



Section Sciences et Ingénierie de l'environnement Design Project 2017 (semestre de printemps)

Proposition n°23

CARACTERISER LE FONCTIONNEMENT GLOBAL DU CYCLE DE L'AZOTE DANS UN ECOSYSTEME DE MONTAGNE A L'AIDE D'UN OUTIL SIG

Encadrant externe

Ilann Bourgeois
Université Grenoble Alpes
LGGE CNRS
F – 38000 Grenoble

Email : ilann.bourgeois@univ-grenoble-alpes.fr

Encadrant EPFL

Dr Marc Soutter
EPFL ENAC IIE LASIG
GC D2 414 – Station 18
1015 Lausanne
Tél : 021/ 693 57 86
Email : marc.soutter@epfl.ch

Prof. Alexandre Buttler
EPFL ENAC IIE ECOS
GR B2 417 – Station 2
1015 Lausanne
Tél : 021/ 693 39 39
Email : alexandre.buttler@epfl.ch

Descriptif du projet

Nous savons aujourd'hui que l'Homme, au travers de ses activités perturbe l'équilibre complexe de l'atmosphère entraînant de nombreux changements. Le réchauffement climatique lié au CO₂ est l'effet le plus spectaculaire et le plus largement médiatisé : fonte des glaciers, montée des mers, hausse des températures... D'autres conséquences sont également visibles et se font ressentir : c'est par exemple le cas de l'augmentation des apports en azote réactif (Nr) principalement sous forme d'oxydes d'azotes (NO_x)



Le processus de dénitrification compense en temps normal les phénomènes naturels de formation d'azote réactif (foudre, feu de biomasse, fixation bactérienne du N₂) et l'empêche ainsi de s'accumuler. Seulement, la combustion d'énergie fossile et la production d'engrais minéraux ont perturbé cette situation. La production d'azote réactif anthropique est ainsi passée de 15 à 156 Tg.N.yr entre 1860 et 1990 (Galloway and al, 2004). Sous sa forme diatomique homonucléaire (N₂) l'azote est stable et inerte, cependant sous forme oxydé il est très réactif et devient un polluant environnemental de premier ordre. Il contribue à l'effet de serre, entraîne des pluies acides et, sous l'effet du rayonnement solaire, forme des nuages de pollution à l'ozone (smog) au-dessus des villes. L'azote est également un élément essentiel au développement des plantes, lorsqu'il se dépose sous forme de nitrates à la surface de la Terre il fertilise alors celle-ci. La pollution atmosphérique pourrait donc avoir un effet d'eutrophisation sur les écosystèmes. C'est ce dernier aspect, peu étudié jusqu'à présent, que nous cherchons à approfondir.

En Europe les Alpes font partie intégrante de l'histoire et du patrimoine. Elles sont habitées et exploitées de longue date. L'Homme a contribué à façonner leurs paysages et leurs biotopes, il a en particulier créé des zones de pâturage et des exploitations agricoles. En conséquent il a modifié l'érosion naturelle de ces versants et leur équilibre nutritif, modifiant ainsi la couverture végétale et la biodiversité du système complet. Ces régions montagneuses sont également très sensibles aux changements climatiques. Elles abritent des écosystèmes fragiles soumis à des conditions environnementales difficiles, pauvres en nutriments. L'azote est le premier élément limitant de cet environnement, octroyant alors un rôle de sentinelle aux écosystèmes alpins face aux apports azotés. De plus l'effet orographique entraîne des précipitations importantes dans ces zones et accentue les dépôts atmosphériques sous forme humide. La couverture neigeuse joue aussi un rôle sur la dynamique saisonnière du système.

L'étude portera ainsi sur la réponse des prairies subalpines aux effets couplés de l'augmentation des apports en NO₃ atm et de l'utilisation du sol. Quels mécanismes gouvernent ce système ? Comment réagit-il à ces apports d'azote réactif ? Quel parcours effectuent les nitrates ? Quelle variation spatiale et temporelle observons-nous ?

Objectif

Les analyses de spectrométrie nous permettent de tracer les nitrates atmosphériques dans les différents compartiments étudiés. A partir des données obtenues lors de mon stage cet automne et à l'aide de mesures de géolocalisation nous voulons cartographier et caractériser le fonctionnement du cycle de l'azote dans un écosystème de montagne. Ce travail s'appuiera sur un outil SIG (QGIS).

Pour y parvenir nous commencerons par extrapoler ces données locales à l'ensemble des bassins versants. Nous pourrions alors effectuer des comparaisons spatiales et temporelles ainsi que des analyses de variabilité. Nous tenterons aussi de corrélérer ces modèles avec les données d'entrées (dépôt atmosphérique) et de sorties (rivières) de l'écosystème.

Dans un second temps nous étudierons la réponse des prairies face à différents facteurs environnementaux (météo, activité du sol, dépôt atmosphérique) et en fonction de leurs propriétés internes (géologie, topologie, utilisation du sol...).

Ces deux axes d'interprétation seront nos lignes directrices. Ils sont cependant libres d'évoluer au cours du projet selon les premiers résultats. Le raisonnement se fera à l'échelle d'une année (2016).



Descriptif tâches

Aux cours de mon stage, deux bassins versants d'intérêt : Les Cours et le Lautaret ont été échantillonnés sur respectivement deux et une parcelle représentative. Trois microsites (réplicas) sont étudiés pour chaque parcelle, permettant des comparaisons inter-parcelle et intra-parcelle. Sur chaque microsite nous avons des données isotopiques des nitrates concernant les plantes (racines et feuilles), le sol et l'infiltration. En parallèle nous avons analysé 7 cours d'eau. Des tableaux récapitulatifs et un descriptif plus détaillé est disponible en annexe. Ces paramètres seront nos variables d'intérêt, elles dépendent de l'espace et du temps. Pour les mettre en relief nous ferons varier l'une ou l'autre de ces dimensions.

Nous avons mesuré et analysé différents facteurs environnementaux qui varient au cours de la saison, mais que nous considérons comme constant sur l'ensemble du site d'étude.

- o Météo
- o Précipitations
- o Couverture neigeuse
- o Dépôt atmosphérique sec et aérosols
- o Activité du sol

Nous disposons d'une banque de données au LECA (Laboratoire d'Ecologie Alpine) contenant plusieurs propriétés internes des parcelles. Celles-ci sont constantes dans le temps mais variable de l'une à l'autre :

- o Géologie
- o Topographie
- o Passé d'utilisation du sol
- o Couvert végétal
- o Physique du sol
- o Densité de population humaine.

Divers

Afin de réaliser ce projet, nous découperons le travail en 4 tâches principales.

1. Acquisition sur le site de données GPS des points de collecte et de limites des parcelles. Contact avec le LECA afin de récupérer les données existantes sur la géologie, la topologie et l'utilisation du sol ainsi que les paramètres météo.
2. Création des banques de données SIG à partir de toutes les données récoltées (stage et LECA) puis les géolocaliser précisément à l'aide des mesures GPS.
3. Extrapoler ces données locales aux bassins versants
4. Corréler les observations aux différents facteurs environnementaux ou aux propriétés du sol.



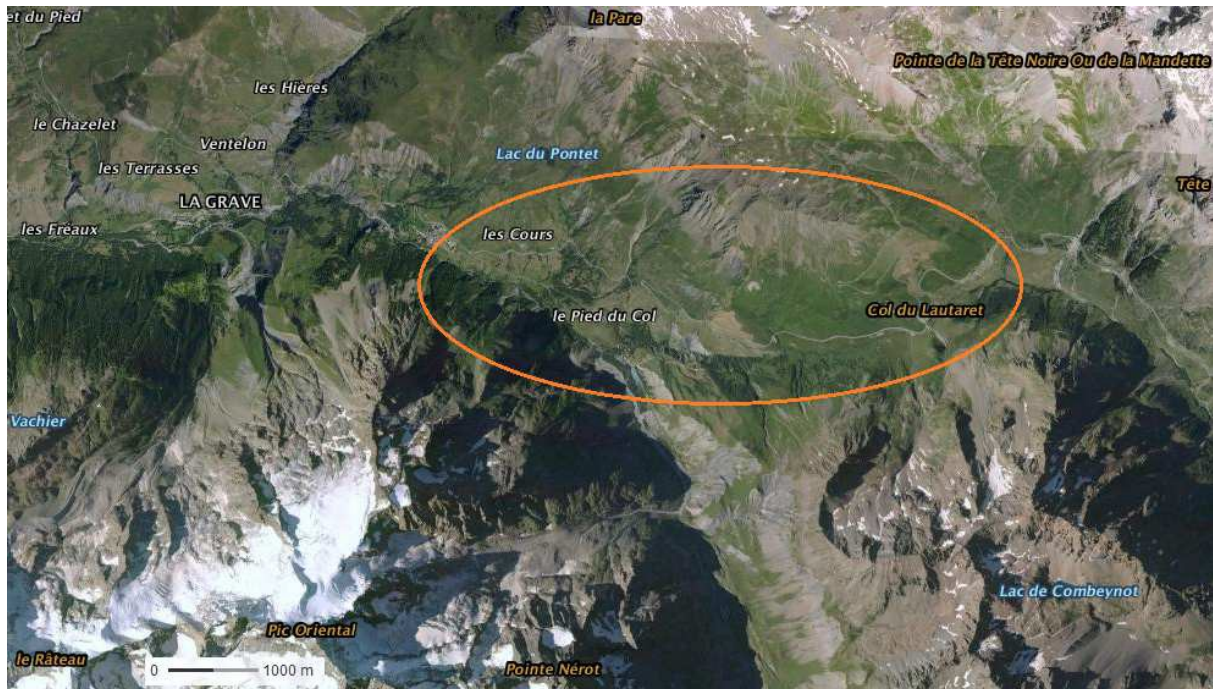
Annexes

Le site d'étude

Les prairies étudiées se situent sur la commune de Villars d'Arène dans le département des Hautes-Alpes, à proximité du col du Lautaret (2049m). Depuis 1989 la station alpine Joseph Fourier assure un suivi des mesures météorologique et offre un appui logistique, elle permet ainsi au LECA et à d'autres laboratoires d'y mener des projets scientifiques. Nous avons également accès aux connaissances géologiques, topographiques et à l'historique de l'utilisation des terres.

Ci-dessous, une photo aérienne du site d'étude.

Photo 1 : Image aérienne du Lautaret







Les échantillons

Ils ont été récoltés et analysés pendant mon stage. Ils serviront de trame pour l'implémentation SIG. Ces illustrations proviennent de mon rapport de stage, et ces quelques lignes décrivent brièvement les échantillons analysés.

Le sol

C'est le point clé de l'étude puisque qu'il conditionne en grande partie le cycle de l'azote. C'est l'interface entre le monde vivant et minéral, dans le cadre de cette étude il permet de lier les apports atmosphériques en nitrates, les pertes par lessivage vers le réseau hydrologique et l'assimilation par les différents organismes vivants. Nous nous sommes intéressés à trois parcelles différentes, plus ou moins travaillées par l'Homme et formant ainsi un gradient d'utilisation des sols décroissant de A vers C

Tableau 1 : Parcelles et description

Parcelle	A	B	C	
Photo				
Pâturage	OUI	OUI	OUI	
Terre cultivée	OUI	OUI	NON	
Fauche	OUI	NON	NON	
Jachère	OUI	NON	NON	
Gradient d'utilisation du sol	Modifié			Naturel

Sur chacune de ces parcelles nous avons échantillonné trois microsites, déterminés aléatoirement et espacés d'une vingtaine de mètres afin d'étudier la variabilité intra-parcelle. Nous avons analysé deux composantes :

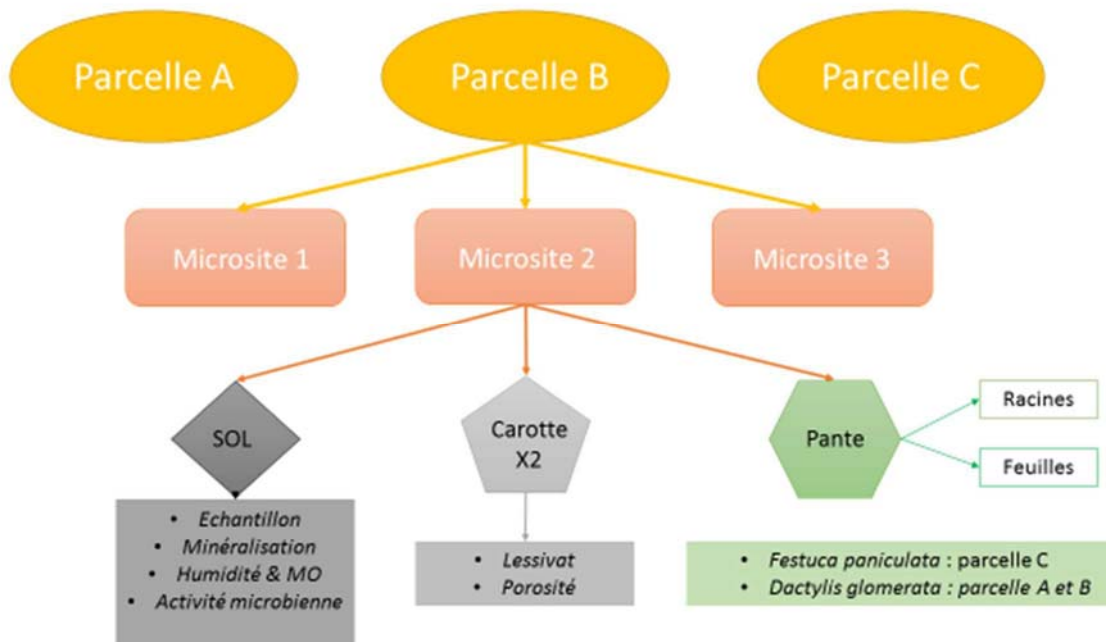
- o La terre.
- o Les carottes de sol. Elles permettent d'effectuer des lessivâts artificiels simulant l'infiltration d'eau de pluie

Les plantes

Nous nous sommes intéressé à la fois à l'interaction chimique sol-plante et à la dynamique de la plante elle-même en analysant séparément les racines et les feuilles.

Ce schéma résume les données disponibles pour les compartiments sol et plantes. Il faudra les implémenter sous forme raster et les géolocaliser.

Figure 1 : Parcelles, microsites et échantillons



Les eaux de rivières

C'est la principale voie de sortie de l'azote. Nous avons récolté 1L d'eau pour 6 rivières et un lac repartis sur l'ensemble du bassin versant de la Romanche. Cette partie du projet porte sur la dynamique saisonnière et hebdomadaire du nitrate atmosphérique en fonction du gradient d'altitude, de la taille du bassin versant et de sa géomorphologie. Ces données seront implémentées sous forme vectorielle.

Figure 2 : carte de la région et du site d'étude

L'atmosphère

Il est la source de nitrate que caractérisons dans cette étude. Nous l'avons échantillonné sous différentes formes.

- o Les précipitations et couverture neigeuse.
- o Aérosols
- o Dépôts atmosphériques secs.