0-30	6,8	14,1	14,9	12,4	51,7	1	0
P13-culture	GCP	2019	P13culture-30-50	30-50	6,1	14,9	10,5	15,1	53,4	1	0
P14	JACH	2018	P14-0-30	0-30	12,0	12,9	20,6	11,4	43,1	0	0
P14	JACH	2018	P14-30-50	30-50	12,0	13,8	22,2	10,1	41,9	0	0
P15-rang	ARBO	2020	P15-rang-0-30	0-30	10,3	20,2	1,5	14,6	53,3	1	2
P15-rang	ARBO	2020	P15_rang-30-50	30-50	10,3	19,4	0,3	15,0	55,0	1	2
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-0-30		10,8	20,3	0,5	15,7	52,7	1	2
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-30-50		10,3	19,2	0,1	14,3	56,1	1	3
P16	AGROF	2018	P16-0-30	0-30	13,4	11,2	9,3	12,3	53,8	0	0
P16	AGROF	2018	P16-30-50	30-50	13,3	10,7	12,5	11,1	52,5	0	0

Tableau : Granulométrie - 2

CODE Parcelle		Année prélèvement	Code échantillon	Profondeur	Granulométrie (Laboratoire Teyssier)						
					Argile <=0,002mm (%)	Limons fin]0,002 à 0,02mm] (%)	Limons grossiers]0,02 à 0,05mm] (%)	Sables fins]0,05 à 0,2mm] (%)	Sables grossiers]0,2 à 2 mm] (%)	Refus à 2mm (%)	Cailloux (%)
P17-rang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	31,7	33,9	2,8	16,8	14,8	2	5
P17-rang	ARBO	2020	P17-30-50	30-50	27,6	31,2	2,4	14,8	24,0	5	10
P17-interrang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	29,9	33,6	3,5	15,1	17,9	2	5
P17-interrang	ARBO	2020	P17-30-50	30-50	27,8	31,5	0,8	14,0	25,9	2	5
P18	GCC	2020	P18-0-30	0-30	17,2	23,3	4,4	15,0	40,1	3	20
P18	GCC	2020	P18-30-50	30-50	16,4	22,7	3,8	15,0	42,1	1	5
P19	GCC	2019	P19 - 0-30	0-30	17,8	16,8	40,1	18,5	6,7	0	1
P19	GCC	2019	P19- 30-50	30-50	21,2	18,6	37,4	16,7	6,0	0	1
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 0-30	0-30	7,9	14,4	11,9	9,0	56,8	3	1
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 30-50	30-50	8,2	14,8	8,2	7,9	60,9	2	0
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 0-30	0-30	9,1	14,9	10,0	9,8	56,2	3	1
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 30-50	30-50	6,6	13,1	8,5	7,5	64,2	1	1
P22	FOR	2019	P22 - 0-30	0-30	11,6	23,6	38,0	22,3	4,5	1	1
P22	FOR	2019	P22 - 30-50	30-50	11,1	21,1	31,5	27,5	8,8	1	0
P23	PRAI	2019	P23 - 0-30	0-30	11,4	16,6	23,2	9,9	39,0	1	5
P23	PRAI	2019	P23 - 30-50	30-50	10,4	15,7	15,5	10,1	48,3	2	5
P24	PRAI	2019	P24 - 0-30	0-30	16,0	24,6	31,0	18,3	10,1	1	0
P24	PRAI	2019	P24 - 30-50	30-50	10,8	19,1	29,8	28,5	11,9	1	0
P27	PRAI	2020	P27 - 0-30	0-30	43,1	35,2	3,4	10,8	7,5	2	3
P27	PRAI	2020	P27 - 30-50	30-50	34,6	30,8	2,7	22,7	9,2	1	5
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 0-30	0-30	9,7	18,6	5,8	19,5	46,4	2	8
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 30-50	30-50	10,6	19,9	5,6	22,7	41,2	1	3
P28-interrang	ARBO	2020	P28-interrang - 0-30	0-30	9,1	19,1	4,9	20,3	46,6	2	5
P28-interrang	ARBO	2020	P28-interrang - 30-50	30-50	10,0	18,9	5,3	22,5	43,2	2	7
P30	FOR	2020	P30 - 0-30	0-30	10,0	19,5	2,7	12,5	55,3	2	2
P30	FOR	2020	P30 - 30-50	30-50							
P31	FOR	2020	P31 - 0-30	0-30	11,8	20,7	2,0	13,4	52,1	2	5
P31	FOR	2020	P31 - 30-50	30-50	12,0	19,2	1,0	11,7	56,1	1	2
P32	MAR	2020	P32 - 0-30	0-30	11,1	18,5	0,5	15,8	54,1	1	2
P32	MAR	2020	P32 - 30-50	30-50	11,1	18,3	0,5	14,5	55,6	1	1
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 0-30	0-30	9,1	17,4	0,1	13,2	60,1	1	5
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 30-50	30-50	10,0	19,7	2,0	12,9	55,5	1	3
P34-interrang	ARBO	2020	P34-interrang - 0-30	0-30	9,1	18,5	1,6	9,6	61,1	1	3
P34-interrang	ARBO	2020	P34-interrang - 30-50	30-50	10,2	20,8	2,8	12,1	54,2	1	3
P35	PRAI	2020	P35 - 0-30	0-30	13,0	21,3	2,4	10,0	53,2	1	1
P35	PRAI	2020	P35 - 30-50	30-50	11,9	21,1	1,9	10,3	54,8	1	2
P36	GCC	2020	P36 - 0-30	0-30	10,6	20,8	3,3	12,6	52,8	1	3
P36	GCC	2020	P36 - 30-50	30-50	11,3	20,2	1,0	12,0	55,5	1	3
P37	FOR	2020	P37 - 0-30	0-30	11,4	18,9	1,2	15,4	53,1	2	7
P37	FOR	2020	P37 - 30-50	30-50	11,8	18,1	1,1	12,3	56,7	1	1

Tableau : Analyses physico-chimiques – 1

CODE Parcelle		Année prélè	Code échantillon	Profondeur	Analyses physico-chimiques (Laboratoire Teyssier)											Indicateur de l'activité biologique K2 (%)	Bilan humique prévisionnel (Kg d'humus/ha /an sans apport organique)
					Texture	Capacité d'échange cationique CEC (meq/100 g)	pH Eau	Calcaire Total (%)	Matières Organiques Totales (%)	Carbone C (g/Kg)	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5 (mg/Kg)	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5 (meq/Kg)	Azote total (mg/Kg)	C/N			
P01	GCP	2018	P01-0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-	12,1	7,9	22	3,14	18,21	68	2,4	2 360	7,7	1,00	-942	
P01	GCP	2018	P01-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	11,6	8,1	22	4,18	24,25	37	1,3	2 360	10,3	1,01	-1267	
P02	GCC	2018	P02-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	6,9	6,8	0	2,25	13,05	51	1,8	1 130	11,5	1,95	-1316	
P02	GCC	2018	P02-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	6,5	6,7	0	1,73	10,03	51	1,8	1 138	8,8	1,98	-1028	
P03	FOR	2019	P03-0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-14.5 argileux - Lsa	14,7	7,8	19	4,68	27,1	76	2,7	2 984	9,1	0,95	-1334	
P03	FOR	2019	P03-30-50	30-50	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	12,5	8,1	14	4,18	24,2	58	2,0	2 551	9,5	1,11	-1392	
P04	GCC	2018	P04-0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	13,9	8,3	34	2,88	16,71	52	1,8	2 020	8,3	0,65	-562	
P04	GCC	2018	P04-30-50	30-50	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	11,6	8,3	46	1,84	10,67	30	1,1	1 784	6,0	0,49	-270	
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	9,1	7,0	0	2,80	16,24	109	3,8	1 530	10,6	1,68	-1411	
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-30-50	30-50	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	9,8	6,8	0	1,23	7,13	94	3,3	840	8,5	1,60	-590	
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	8,6	6,9	0	1,63	9,45	85	3,0	1 030	9,2	1,66	-812	
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-30-50	30-50	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	10,8	7,3	1	3,55	20,59	136	4,8	1 720	12,0	1,58	-1683	
P07 rang	ARBO	2018	P07 rang-0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	9,8	7,0	0	3,09	17,92	101	3,6	1 690	10,6	1,61	-1492	
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	10,2	7,2	0	4,87	28,25	163	5,7	2 260	12,5	1,64	-2396	
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-30-50	30-50	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	9,1	8,3	8	1,19	6,90	46	1,6	820	8,4	1,32	-471	
P08	MAR	2018	P08-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	8,4	8,3	8	0,98	5,68	44	1,5	680	8,4	1,36	-400	
P08	MAR	2018	P08-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	8,1	7,1	0	1,44	8,35	61	2,1	920	9,1	1,88	-812	
P09	GCC	2018	P09-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	8,0	7,7	1	0,92	5,34	54	1,9	720	7,4	1,79	-494	
P09	GCC	2018	P09-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	8,8	7,7	3	1,41	8,18	55	1,9	980	8,3	1,58	-668	
P10	AGROF	2018	P10-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	8,3	8,0	3	1,04	6,03	54	1,9	711	8,5	1,57	-490	
P10	AGROF	2018	P10-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	12,2	7,6	3	2,86	16,59	86	3,0	1 977	8,4	1,18	-1012	
P11	GCC	2018	P11-0-30	0-30	Limono-argilo-sableuse - LAS	13,6	7,8	5	2,72	15,78	66	2,3	1 921	8,2	0,96	-783	
P11	GCC	2018	P11-30-50	30-50	Argilo-limono-sableuse - ALS	8,8	7,3	1	1,38	8,00	174	6,1	834	9,6	1,76	-729	
P12	MAR	2018	P12-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	8,5	7,2	0	1,21	7,02	162	5,7	748	9,4	1,87	-679	
P12	MAR	2018	P12-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	17,9	8,0	12	5,12	29,7	26	0,9	3 641	8,2	1,30	-1997	
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	11,4	8,1	9	2,65	15,4	18	0,6	1 616	9,5	1,46	-1161	
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	10,8	8,0	13	3,91	22,7	21	0,7	2 357	9,6	1,42	-1666	
P13-culture	GCP	2019	P13culture-0-30	0-30	Légère de sable limoneux - SL	7,6	8,4	7	1,11	6,4	15	0,5	657	9,8	1,75	-583	
P13-culture	GCP	2019	P13culture-30-50	30-50	Légère sableuse - S	8,6	7,9	6	1,67	9,69	66	2,3	1 069	9,1	1,51	-757	
P14	JACH	2018	P14-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	7,9	8,1	6	1,15	6,67	57	2,0	738	9,0	1,51	-521	
P14	JACH	2018	P14-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	9,7	6,6	0	3	15,2	68	2,4	1 525	10,0	1,51	-521	
P15-rang	ARBO	2020	P15-rang-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	9,2	6,3	0	2	9,7	43	1,5	1 015	9,5	1,51	-521	
P15-rang	ARBO	2020	P15-rang-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	9,4	6,5	0	3	17,1	84	3,0	1 785	9,6	1,51	-521	
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	9,4	6,5	0	1	8,1	52	1,8	731	11,0	1,51	-521	
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	11,2	8,0	6	1,59	9,22	35	1,2	1 049	8,8	1,44	-687	
P16	AGROF	2018	P16-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	9,6	8,1	5	1,08	6,26	32	1,1	836	7,5	1,49	483	
P16	AGROF	2018	P16-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa												

Tableau : Analyses physico-chimiques – 2

				Analyses physico-chimiques (Laboratoire Teyssier)												
CODE Parcelle		Année prélè		Texture	Capacité d'échange cationique CEC (meq/100 g)	pH Eau	Calcaire Total (%)	Matières Organiques Totales (%)	Carbone C (g/Kg)	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5 (mg/Kg)	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5 (meq/Kg)	Azote total (mg/Kg)	C/N	Indicateur de l'activité biologique K2 (%)	Bilan humique prévisionnel (Kg d'humus/ha /an sans apport organique)	
			Code échantillon	Profondeur												
P17-rang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	Argilo-limono-sableuse - Als	18,5	8,1	53	3,88	22,5	75	2,6	2 675	8,4		
P17-rang	ARBO	2020	P17-30-50	30-50	Limono-argilo-sableuse - LAS	16,0	8,3	56	2,39	13,9	23	0,8	1 336	10,4		
P17-interrang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	Limono-argilo-sableuse - LAS	16,6	8,1	54	5,12	29,7	75	2,6	3 054	9,7		
P17-interrang	ARBO	2020	P17-30-50	30-50	Limono-argilo-sableuse - LAS	14,4	8,4	55	3,01	17,5	26	0,9	1 449	12,0		
P18	GCC	2020	P18-0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	9,0	8,2	3	1,54	8,9	68	2,4	750	11,9		
P18	GCC	2020	P18-30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	9,1	8,1	6	0,96	5,6	70	2,5	714	7,8		
P19	GCC	2019	P19 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	12,5	7,3	0	1,69	9,8	48	1,7	1 058	9,3	1,61	-816
P19	GCC	2019	P19- 30-50	30-50	Limono-argilo-sableuse - LAS	13,6	7,3	0	1,39	8,1	31	1,1	963	8,4	1,49	-621
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 0-30	0-30	Légère sableuse - S	11,1	6,3	0	1,45	8,4	52	1,8	735	11,4	2,20	-957
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 30-50	30-50	Légère sableuse - S	10,0	5,8	0	1,11	6,4	33	1,2	516	12,5	2,18	-726
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 0-30	0-30	Légère sableuse - S	11,6	6,1	0	1,12	6,5	42	1,5	575	11,3	2,11	-709
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 30-50	30-50	Légère sableuse - S	12,0	5,9	0	1,00	5,8	30	1,1	442	13,1	2,29	-687
P22	FOR	2019	P22 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	11,1	7,8	22	3,68	21,3	69	2,4	1 930	11,1	1,00	-1104
P22	FOR	2019	P22 - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	9,2	7,8	23	2,57	14,9	86	3,0	1 372	10,9	1,00	-771
P23	PRAI	2019	P23 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	9,5	6,9	0	2,68	15,5	152	5,4	1 624	9,6	1,95	-1568
P23	PRAI	2019	P23 - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argilo-limoneux - Sal	8,9	7,0	0	1,37	7,9	77	2,7	878	9,1	2,02	-830
P24	PRAI	2019	P24 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de limon sablo-16.0 argileux - Lsa	12,2	8,0	28	2,35	13,6	31	1,1	1 261	10,8	0,78	-550
P24	PRAI	2019	P24 - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de limon sablo-argileux - Lsa	10,4	8,4	30	1,06	6,1	33		636	9,7	0,88	-280
P27	PRAI	2020	P27 - 0-30	0-30	Argileuse - A	29,4	7,9	8	7,14	41,4	24	0,8	3 684	11,2		
P27	PRAI	2020	P27 - 30-50	30-50	Argilo-limono-sableuse - Als	20,7	8,4	33	1,39	8,1	13	0,5	839	9,6		
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 0-30	0-30	Légère sableuse - S	9,4	7,2	1	2,15	12,5	97	3,4	1 121	11,1		
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	7,8	7,1	0	1,19	6,9	86	3,0	721	9,6		
P28-interrang	ARBO	2020	P28-interrang - 0-30	0-30	Légère sableuse - S	6,3	6,7	0	1,68	9,7	87	3,1	890	10,9		
P28-interrang	ARBO	2020	P28-interrang - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	5,7	6,7	0	1,24	7,2	77	2,7	722	10,0		
P30	FOR	2020	P30 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	11,7	4,9	0	3,21	18,6	22	0,8	1 304	14,3		
P30	FOR	2020	P30 - 30-50	30-50												
P31	FOR	2020	P31 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	12,7	4,4	0	4,96	28,8	21	0,7	2 103	13,7		
P31	FOR	2020	P31 - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	11,6	4,5	0	2,75	16,0	17	0,6	1 263	12,6		
P32	MAR	2020	P32 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	10,8	6,6	0	3	16,6	122	4,3	1 450	11,4		
P32	MAR	2020	P32 - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	10,1	6,0	0	1	7,9	107	3,0	805	9,8		
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 0-30	0-30	Légère sableuse - S	8,6	6,3	0	2	10,1	51	1,8	1 001	10,1		
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	8,1	6,1	0	2	9,2	37	1,3	901	10,2		
P34-interrang	ARBO	2020	P34-interrang - 0-30	0-30	Légère sableuse - S	9,8	6,6	0	5	29,4	110	3,9	2 710	10,8		
P34-interrang	ARBO	2020	P34-interrang - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	7,7	6,4	0	1	8,1	39	1,4	988	8,2		
P35	PRAI	2020	P35 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	14,9	6,1	0	4	25,5	38	1,3	2 442	10,4		
P35	PRAI	2020	P35 - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	9,4	6,1	0	2	10,7	22	0,8	1 212	8,9		
P36	GCC	2020	P36 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	11,0	6,3	0	3	17,8	152	5,4	1 878	9,5		
P36	GCC	2020	P36 - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	11,3	6,4	0	2	10,8	127	4,5	1 221	8,8		
P37	FOR	2020	P37 - 0-30	0-30	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	11,9	4,8	0	4,62	26,8	18	0,6	1 860	14,4		
P37	FOR	2020	P37 - 30-50	30-50	Moyenne sableuse de sable argileux - Sa	10,5	5,0	0	1,77	10,3	14	0,5	927	11,1		

Tableau : Données agronomiques – 1

Données agronomiques (laboratoire Teyssier)								
CODE Parcelle		Année prélèvement	Code échantillon	Profondeur	Aptitude à la fissuration	Stabilité structurale	Risque d'asphyxie	Réaction du sol
P01	GCP	2018	P01-0-30	0-30	Aptitude très faible	Très instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P01	GCP	2018	P01-30-50	30-50	Aptitude très faible	Instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P02	GCC	2018	P02-0-30	0-30	Aptitude très faible	Instable	Risque moyen à faible	Sol neutre, réaction très élevée pour ce type de sol
P02	GCC	2018	P02-30-50	30-50	Aucune Aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol neutre, réaction très élevée pour ce type de sol
P03	FOR	2019	P03-0-30	0-30	Aptitude faible	Très instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P03	FOR	2019	P03-30-50	30-50	Aptitude faible	Très instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P04	GCC	2018	P04-0-30	0-30	Aptitude faible	Instable / très ins	Risque moyen à élevé	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P04	GCC	2018	P04-30-50	30-50	Aptitude faible	Instable / très ins	Risque moyen à élevé	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-0-30	0-30	Aptitude faible	Instable	Risque moyen	Sol neutre, réaction très élevée pour ce type de sol
P06 rang	ARBO	2018	P06 rang-30-50	30-50	Aptitude moyenne	Instable / très ins	Risque moyen à élevé	Sol neutre, réaction très légèrement élevée pour ce type de sol
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-0-30	0-30				
P06 interrang	ARBO	2018	P06 interrang-30-50	30-50	Aptitude faible	Très instable	Risque moyen à élevé	Sol neutre, réaction élevée pour ce type de sol
P07 rang	ARBO	2018	P07 rang-0-30	0-30	Aptitude faible	Très instable	Risque moyen à élevé	Sol alcalin, réaction élevée pour ce type de sol
P07 rang	ARBO	2018	P07 rang-30-50	30-50	Aptitude faible	Très instable	Risque moyen à élevé	Sol neutre, réaction élevée pour ce type de sol
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-0-30	0-30	Aptitude faible	Très instable	Risque moyen à élevé	Sol neutre, réaction élevée pour ce type de sol
P07 interrang	ARBO	2018	P07 interrang-30-50	30-50	Aptitude faible	Très instable	Risque moyen à élevé	Sol neutre, réaction élevée pour ce type de sol
P08	MAR	2018	P08-0-30	0-30	Aptitude faible	Instable	Risque moyen	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P08	MAR	2018	P08-30-50	30-50	Aptitude moyenne	Instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P09	GCC	2018	P09-0-30	0-30	Aptitude faible	Instable	Risque moyen à faible	Sol neutre, réaction élevée pour ce type de sol
P09	GCC	2018	P09-30-50	30-50	Aptitude moyenne	Instable	Risque moyen à faible	Sol alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P10	AGROF	2018	P10-0-30	0-30	Aptitude faible	Instable	Risque moyen à faible	Sol alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P10	AGROF	2018	P10-30-50	30-50	Aptitude faible	Instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P11	GCC		P11-0-30	0-30	Aptitude moyenne	Instable	Très grand risque	Sol alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P11	GCC		P11-30-50	30-50	Aptitude moyenne	Moyen	Très grand risque	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P12	MAR	2018	P12-0-30	0-30	Aptitude faible	Instable	Risque moyen à faible	Sol alcalin, réaction élevée pour ce type de sol
P12	MAR	2018	P12-30-50	30-50	Aucune Aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol neutre, réaction très élevée pour ce type de sol
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-0-30	0-30	Aucune aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P13-drainage	GCP	2019	P13drainage-30-50	30-50	Aucune aptitude	Moyen	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P13-culture	GCP	2019	P13culture-0-30	0-30	Aucune aptitude	Moyen	Pas de risque	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P13-culture	GCP	2019	P13culture-30-50	30-50	Aucune aptitude	Moyen	Pas de risque	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P14	JACH	2018	P14-0-30	0-30	Aptitude très faible	Instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P14	JACH	2018	P14-30-50	30-50	Aptitude très faible	Instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P15-rang	ARBO	2020	P15-rang-0-30	0-30	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction légèrement élevée pour ce type de sol
P15-rang	ARBO	2020	P15_rang-30-50	30-50	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction correcte pour ce type de sol
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-0-30	0-30	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction légèrement élevée pour ce type de sol
P15-interrang	ARBO	2020	P15-interrang-30-50	30-50	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction légèrement élevée pour ce type de sol
P16	AGROF	2018	P16-0-30	0-30	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P16	AGROF	2018	P16-30-50	30-50	Aucune aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol

Tableau : Données
agronomiques – 2

				Données agronomiques (laboratoire Teyssier)				
CODE Parcelle		Année prélèvement	Code échantillon	Profondeur	Aptitude à la fissuration	Stabilité structurale	Risque d'asphyxie	Réaction du sol
P17-rang	ARBO	2020	P17-30-50	30-50	Aptitude moyenne	Instable	Très grand risque	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P17-interrang	ARBO	2020	P17-0-30	0-30	Aptitude moyenne	Stable	Très grand risque	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P17-interrang	ARBO	2020	P17-30-50	30-50	Aptitude moyenne	Instable	Très grand risque	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P18	GCC	2020	P18-0-30	0-30	Aptitude faible	Instable	Risque moyen à élevé	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P18	GCC	2020	P18-30-50	30-50	Aptitude moyenne	Instable	Risque moyen à élevé	Sol très alcalin, réaction très élevée pour ce type de sol
P19	GCC	2019	P19 - 0-30	0-30	Aptitude faible	Instable	Risque moyen à élevé	Sol alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P19	GCC	2019	P19 - 30-50	30-50	Aptitude moyenne	Instable	Risque moyen à élevé	Sol alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Moyen	Pas de risque	Sol faiblement acide, Réaction correcte pour ce type de sol
P20-rang	ARBO	2019	P20-rang - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Moyen	Pas de risque	Sol acide, Réaction faible pour ce type de sol
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Moyen	Pas de risque	Sol faiblement acide, Réaction correcte pour ce type de sol
P20-interrang	ARBO	2019	P20-interrang - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Très stable	Pas de risque	Sol acide, Réaction très légèrement faible pour ce type de sol
P22	FOR	2019	P22 - 0-30	0-30	Aptitude faible	Très instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P22	FOR	2019	P22 - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Très instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P23	PRAI	2019	P23 - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol neutre, Réaction très élevée pour ce type de sol
P23	PRAI	2019	P23 - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol neutre, Réaction très élevée pour ce type de sol
P24	PRAI	2019	P24 - 0-30	0-30	Aptitude faible	Instable	Risque moyen à élevé	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P24	PRAI	2019	P24 - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Très instable	Risque moyen à faible	Sol très alcalin Réaction très élevée pour ce type de sol
P27	PRAI	2020	P27 - 0-30	0-30	Fort aptitude	Stable	Très grand risque	Sol très alcalin, réaction légèrement élevée pour ce type de sol
P27	PRAI	2020	P27 - 30-50	30-50	Aptitude bonne	Stable	Très grand risque	Sol très alcalin, Réaction très élevée pour ce type de sol
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Moyen	Risque moyen à faible	Sol neutre, réaction très élevée pour ce type de sol
P28-rang	ARBO	2020	P28-rang - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol neutre, réaction très élevée pour ce type de sol
P28-interrang	ARBO	2020	P28-interrang - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Moyen	Risque moyen à faible	Sol neutre, réaction élevée pour ce type de sol
P28-interrang	ARBO	2020	P28-interrang - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Moyen	Risque moyen à faible	Sol neutre, réaction élevée pour ce type de sol
P30	FOR	2020	P30 - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol très acide, réaction très faible pour ce type de sol
P30	FOR	2020	P30 - 30-50	30-50				
P31	FOR	2020	P31 - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol très acide, réaction très faible pour ce type de sol
P31	FOR	2020	P31 - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol très acide, réaction très faible pour ce type de sol
P32	MAR	2020	P32 - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction légèrement élevée pour ce type de sol
P32	MAR	2020	P32 - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction légèrement faible pour ce type de sol
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Très stable	Pas de risque	Sol faiblement acide, réaction correcte pour ce type de sol
P34-rang	ARBO	2020	P34-rang - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction très légèrement faible pour ce type de sol
P34-interrang	ARBO	2020	P34-interrang - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Très stable	Pas de risque	Sol faiblement acide, réaction élevée pour ce type de sol
P34-interrang	ARBO	2020	P34-interrang - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Moyen	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction correcte pour ce type de sol
P35	PRAI	2020	P35 - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction légèrement faible pour ce type de sol
P35	PRAI	2020	P35 - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction très légèrement faible pour ce type de sol
P36	GCC	2020	P36 - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Instable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction correcte pour ce type de sol
P36	GCC	2020	P36 - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol faiblement acide, réaction correcte pour ce type de sol
P37	FOR	2020	P37 - 0-30	0-30	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol très acide, réaction très faible pour ce type de sol
P37	FOR	2020	P37 - 30-50	30-50	Aucune aptitude	Stable	Risque moyen à faible	Sol très acide, réaction très faible pour ce type de sol

Protocoles des laboratoires

Afin de permettre la reproductibilité des résultats et la rigueur des prélèvements, des protocoles spécifiques au projet ont été rédigés par la Fondation, à partir des recommandations du comité scientifique. Afin de guider les élèves bénévoles, des journées de formation ont également été organisées dans les établissements partenaires et deux manuels guides ont été rédigés et fournis aux lycées. Ce sont également les protocoles qui ont été fournis aux chambres d'agriculture pour les prélèvements de la campagne 2020.

○ Prélèvements

Afin de guider les bénévoles dans l'étude des parcelles ROVALTERRA, des journées de formation ont été organisées dans les établissements partenaires et deux manuels guides ont été rédigés et fournis aux bénévoles.

Manuel 1 – Connaissance des parcelles de l'observatoire ROVALTERRA

- ➔ Le renseignement du questionnaire de connaissance de la parcelle grâce aux outils en ligne (géoportail, infoterre) et à l'échange direct avec le propriétaire/l'exploitant de la parcelle.

Manuel 2 – Prélèvements de sol au sein des parcelles de l'observatoire ROVALTERRA

- ➔ La phase de prélèvement, après prise de RDV avec le propriétaire, à la tarière et à la mini-fosse pour les analyses en laboratoire d'un côté et la mesure de la densité des échantillons de l'autre.

Manuel 3 – Préparation des échantillons de sol pour analyses physico-chimiques des parcelles de l'observatoire ROVALTERRA et réalisation des mesures d'humidité du sol et de densité apparente du sol

- ➔ Le travail en laboratoire, avec préparation des échantillons pour les différents laboratoires et différentes manipulations pour la mesure de la densité des échantillons.

Une fois les analyses terminées et les résultats envoyés par les laboratoires, les volontaires s'appliquent ensuite à faire un retour aux propriétaires de parcelles (majoritairement des agriculteurs).

N.B. : Dans la phase de suivi prévue au terme des 3 ans, la partie 'Connaissance de la parcelle' disparaît. Les prélèvements se limitent à la tarière pour envoi aux laboratoires, et la partie mini-fosse pour la mesure de densité disparaît également.

○ Analyse du carbone organique du sol par la machine Rock-Eval

Etude du stock de carbone organique du sol ; protocole d'analyse Rock-Eval, d'après Disnar et al. 2003

Les échantillons ont été analysés par la plateforme dédiée de l'APROG : Association pour le PROMotion de la Géologie, avec un appareil de type Rock-Eval 6 Turbo selon la méthode décrite par Disnar et al. (2003).

Cette méthode consiste à chauffer, sous courant de gaz inerte (N₂), environ 60 mg de l'échantillon de sol préalablement séché et finement broyé. La pyrolyse débute par une isotherme à 200°C pendant 3 min puis se poursuit jusque 650°C avec une montée en température de 30 °C/min. Les effluents de pyrolyse mélangés au gaz vecteur sont divisés en deux et une partie est analysée par un détecteur à ionisation de flamme (FID) qui détecte les hydrocarbures et l'autre fraction est dirigée vers un spectromètre IR qui détecte le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO₂). Les hydrocarbures libérés à 200°C pendant sont identifiés en tant que pic S1. Dans l'intervalle 200-650°C, les composés hydrocarbonés plus lourds sont volatilisés (pic S2).

En parallèle sont mesurés les ppm de CO et de CO₂ produit par le craquage thermique de la MOT (pic S3 jusque 400°C et autres pics : S3' au-delà de 400°C et S3CO et S3'CO).

Après refroidissement en fin de pyrolyse, l'échantillon est ensuite introduit, par un passeur automatique, dans un four d'oxydation. Au cours de cette seconde phase d'analyse, l'échantillon est chauffé de 300 à 850 °C à raison de 20°C/min. Le CO et CO₂ résiduels sont détectés par la mesure infra-rouge (pics S4CO et S4CO₂ et S5).

Principe de l'analyse Rock-Eval

Ce cycle d'analyse, d'une durée totale de 55 minutes environ, fournit donc une quantité pour les différentes natures d'effluents : S1 et S2 en mg HC/g de sol, S3 en mg CO₂/g de sol, etc ... En plus est déterminé le Tmax qui est la température atteinte par le four au sommet du pic S2. Ce paramètre est un indicateur du degré de stabilité thermique de la matière organique dans le sol.

A partir de ces données sont calculés :

- La teneur en carbone organique total (COT) en % pondéral de l'échantillon. C'est la somme du carbone pyrolysé (PC calculés à partir des pics S1, S2 et S3/S3CO) et du carbone organique résiduel (RC calculé à partir des pics S4). A partir des données de densité apparente du sol, il est possible de calculer le stock de carbone par hectare de sol sur la profondeur de l'horizon étudié (ici 0-30 cm et 30-50cm) grâce à la formule : teneur en carbone organique total (en%)*densité apparente (g/cm³)*profondeur horizon (en cm)
- La teneur en carbone minéral correspondant à une partie du pic S3'CO + S3' + le pic S5.

○ Analyse des enzymes du sol

Mesure des activités hydrolases

Les activités Phosphatase (PHOS), Arylsulfatase (ARS), β-Glucosidase (βGLU), Uréase (URE) et Arylamidase (ARN) sont mesurées selon la norme ISO 20130 issues de modifications des protocoles respectifs de : Tabatabai et Bremner (1970), Dick et al (1996), Tabatabai et Bremner (1972), Sinsabaugh et al (2000) et Acosta-Martinez et Tabatabai (2000a). La mesure est effectuée sur microplaques 96 puits (PS, Nunc, VWR) avec un lecteur Infinite 200 (Técan) à partir de 4 g de sol en triplicat.

Calculs des activités

Les activités enzymatiques du sol sont exprimées en mU (équivalent nmole de produit libéré par minute) par gramme de sol sec.

- Extraction et quantification de la biomasse moléculaire microbienne du sol

La biomasse moléculaire est obtenue après extraction d'ADN avec le kit « FastDNA Spin kit for soil » (MP Biomedicals). Les produits issus de l'extraction sont quantifiés par fluorométrie en utilisant la méthode Qubit™.

SCOT DU GRAND
ROVALTAIN ARDÈCHE-DRÔME
SYNDICAT MIXTE DU SCHÉMA DE
COHÉRENCE TERRITORIALE

Partenaires financiers

