

Fieldbook

Observatoire de
la zone critique
d'Auradé



Géologie

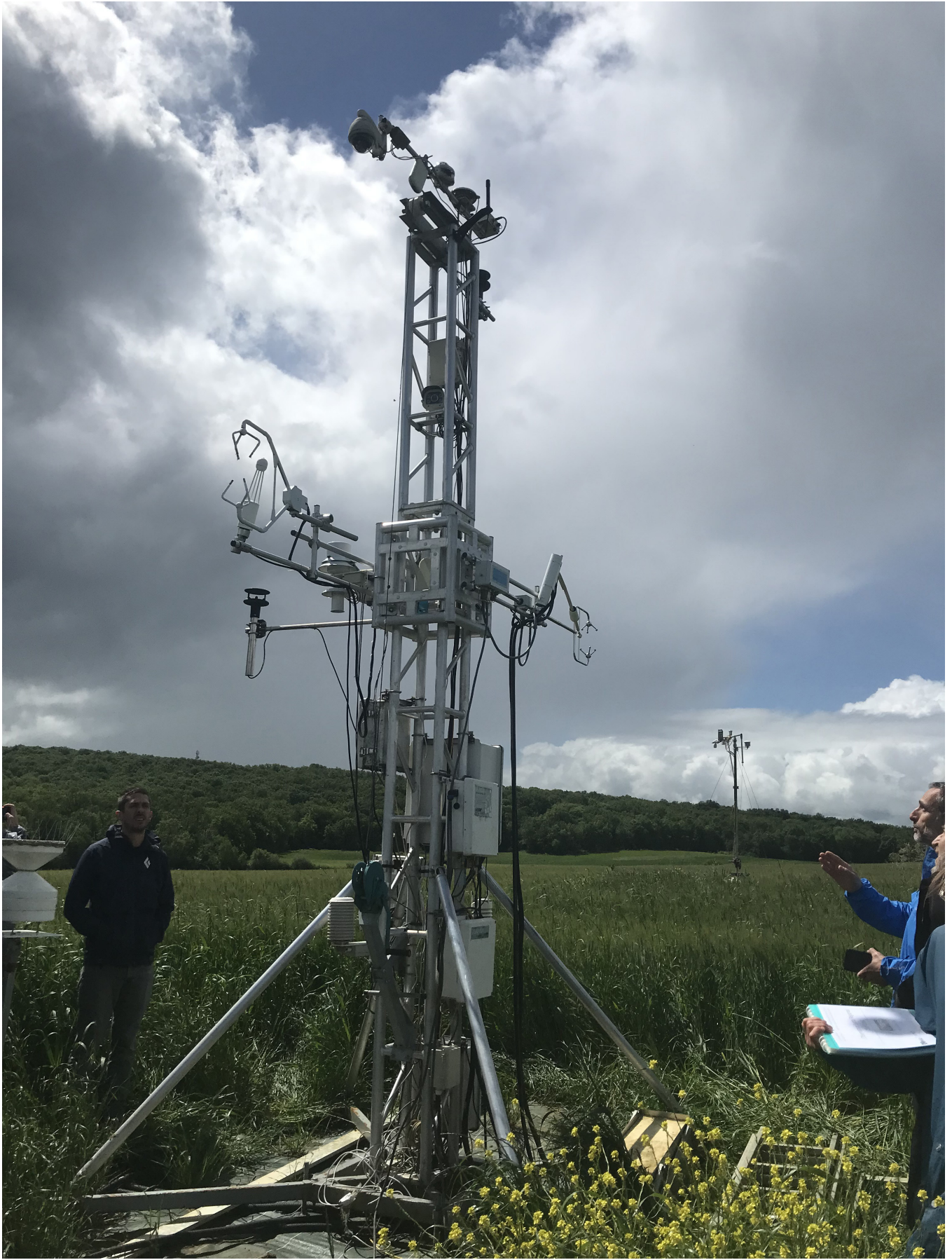
« Si tu veux faire le cycle d'une particule à Auradé, il faut que tu te connectes à la chaîne de formation Pyrénéennes. La molasse, c'est une poubelle de l'érosion d'une chaîne de montagne qui se forme dans des lacs ou plaines alluviales. C'est très hétérogène parce que selon que tu es dans un chenal d'une paléo rivière ou une paléo plaine alluviale, tu vas avoir des choses très fines, argileuses, ou au contraire dans le lit de la rivière des gros grains. Tu vois des paléo chenaux (= anciens lits de rivière) sur les affleurements avec des gros blocs à la base. C'est des stratifications entrecroisées – très sableux, puis faciès argileux, très compact, mais un km plus loin, un chenal ravinant, qui a recreusé, les rivières passent leur temps à se déplacer, elles oscillent comme les serpents. Ce sont des anciens lits. Souvent il y a des levées, caractérisées par des minéraux plus fins mais très entrecroisées. Si je continue mon schéma, là je vais faire des faciès de plaines alluviales, avec des paléo sols, on voit des paléo racines, on voit des terriers. Si un arbre avait fait des racines, là où il y avait des racines, ce sont des zones plus réduites du point de vue chimique, donc pas oxydées, et les oxydes de fer prennent une autre couleur. Donc tu as souvent des jolies alternances de couleurs entre le rouge quand il n'est pas réduit, et le vert jaune quand il est réduit. Tu peux avoir des traces d'oiseaux, des dinosaures, quand ils marchaient dans une carrière, des empreintes. Tout est débris des Pyrénées. Il faut imaginer un paysage avec des fleuves qui divaguent, comme l'amazone actuelle et c'est charrié par les rivières – quand les montagnes perdaient leurs sédiments ils se déposaient là et pas dans l'océan. L'aquitaine était encore très loin. »

— Jérôme Gaillardet

« « Il y a la roche, la croûte, le manteau, mais en fait la majeure partie de ce qui se passe d'actif et de rapide en interaction avec le vivant, c'est dans un truc tout petit à l'échelle où le géologue regarde.

(avec la géophysique) C'est plutôt cette gradation qu'il faut comprendre. Ce qui est intéressant à Auradé c'est qu'il y a effectivement le sol qui disparaît un peu dans les zones des plus fortes pentes, puis ça s'accumule en dessous, donc ça c'est assez symptomatique du problème d'érosion des sols. Après, par contre, sur ce qui se passe en dessous, c'est plus difficile à dire, parce que comme la molasse est déjà un peu hétérogène en fonction de ce qui a été accumulé comme sédiments, est-ce que c'est plus ou moins consolidé, est-ce que l'apport sédimentaire change un peu le type de roche - les alternances de type de roche dans la molasse. Vu que la roche initiale est déjà variable spatialement, est-ce que c'est les variations de la roche initiale ou c'est une variation dans l'altération de la roche initiale ? »

— Sylvain Pasquet



Echanges de flux

« Contribuer à la compréhension du fonctionnement des parcelles agricoles en termes de flux de gaz à effet de serre, mais pas au sens où les parcelles agricoles émettent que du gaz à effet de serre mais au sens où elles sont aussi capables de séquestrer beaucoup de CO₂. **On dit souvent que les forêts, les prairies sont des poumons, de gros puits de carbone, c'est-à-dire qu'elles fixent beaucoup de CO₂ et que les cultures le font moins, mais en fait selon la méthode, la pratique, la gestion et l'intensité d'exploitation qui est appliquée sur la parcelle, les cultures peuvent être de bons puits de CO₂.** »

— Tiphaine Tallec

« En termes de bilan de gaz à effet de serre, on regarde quel est le potentiel de la culture à séquestrer du CO₂ et on regarde l'autre gaz à effet de serre qui est très important en agriculture qui est le protoxyde d'azote, le N₂O. »

— Tiphaine Tallec

« **Comment représenter ces cycles sur la carte, les cycles de l'azote, du carbone mais aussi les cycles de cultures. C'est des fluctuations que nous mesurons et que l'on intègre à la demi-heure parce que il y a des phénomènes, des tourbillons.** La mesure que l'on fait est dans, il faut se représenter des choses que tu ne vois pas mais qui sont physiquement présentes mais transparentes pour nous, c'est qu'on a **un écoulement d'air et il est constitué de tourbillons de hautes et très basses fréquences** donc un tourbillon de haute fréquence c'est un Eddy, c'est pour ça qu'on appelle Eddy covariance : c'est un tourbillon de haute fréquence c'est-à-dire que le tourbillon va emmener un volume d'air mais il va mettre très peu de temps à l'embarquer, donc cette fraction, cette portion d'air, - c'est très schématique c'est très conceptuel - elle a une température donnée, elle a une concentration en CO₂ donnée, concentration en N₂O, enfin elle a des propriétés et le tourbillon va l'emmener très rapidement, à une vitesse de vent verticale donnée. Il y a donc de tout petits tourbillons et puis il y a des grands tourbillons, on a des plus grands phénomènes. »

— Tiphaine Tallec



Respiration du sol

« **La respiration du sol, ce n'est pas que les racines et cultures, c'est aussi les la respiration des organismes du sol : les vers de terre, les collemboles, les champignons et bactéries.** La respiration des racines autotrophes et la respiration hétérotrophe des micro-organismes du sol ou moins micro qui sont les vers de terre. »

— Tiphaine Tallec

« Ces flux émanant du sol parce qu'ils sont compliqués à capturer, à mesurer et à modéliser. Le CO₂ c'est relativement simple à modéliser et sur de grandes échelles, mais les flux de N₂O ça l'est moins, c'est pour ça qu'on développe des dispositifs pour mieux capturer ces phénomènes là et essayer de les modéliser, de les reproduire.

C'est le cycle court des grands cycles biogéochimiques. »

— Tiphaine Tallec

« On développe au CESBIO un système qui permet de mesurer simultanément les flux de CO₂ et d'oxygène de manière autonome avec une chambre qui s'ouvre et se ferme à une fréquence choisie pour avoir une vue du fonctionnement métabolique du sol : ratio entre l'oxygène consommé et le CO₂ qui est produit. C'est les quelques premiers cm du sol. Ces flux ne sont pas identiques, ces écarts montrent des phénomènes, soit de la matière organique qui mature ou au contraire de fermentation. »

— Vincent Bustillo

« **C'est surtout les cultures d'hiver qui séquestrent du carbone.** Une culture d'hiver est semée - imaginons du colza - début septembre et il va couvrir la parcelle jusqu'à fin juin début juillet ; donc 9 - 10 mois de l'année, la parcelle est couverte et donc pendant tout ce temps-là il y a de la photosynthèse qui fixe ce CO₂. Donc 9 à 10 mois de couverture et avec des cycles de saison, de croissance très très longue ; alors qu'une culture d'été ça va être au mieux début avril mi-septembre pendant 4 mois et demi ou 5 mois de couverture et le reste du temps la parcelle elle est nue, donc il n'y a que du CO₂ qui sort parce que le sol respire : il y a des bactéries, le sol est vivant donc il respire et donc des flux de CO₂ qui sortent. Or si on mettait un couvert intermédiaire d'hiver pendant tout ce temps-là, on aurait du CO₂ qui rentre en plus de celui qui sort, ce qui fait qu'on séquestrerait du CO₂.»

— Tiphaine Tallec



« Un sol riche en matière organique sera mieux structuré donc moins sujet à l'érosion et permettra aussi une meilleure rétention de l'eau dans les sols. Donc il y a vraiment un levier pour les sols très dégradés d'augmenter la matière organique parce que ceux qui sont déjà riches en matière organique on ne va pas faire mieux mais comme il y a la moitié des sols agricoles en France et dans le monde qui sont dégradés, il y a un vrai intérêt sur ce levier-là de ré enrichir en matière organique et donc d'adopter des pratiques qui permettraient de ré enrichir les sols en matière organique, de les régénérer, et ça c'est une des commandes de l'agence de l'eau d'expérimentalement tester tout ça et d'essayer le modéliser pour voir si des sols riches dans un bassin versant agricole en matière organique permettraient de **réguler le cycle de l'eau. »**

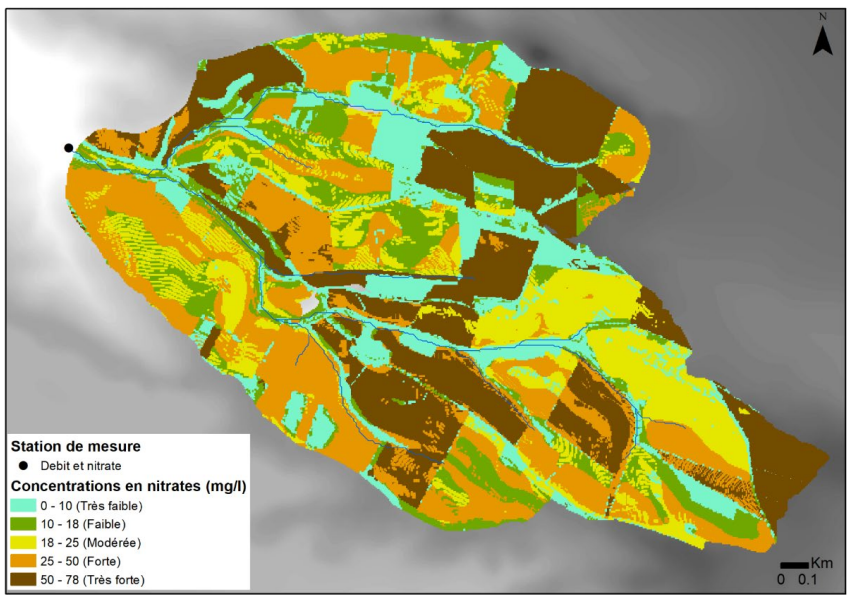
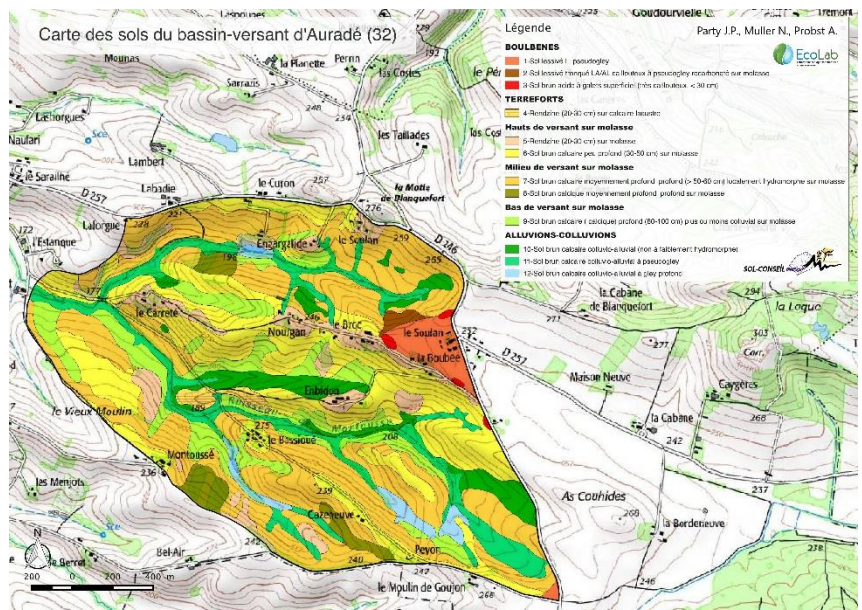
— Tiphaine Tallec

« Enrichir la matière organique des sols, ça passe par une augmentation de la séquestration de CO2 nécessairement mais c'est pas ça le plus important parce qu'on compte beaucoup sur l'augmentation de la séquestration de CO2 dans les stratégies nationales bas carbone, mais c'est un leurre ! C'est un vrai leurre que de parier sur le potentiel des forêts, des cultures, aujourd'hui c'est très risqué et fragile parce que on voit bien l'effet actuel du climat sur le dépérissement des forêts et c'est compliqué. **Mais sur le fait qu'augmenter la matière organique des sols permettrait d'améliorer, en tout cas de réguler mieux le cycle de l'eau dans les bassins versant, ça me paraît plausible et envisageable parce que ça augmente leur résilience. »**

— Tiphaine Tallec



0 0.5 1 Km



Longueurs d'ondes pour comprendre les besoins des plantes

« Il y a différentes longueurs d'onde et chacune nous apporte des informations complémentaires. Le type d'approche qu'on développe est de déduire de certaines longueurs d'ondes spécifiques de la teneur en azote – déduire de la chlorophylle dans les plantes pour avoir une idée de **l'alimentation azotée des plantes**. L'idée est de déduire une métrique mesurable avec ces visuels. »

— Vincent Bustillo

« l'écophysiologie est l'étude de la réponse des organismes vivants à un changement environnemental ».

— Tiphaine Tallec

« on travaille sur la télédétection de la teneur en azote des plantes - **c'est leur santé azotée qui va être le reflet d'un stress environnemental**. Quand on récolte les plantes, on les envoie en analyse dans un laboratoire pour estimer la teneur en azote et en carbone des plantes : analyses en micronutriments donc il y a l'azote, le potassium, le phosphore. »

— Tiphaine Tallec

« C'est un moment critique dans la croissance des plantes qui cause des anomalies. (...) **Dans les endroits non drainés on voit un indice végétal faible et des teneurs en azote faible, des zones de remontée de nappes ou d'hydromorphie rémanente, et où l'on pense que c'est des endroits où ça dénitrifie.** »

— Vincent Bustillo

« On a identifié des endroits où il y a le plus de dénitrification, avec des dynamiques de croissance différés, pas conformes à ce qu'on observe par ailleurs, et avec des couleurs de feuille qui traduisent le fait qu'il n'y a pas suffisamment de chlorophylle, et donc lié au fait qu'il n'y a pas suffisamment d'azote. Et l'a combiné avec des mesures de terrain, comme l'oxygène dans le sol, et les moments de décrochage entre ces endroits qui sont hydromorphes et le reste de la parcelle correspond à des moments où on n'a plus d'oxygène dans le sol. On n'a pas une mesure directe du flux de la dénitrification mais on a des mesures indirectes : le satellite pourrait être un bon moyen de repérer des endroits où ça dénitrifie. »

— Vincent Bustillo



Photo H.Raguet

Lentilles sableuses et circulation de l'eau

« On n'a pas une connaissance fine de ce qui se passe à l'interface entre la surface et le souterrain à travers les lentilles sableuses. (..) **A la sortie de ces lentilles, à l'interface, on a beaucoup d'azote qui portait la trace de son origine, qui a une signature isotopique de l'engrais – qui a été très peu dénitrifié** – et on ne s'y attendait pas tellement. »

– Vincent Bustillo

« On a des chemins préférentiels par des macro-pores, on est sur des terrains argileux avec des argiles gonflantes, il y a des écoulements assez profonds qui se font en quelques minutes, c'est assez surprenant. **A plusieurs mètres sous la surface on ne sait pas bien ce qui se passe, mais à certains moments ça revient à la surface par la faveur d'entités géologiques qui sont beaucoup plus perméables, qui correspondent à des paléo-chenaux, des zones aux granulométrie plus grossière, ce qu'on appelle les lentilles de sable.** Ça converge à des endroits où on peut observer des saturations. »

– Vincent Bustillo

« L'eau de nappe doit représenter 70% de l'eau qu'on mesure en sortie de 150 mm, donc environ 100 mm / an. »

– Vincent Bustillo

« Avec le LIDAR on s'aperçoit que **les bandes enherbées qui étaient prévus pour servir de tampons entre la parcelle et le cours d'eau ne jouent plus leur rôle, car un bourrelet s'est formé par érosion sur plusieurs dizaines d'années et au final, on a le ruissellement qui va courir le long de ce bourrelet et court circuité la bande enherbée.** On a un dépôt de matières en suspension, un creux, la voie de cheminement du ruissellement. Ça limite l'efficacité de la bande enherbée. »

– Vincent Bustillo

« Quand la nappe affleure la surface, il y a un écoulement direct entre le point d'affleurement et le cours d'eau via un chenal éphémère et via l'écoulement parallèle à la voie enherbée, cela va directement dans le cours d'eau. C'est au moins 80% de l'eau souterraine qui passe par ces points particuliers. Il y a un écoulement hypodermique qui se fait sur les premiers centimètres de sols, ce sont des sols assez calcaires et rapidement le milieu est très peu perméable, et ces écoulements se font sur quelques heures, quelques jours max par an. Et par contre il y a qqc de plus durable par ces lentilles de sable car quand elles sont en charge, l'écoulement peut durer 4-5 mois. Ce sont des zones saturées en eau, comme des sources en fait, ça suite ou ça fait un écoulement. »

– Vincent Bustillo

Du savoir à l'action : changement dans les pratiques agricoles avec les modèles

« Il y a ce qu'on appelle les pratiques agroécologiques où, dans l'agriculture de conservation du sol, on va réduire le travail du sol, c'est à dire qu'on va se limiter à la toute surface voire complètement arrêter le labour : il n'y aura plus de retournement de sol pour régénérer la parcelle, enfin le sol de la parcelle, parce que le labour a un impact fort sur l'état de santé du sol. En effet, **le labour casse la structure du sol et la matière organique, ce qui va favoriser sa minéralisation et sa diminution, et moins il y a de matière organique dans un sol, plus le sol est dégradé et donc sujet à l'érosion, il ne va pas retenir l'eau quand il y a de gros événements de pluie.** »

— Tiphaine Tallec

« Le modèle qu'on aura appliqué sur la parcelle flux calibré, validé, va être appliqué sur d'autres parcelles dans la région et permettre de prévoir la diminution de rendement, de perte économique et cetera. On va leur proposer une expérimentation par la modélisation, une sorte d'accompagnement dans la transition.

L'idée va être de leur présenter des cartes avec leurs exploitations parce qu'on a accès aux itinéraires techniques : sur une parcelle c'est un enchaînement d'opérations agricoles - la date de semis - un épandage d'azote ici - un épandage de produits phytosanitaires - un apport de phosphore. On a besoin de ces itinéraires techniques pour forcer nos modèles : on a besoin de renseigner la date de semis et le modèle va stimuler le développement de la végétation et va sortir des bilans carbone, des bilans azotés.

Le modèle permet de simuler le potentiel de séquestration carbone d'une parcelle agricole. C'est-à-dire que la télédétection nous permet d'accéder à l'occupation du sol avec des cartes d'occupation du sol : donc là tu sais qu'il y avait du maïs, là tu sais que t'avais du blé, du colza, et quand on sait ce qu'on a sur la parcelle et on fait tourner le modèle avec les paramètres de la culture. Ensuite le modèle simule les flux de CO₂ parce que les flux de CO₂ sont intimement liés à la surface verte de la végétation et après on simule la biomasse. »

— Tiphaine Tallec

« Une pratique agricole, c'est aussi un choix de rotation : avoir des rotations longues et des rotations courtes. Une rotation courte, c'est une monoculture de maïs : tous les ans c'est du maïs il y a des rotations à Lamasquère ça va être sur 2 ans maïs - blé et il y a des rotations longues où ils vont mettre 6 cultures différentes sur 6 années et donc ces rotations longues sont aussi dites agroécologiques parce qu'elles favorisent la biodiversité avec la régulation des pollinisateurs pour la lutte biologique, nos régulateurs biologiques. Donc on va aller plutôt à l'échelle de la rotation - 4 ans maximum parce que ce qui est enfoui l'année t en termes de résidus, on peut le retrouver l'année t + dans la respiration du sol. »

— Tiphaine Tallec

« L'idée ce serait d'aller vers plus d'autonomie, de dépendre moins des intrants, de l'achat des fertilisants et cetera parce que c'est devenu très très cher. »

— Tiphaine Tallec

« Il s'agirait de remplacer les fertilisants minéraux (3-4 fois par an) par des couverts à l'année, en hiver, qui apporte de l'azote à travers des fèves, ce sont des plantations supplémentaires en période d'hiver. Le blé est ramassé fin juin début juillet, puis plantation en avril de Tournesol : ça laissait 9 mois de sol à nu. Or les semis de légumineuses, facélis, fèves, couvrent le sol sans entamer le potentiel de la culture suivante. »

— Vincent Bustillo

« Une culture de blé c'est 150 unité d'azote, tournesol c'est 30, comme on a moitié-moitié sur le site, on va dire 90 unité d'azote au départ. Entre 15 et 20 kg sortent. Autour de 20% c'est l'ordre de grandeur. »

— Vincent Bustillo



Photo V.Bustillo

Santé des abeilles, métabolisme de la ruche et interface environnement

« Evaluer la santé cognitive des abeilles en particulier et des pollinisateurs en général. L'intérêt c'est que on va faire de la recherche de signes faibles puisque là aussi, souvent, on n'a pas des effets létaux des contaminants environnementaux mais par contre une **détérioration des classes cognitives qui est particulièrement importante pour les insectes pollinisateurs qui doivent trouver leur nourriture dans un environnement homogène**. Difficulté de l'évaluation du risque chimique : quand on fait des tests, on se rend compte qu'elle ne meurt pas, mais le problème est que ses capacités cognitives sont impactées, et du coup elles n'ont plus la capacité d'aller chercher les ressources florales ni la capacité de retrouver le chemin de la ruche. »

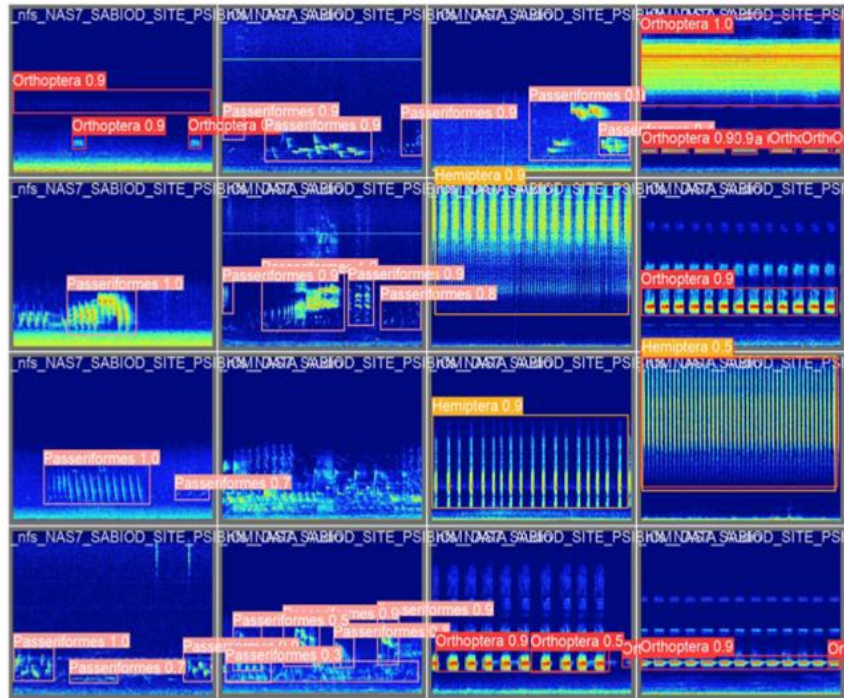
— Arnaud Elger

« Ce qu'on peut voir à Auradé, c'est la dynamique de la colonie parce que parmi les paramètres enregistrés on a notamment le poids de la ruche. Ce poids de la ruche (+ température et l'hygrométrie dans la ruche) nous permet de suivre le développement de colonies en lien avec le stockage de réserve qu'elle réalise et donc on a plusieurs choses : la dynamique annuelle, la période de stockage avant l'hiver et puis les réserves qui diminuent progressivement au cours de l'hiver avec l'élevage des larves. Et là on voit ce qui rentre et ce qui est intéressant c'est qu'on va pouvoir vraiment suivre chaque floraison d'importance pour les pollinisateurs. Donc on a vraiment au final **un enregistrement des ressources florales par les pollinisateurs qui les réalisent en suivant ce stockage**. »

— Arnaud Elger

« On utilise un certain enregistrement sonore dans la ruche parce que selon le type de bruissement, le type de bourdonnement dans la ruche on peut en tirer l'information sur l'état de la colonie. »

— Arnaud Elger



Repérage des espèces d'oiseaux et sonogrammes

« Et puis il y a un volet oiseau avec une mangeoire connectée qui permet de suivre des populations d'oiseaux. (...) c'est vraiment des cycles journaliers complets et on a quelque chose d'assez beau qui est une vision enrichie. »

— Arnaud Elger

« Sonogrammes = avoir en image le son acousticien. Correspondance temps – fréquence. Quand on a une superposition par exemple on peut très bien voir les fréquences basses liées aux voitures et puis par contre sur des gammes de fréquence un peu plus hautes on va voir les vocalises d'oiseaux et encore plus haut on peut voir parfois dans l'ultra son, qu'on n'entend quasiment pas mais qu'on peut visualiser sur le sonogramme. »

— Arnaud Elger

Collier GPS, l'activité de l'animal et ses interactions

« Collier GPS > un accéléromètre qui va permettre de voir le type de mouvement, le type d'activité de l'animal, et donc d'avoir des informations sur le comportement de l'animal, en plus d'avoir sa position. Il y a aussi un enregistreur de son. »

— Arnaud Elger