

## RAPPORT D'ACTIVITE

Ce rapport d'activité est divisé en trois parties. Je présenterai le contexte de travail, puis je détaillerai ma mission principale et je compléterai pour donner une vision globale de l'ensemble de mon activité.

### CONTEXTE

Depuis le 04 novembre 2019, j'occupe un poste d'ingénieur d'étude affecté à la Plateforme d'Analyses Chimiques en Écologie. La PACE, créée en 2000, est spécialisée dans l'analyse chimique pour la communauté de recherche liée à l'écologie, l'environnement et la biodiversité. La PACE comporte six permanents et un CDD. Cette plateforme est un service mutualisé du LabEx CeMEB depuis 2011. L'unité de rattachement est le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier (CEFE UMR5175 du CNRS). Cette unité mixte possède quatre tutelles ; le CNRS, l'Université de Montpellier (UM), l'École Pratique des Hautes Etudes (EPHE) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), ainsi que trois partenaires ; l'Université Paul Valéry Montpellier 3 (UPVM3), SupAgro Montpellier et l'INRAE. A ce titre, bien que rattachée au CEFE, la PACE accueille des projets de recherche issus des 12 unités du CeMEB (850 personnels permanents) mais aussi de toute la communauté académique nationale ou internationale.

L'Université de Montpellier a été porteuse d'un projet GEPETOs dont l'objet était de financer un projet CPER (Contrat Plan Etat Région) mobilisant des financements FEDER pour l'achat d'un spectromètre de masse en temps réel permettant d'atteindre des mesures de cinétique fine, abrégé en PTR-ToF-MS (Proton Transfert Reaction Time of Flight Mass Spectrometry) pour la PACE. Ce projet GEPETOs comporte une part dédiée au recrutement d'un ingénieur d'étude devant bénéficier d'une formation en double compétence de niveau Master 2.

De très nombreux projets de recherches issus du CeMEB nécessitent l'analyse de composés organiques volatils (COV) aussi communément appelés "odeurs". Les COVs sont omniprésents dans la nature et permettent, avec les autres sens, une organisation du vivant en agissant comme vecteurs d'informations de la médiation chimique. Par l'acquisition d'un PTR-ToF-MS, la communauté souhaitait lever trois verrous techniques :

- l'appareil permet un fonctionnement en flux continu avec une résolution temporelle très fine (fréquence d'analyse allant jusqu'à 10 scans par seconde), permettant ainsi le suivi des cinétiques d'émissions de COV. Cet instrument simplifie drastiquement et affine les expériences cinétiques effectuées par des mesures ponctuelles de GC-MS ;
- le PTR-ToF-MS possède une excellente résolution en masse qui facilite l'identification des molécules. Un spectre est composé de plus de 140 000 mesures de masses couvrant une large gamme des masses des COV biologiques (de 70 à 500 m/z). L'appareil possède donc une résolution environ mille fois supérieure par rapport à un simple quadripôle qui fournit des m/z à l'unité de masse atomique (uma ou Dalton Da).
- le seuil de détection extrêmement bas, de l'ordre du ppt (part per trillion), permet une sensibilité adaptée à la mesure de trace.

Une journée d'analyse peut générer entre une dizaine de Mo et quelques Go de données, représentant plusieurs centaines de spectres. Ma principale mission est d'accompagner et d'orienter les équipes vers des protocoles adaptés ainsi que de créer des outils de traitement de données issues du PTR-ToF-MS.

Plusieurs étapes ont été définies pour l'ensemble du contrat :

- mise en place des procédures de recueil et de contrôle des données ;
- adaptation des méthodes d'analyse mathématiques pour répondre aux besoins spécifiques du PTR-ToF-MS ;
- organisation de la mise en forme et du stockage des données ;
- assurer la maintenance des bases de données contenant les data produites par l'instrument et les résultats des analyses.

Il me semble également important de rappeler la chronologie qui a affecté ces vingt mois d'activité. La crise sanitaire a mis en pause les expériences prévues au printemps 2020. De plus, il a fallu composer avec la formation de Master 2 qui a monopolisé une grande partie de mon activité. Le second semestre est constitué d'un stage effectué à la PACE. J'ai orienté ce stage afin qu'il serve au mieux les expériences planifiées durant cette période. Je reviens sur les apports de ce master dans la partie formation. Malgré ces complications, j'ai toujours pu maintenir une activité d'accueil pour l'utilisation du PTR-ToF-MS (à l'exception de la période du premier confinement) ainsi qu'un lien avec l'équipe de la PACE et les utilisateurs.

## ACTIVITE PRINCIPALE

### Prise en main de l'instrument

Avant mon arrivée, l'appareil n'avait jamais été utilisé sur la plateforme. Il avait été livré et installé lors des semaines précédentes. Avec l'appui de mes collègues de la PACE, j'ai pu rapidement prendre en main l'appareil grâce à mes compétences en mise en œuvre expérimentale et me former aux matériels et méthodes spécifiques à ce domaine. L'ingénieur-commercial de Tofwerk a complété cette période d'apprentissage par une formation de deux jours sur l'utilisation du Vocus CI-TOF, le modèle de PTR-ToF-MS présent dans nos locaux.

Grâce à un gaz étalon du commerce, j'ai calibré l'appareil en utilisant le logiciel propriétaire de l'appareil. Toutefois je me suis rendu compte des limites de ce logiciel. Tout d'abord, nous disposions de seulement trois licences pour un grand nombre d'utilisateurs. De plus, le logiciel manque d'automatisation ce qui nécessite des répétitions multiples pour arriver à des informations simples. Enfin, il ne permet pas l'utilisation d'outils chimométriques. J'ai donc décidé, en accord avec le responsable technique de la plateforme, d'écrire un script orienté utilisateur afin de faciliter les analyses. Le langage R est connu et utilisé par une large partie de nos utilisateurs et membres du LabEx. J'ai donc choisi de développer un package dans ce langage.

Ma mission a évolué pour répondre à deux orientations distinctes. La première activité était d'assurer le fonctionnement de l'appareil, et de former les utilisateurs dans la mise en place de leurs expériences et les accompagner dans l'analyse des données. La seconde activité était le développement du package proVOC (Perform a Rapid Overview to Volatil Organic Compound).

### Conception du package proVOC

La philosophie de proVOC est de simplifier au maximum le traitement de donnée grâce à une interface réduite, tout en permettant le plus d'options possibles. Une fonction permet l'importation de toutes les acquisitions de l'expérience, puis l'alignement des spectres, la détection des pics, le calcul de l'aire sous pics (Area Under the Curve, ou AUC, proportionnels à la quantité des COV associés) et l'enregistrement de ces données dans un unique fichier. Par la suite, le script génère un workflow, au format csv, adapté au jeu de données que l'utilisateur doit simplement compléter en activant ou non des options. Cela a le double avantage de simplifier à l'extrême l'utilisation du langage R mais aussi d'assurer la reproductibilité à long terme des analyses, parce que les paramètres de l'analyse sont inscrits dans les workflow.

En terme d'analyse, je peux pour l'instant proposer plusieurs options aux utilisateurs. Les plus basiques permettent de générer un fichier simplifié des AUC et des figures des spectres de masses et de l'évolution des AUC en fonction du temps. Les figures sont disponibles en .tiff (300dpi, pour les publications) ou en .html. Ce deuxième format permet de créer des figures dynamiques afin que l'utilisateur puisse zoomer sur des zones d'intérêts. J'ai également intégré une nouvelle vision des spectres de masse sous forme d'un graphe circulaire où ne sont présent que les pics principaux des échantillons. Cela permet de concentrer l'information et d'établir rapidement une empreinte spectrale facilement comparable avec d'autres.

En plus de ce travail de mise en forme et de visualisation, mon package génère des rapports automatisés pour plusieurs analyses plus avancées. En précisant des spectres de calibration et des valeurs associées de la concentration de COV, le package calcule une courbe d'étalonnage ainsi qu'une prédiction pour les autres spectres. Cette régression est univariée mais largement suffisante pour les systèmes simples comme le sont les diffuseurs artificiels d'une molécule. Le package propose également quatre algorithmes chimométriques : PCA, PLS(-DA), MCR et ICA. La chimométrie est l'ensemble des méthodes multivariées d'analyses statistiques de spectre. L'analyse en composantes principales (PCA) permet d'avoir une vision d'ensemble sur la variabilité du jeu de données. La PLS

permet de calculer des concentrations ou discriminer (-DA) des modalités. La MCR et l'ICA permettent de remonter aux spectres purs des phénomènes biologiques. Je présente deux exemples ci-dessous.

J'ai rencontré trois difficultés principales lors de l'écriture de ce package. En premier lieu, il fallait penser une architecture générale qui permette l'intégration d'options et la reproductibilité des analyses. J'ai donc utilisé un langage informatique, Rmarkdown, qui vient s'ajouter au langage R du script. Ceci étant, l'intégration de Rmarkdown dans un package R est à l'heure actuelle une étape un peu technique qui m'a demandé une recherche bibliographique plus une formation d'un jour dans le cadre de la formation continue. La seconde grosse difficulté a été l'alignement des spectres. Cette étape est bien connue dans chaque communauté scientifique qui analyse des spectres (optiques, de masses, RMN, etc.). Après plusieurs recherches, j'ai comparé des solutions afin de trouver la plus optimale pour mon besoin. Cette difficulté se cumulait à la troisième difficulté majeure qui est la taille conséquente d'un spectre (plus de 140 mille variables) doublé parfois d'un grand nombre de spectre (ex : l'expérience des lavandes est constituée d'un spectre chaque 30 secondes durant environ six jours d'acquisition). Pour pallier ce problème, j'utilise des algorithmes de sélection de variables et je me suis tourné vers la chimiométrie, domaine spécialisé dans l'étude des grands jeux de données.

## Mise en œuvre expérimentale

En parallèle de ce travail de développement, il m'a fallu assurer l'utilisation et la maintenance du PTR-ToF-MS, bien que cet instrument nécessite peu d'entretien. À l'inverse des spectromètres optiques, par exemple, ce spectromètre ne nécessite pas une fréquence élevée de calibration car il y a très peu de dérives. J'effectue ces contrôles après chaque déplacement de l'appareil et après une période de plusieurs jours sans utilisation mais j'observe une excellente stabilité de l'appareil.

La principale difficulté provient de la gestion des temps d'acquisitions en fonction de la quantité de COV émis. Comme tout détecteur, le spectromètre possède un seuil de détection et un seuil de saturation qui dépendent du temps d'acquisition. En revanche, les systèmes biologiques peuvent avoir une amplitude d'émission de COV très importante (entre le cœur de la nuit et le midi solaire par exemple) et nos expériences peuvent se planifier en continu sur plusieurs jours. Ce problème peut être paré soit en programmant des temps d'acquisitions différents, ce qui modifie la précision temporelle, soit en diluant le flux à certaines plages horaires, ce qui peut entraîner des problèmes de sensibilités sur des molécules à l'état de trace. J'ai rencontré des pannes, récurrentes ou ponctuelles, lors des utilisations. Grâce à la réactivité et la pédagogie de notre partenaire commercial je suis désormais en mesure de diagnostiquer les pannes et d'en réparer la plupart, ce qui nécessite parfois d'ouvrir le capot et d'intervenir sur les éléments défectueux. Mon expérience en tant qu'ingénieur en R&D au sein d'une entreprise privée développant des spectromètres optiques m'a permis de mettre en place des bonnes pratiques pour ce type d'opérations.

Une fois l'appareil opérationnel, le plan d'expérience défini en collaboration avec les utilisateurs et l'expérience installée, je forme les utilisateurs afin qu'ils soient autonomes. Cet aspect utilisateur est un point où l'anticipation est primordiale. Je travaille parfois avec trois ou quatre équipes différentes. J'organise donc le plan d'expérience en amont afin d'optimiser le temps machine. Ce travail s'effectue par un dialogue avec les chercheurs durant lequel j'explique les limites techniques de la machine. Je cherche à comprendre le plus largement possible la problématique de mes collaborateurs en effectuant une veille bibliographique interdisciplinaire dans des domaines parfois éloignés de mes connaissances académiques.

## Etude de cas

Sur deux cas récents (mars et juin 2021), j'ai eu besoin de décomposer la cinétique spectrale en quelques spectres purs, liés à des événements biologiques distincts. Le premier cas s'inscrit dans un ensemble d'expériences essayant de décrire les COV produits par l'amandier et ceux détectés par une guêpe parasite pondant dans ses fruits. Une expérience a été d'isoler une branche comportant un seul bourgeon sur le point d'éclore et de capturer la cinétique de débouillage. Durant une période de 48h, j'ai programmé une acquisition avec une période de 30s en intercalant des mesures de blanc. Cela nous a donc fourni deux spectres par minute durant deux jours (~5760 spectres de 140 000 m/z) avec un débouillage qui est intervenu lors de l'après-midi du second jour. Il m'a fallu retirer la fluctuation de la plante et celle de notre système de ventilation afin d'isoler numériquement les VOC produits uniquement par la fleur de l'amandier. L'analyse de ce spectre pur, et des molécules le composant, est encore à l'étude.

Le second cas est encore plus parlant pour montrer l'efficacité de la MCR couplée aux analyses PTR-ToF-MS. Nous avons mis en place quatre chambres de mesure permettant chacune soit

d'isoler un plant de lavande soit d'être un blanc. Nous avons lancé des acquisitions sur les quatre chambres en série durant 48h. Nous avons répété ce processus deux fois, pour obtenir neuf plants au total dans notre plan d'expérience. J'ai ensuite procédé à l'analyse de ces expériences. La figure 1 présente les résultats centrés sur le premier jour d'analyse, de minuit à minuit.

Les résultats permettent de montrer un double cycle d'émission journalier. La première activité intervient peu après l'aube (~6h), atteint un pic d'émission autour de 8h et diminue rapidement pour retrouver un niveau comparable au niveau initial vers midi. La seconde activité plus tardive augmente jusqu'à un plateau atteint vers midi et se prolonge jusqu'à 16h pour décroître par la suite. Sur ces deux composantes, les intensités des chambres vides (en jaune sur le graphe) restent constantes. Les spectres associés aux composantes n°2 et 4 sont distincts et permettent de discriminer les molécules participantes à ces phénomènes. Les autres composantes (1, 3 et 5) permettent de pallier les fluctuations du mésocosme.

A contrario du premier exemple, cette expérience a été couplée à des mesures GC-MS par échantillonnage régulier d'espaces de têtes. La GC-MS est une technique de spectroscopie de masse précédée d'une phase de chromatographie en phase gazeuse qui permet de mieux séparer en fonction de leur volatilité et d'identifier chaque molécule du bouquet émis. Les analyses sont encore en cours mais nous aurons prochainement une vision très fine de l'activité olfactive journalière des plants de lavandes, en particulier grâce à la mise en place d'un algorithme approprié, la MCR, pour ce type d'expérience effectué avec le PTR-ToF-MS.

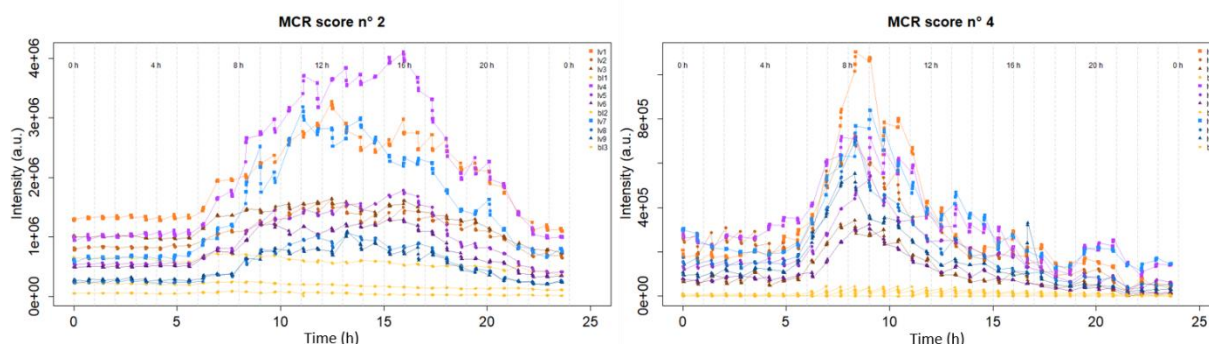


Figure 1 Cinétique des COV journaliers émis par les lavandes

Ces résultats n'auraient pas pu être obtenus sans mon apport des outils chimiométriques car ils nécessitent une approche multivariée.

## Bilan de l'activité expérimentale

Depuis le début de l'activité, j'ai accompagné les expériences listées ci-dessous. Les modèles biologiques analysés varient à chaque expérience. A l'exception des études sur les huiles essentielles et les composés de synthèses (dont le DEET) ciblant l'évolution d'une molécule, les autres expériences s'intéressaient à un cocktail plus ou moins bien défini de composés.

- analyse des litières de souris pour la détection de cancer précoce. Première expérience avec le PTR-ToF-MS. Il a fallu composer avec le matériel à disposition. Cette expérience nous a permis d'évaluer les besoins matériels et de compléter les manques pour réaliser des montages expérimentaux complexes.
- caractérisation de la diffusion d'huiles essentielles ou de composés de synthèse mélangés à différentes matrices (ex : huile de paraffine). Ces expériences m'ont demandé d'intégrer un module de prédiction de concentration dans mon package. J'ai également développé les rapports automatisés à cette occasion.
- suivi de l'évaporation de l'éthanol et du N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide (DEET, répulsif à moustique) appliqué sur la peau humaine. Le DEET est une molécule de synthèse extrêmement volatile. Certains échantillons saturaient le détecteur. J'ai dû utiliser un gaz secondaire afin de diluer ces échantillons. Par ailleurs, la molécule a pollué l'instrument et j'ai observé durant plusieurs semaines des traces de DEET dans les autres expériences. Je m'assurais donc qu'il n'y avait pas de confusion entre ces traces identifiées et les expériences en cours.
- étude de la diffusion des fèces de criquet afin de mieux comprendre les déplacements des essaims de criquets. L'élevage des criquets se faisait sur un site éloigné d'une dizaine de kilomètres du CEFÉ. Afin de démarrer l'acquisition dès l'arrivée des échantillons et le plus tôt possible après la collecte, je préparais le dispositif expérimental en amont. De plus, pour des



raisons de calendrier, les séries d'acquisitions de trois jours se sont étalées sur plusieurs semaines et chevauchaient parfois d'autres projets. J'ai mobilisé les utilisateurs très en amont afin de planifier les expériences pour optimiser aux mieux. J'ai adapté les dispositifs pour paralléliser les expériences.

- détection des traces d'un complément alimentaire pour les poules dans plusieurs sites pour chaque échantillon d'un mésocosme constitué de deux compartiments. Cette expérience nécessitait de déplacer l'instrument d'un échantillon à l'autre. De plus, un des sites de mesure était localisé au centre du compartiment hébergeant la poule. Nous avons veillé à être le moins invasif possible, à maintenir le calme de l'animal et à homogénéiser la prise de mesure d'échantillon en échantillon et de site en site. Les résultats montrent une reproductibilité satisfaisante pour l'étude.

Ces analyses ont nécessité seulement quelques jours d'expériences. Trois séries d'expériences ont réservé le PTR-ToF-MS pour des périodes de deux mois :

- étude de l'ozonation des lavandes, introduit ci-dessus. Avec les utilisateurs, j'ai préparé l'appareil pour les expériences visant à mieux comprendre l'impact de l'ozone sur les plants de lavandes en étudiant séparément les COV produits par les lavandes en condition normale, puis sous ozone. La dernière expérience mise au point a été de tirer jusqu'au PTR-ToF-MS un flux d'air provenant de la plante en condition normale et de séparer en deux ce flux. L'appareil analysait alternativement la partie contrôle du flux, donc les COV émis par la plante, et la partie de ces mêmes COV mais soumis à un flux d'ozone. Cette expérience permet de mieux comprendre l'effet des pollutions à l'ozone sur les systèmes de pollinisation.
- caractérisation de COV de l'amandier, introduit ci-dessus. Ce travail s'inscrit dans la première année d'un projet de thèse et consistait à analyser les COV émis par les différents organes (bourgeon, fleur, feuille, fruit) des amandiers.
- caractérisation des COV du figuier. Nous avons analysé les COV produits par les figuiers avec ou sans fleurs puis les COV des figuiers pollinisés. L'objectif était de déterminer la cinétique fine de l'évolution des COV suite à la pollinisation.

Sur ces trois périodes d'expériences, j'ai accompagné les utilisateurs dans leurs réflexions, analysé les données le plus rapidement possible en développant des scripts adaptés pour ainsi optimiser les protocoles et réorienter si besoin la série d'expériences. Les enjeux sur ces expériences sont conséquents puisque les phénomènes observés sont annuels.

Depuis mon arrivée sur la plateforme, j'ai pu mettre en place l'appareil PTR-ToF-MS pour réaliser les expériences de mes collaborateurs. Je me suis formé à leurs recherches et je les ai formés à la prise en main de l'appareil et à l'analyse des données via le package que j'ai écrit. Des publications qui incluent les résultats des expériences que nous avons menées sont en cours de préparation. Chaque expérience me permet de gagner en compétences sur l'appareil et d'avoir des nouvelles idées, ce qui permet de proposer des expériences originales à mes collaborateurs.

## ACTIVITE SECONDAIRE

### Formation

Depuis ma prise de poste, j'ai suivi des formations d'un jour concernant des points précis de développement sous R (développement de package, rapport automatisé, optimisation du code) et python (MOOC en auto-formation), ainsi que les deux écoles thématiques de Chemomics. Mon contrat prévoyait une année de formation à un niveau master 2 comprise dans l'activité. En concertation avec mes responsables hiérarchiques, j'ai choisi le Master 2 de mathématique, option Statistiques pour les Sciences de la Vie. Ce master est adapté aux besoins de la plateforme en me permettant de renforcer mes connaissances statistiques. Des unités d'enseignement sont directement applicables à mon activité principale comme la gestion de base de données, la mise en place de plans d'expériences ou l'étude des séries temporelles. Pour le stage du second semestre, j'ai écrit mon sujet, en lien avec l'activité de la plateforme, et j'ai demandé à Jean-Michel Roger (Team COMiC, UMR ITAP, INRAE) de superviser ce stage sur la partie analyse chimiométrique. Ce stage a permis d'amener une réflexion sur la méthode d'alignement des spectres, sur la sélection des variables et sur les méthode d'analyse (comme l'apport de la MCR). L'ensemble de ces formations m'a permis de gagner du temps par rapport à l'autoformation et d'en faire gagner aux utilisateurs en proposant des analyses plus optimisées ainsi qu'un outil numérique performant.

En plus des formations suivies, j'ai pu donner des formations ou des exposés pour participer pleinement à la science collaborative. J'ai organisé une demi-journée de formation pour les utilisateurs. Cette formation a été accueillie avec enthousiasme et a eu des retombées très positives. Suite à cette

de mi-journée, une partie de mes collaborateurs, comme Candice Dubuisson (CEFE) ou Camille Vernier (Cirad), sont devenus autonomes dans l'analyse des données issues du PTR-ToF-MS. Cette formation est vouée à se renouveler périodiquement lorsque des nouveaux utilisateurs en auront le besoin.

## Réseaux scientifiques

Pour les analyses de COV, je participe au [Cluster COV Occitanie](#) fonctionnant sur le principe d'un réseau métier autour de la PTR-ToF-MS. Ce groupement interdisciplinaire a pour objectif d'échanger sur les techniques expérimentales et méthodes d'analyses mises en œuvre lors de l'utilisation d'un PTR-ToF-MS. J'ai également rejoint le groupe [Chemhouse](#), hébergé dans les locaux de l'UMR ITAP. Ce groupe de recherche se réunit de façon bimensuelle pour échanger sur l'état de l'art en chimiométrie. Ces deux groupes, complémentaires aux formations, m'apportent des idées nouvelles et renforcent l'utilisation de l'instrument au sein de la PACE.

Cette implication personnelle dans la démarche scientifique et cette ouverture vers l'ensemble des acteurs du milieu me semble importante pour assurer le plus haut niveau scientifique possible. Il me semble également important que, pour qu'une unité de recherche soit la plus effective possible, chacun doit consacrer une part de son activité au bon fonctionnement de la vie institutionnelle. À ce titre, je me suis présenté aux élections du conseil d'unité et été élu suppléant pour le collège ITA.

## Perspectives

Ces échanges scientifiques me paraissent très importants, à la fois pour assurer le rayonnement des travaux menés sur la PACE mais aussi pour maintenir un niveau d'excellence dans l'activité de recherche de nos collaborateurs. C'est en partie grâce à ces échanges que j'ai pu optimiser les analyses MCR présentées ci-dessus. J'y trouve également de nombreuses idées que je propose ensuite lors des réunions internes à la PACE. J'ai proposé de développer un volet de spectroscopie photo-acoustique sur la PACE afin de coupler deux analyses de COV pour affiner la discrimination des molécules. J'ai également proposé d'appliquer des méthodes chimiométriques aux analyses de spectroscopie infrarouge effectuées sur les échantillons de sols que nous faisons à la PACE afin d'augmenter la quantité d'information obtenue sans rien modifier à la complexité de la mesure. Ces deux propositions ont été accueillies favorablement et nous réfléchissons à comment les développer sur la plateforme.

J'ai soumis l'idée de créer un outil numérique afin de faciliter la transition entre l'acquisition de données et la publication de data paper. Je pourrai construire cet outil en mobilisant mes connaissances acquises d'une part durant ma formation de master 2 sur la gestion de base de données et d'autre part durant ma formation python. Cet outil associé au package proVOC facilitera la publication d'articles scientifiques et sera en cohérence avec la politique de science ouverte promue par la communauté scientifique par le [Plan National pour la Science Ouverte](#). Ces publications pourront faire le lien avec les data paper produits et publiés précédemment.

J'ai exposé ici ma pratique de la science au sein de la recherche publique. Je garde toujours en tête une vision à long terme en maintenant une veille scientifique en explorant des domaines que je connais peu ou pas, en renforçant mes acquis par des formations ciblées et en multipliant mes échanges avec les autres acteurs de la recherche. Je partage ensuite les idées avec les membres de la plateforme et les utilisateurs et nous mettons en pratique les plus pertinentes dans un temps adapté à nos besoins. Mon objectif en tant qu'ingénieur de plateforme est de proposer les outils les plus adaptés à la recherche de mes collègues et collaborateurs.

Cette vision à long terme, avec des applications directes, ou sur un temps long, que je mets en œuvre, permet de renforcer mon activité. En associant cette démarche à mes connaissances théoriques en lien avec ma mission principale, à l'expérience acquise sur le fonctionnement de l'appareil, à mes pratiques expérimentales ainsi qu'au développement d'outils numériques pour l'analyse des données, j'ai construit un cadre de travail performant. Ce cadre répond au besoin des utilisateurs et commence à prouver son efficacité à la vue des publications scientifiques que nous sommes en train de préparer.

Signature du candidat :  
Joris Huguenin

Signature de la directrice de l'unité :  
Marie-Laure Navas