
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Assistant chercheur en écologie en milieu aride

Instituto de Ecología, A.C.

Carretera antigua a Coatepec 351,
Xalapa 91 070, Veracruz, Mexico



Tuteur entreprise :
Victor Manuel Reyes Gomez
Enseignant Chercheur
Tuteur académique :
Séraphine Grellier

Alex Bouyer
IUT ADAGE
2018-2019

Introduction

Localisé à Chihuahua, Chihuahua, Mexique, au sein d'un centre de recherche, mon travail ici consiste à aider un enseignant chercheur dans ses différents travaux. Victor Reyes est un chercheur en géosciences et hydrologie qui mène des travaux principalement sur la région Nord du Mexique en étroite collaboration avec de nombreuses institutions partenaires (universités, centre de recherche, corporations agricoles...). Les différents travaux menés ont généralement pour but de promouvoir une bonne gestion des sols et des eaux voir de restaurer les milieux dégradés. On peut par exemple citer un projet actuellement en cours de reforestation aux abords d'un lac pour stabiliser le sol et limiter l'érosion de celui. En effet, la *laguna de Bustillos* est particulièrement dégradée et on compte parmi les problèmes la pollution, la surexploitation mais aussi la sédimentation du lac partiellement due à l'érosion éolienne des sols dégradés par une agriculture importante. Ainsi, Victor est coordinateur ou simplement acteur de plusieurs projets et groupes nationaux et internationaux. Parmi ces groupes on compte notamment la RISZA (Réseau international de gestion durable de zone arides) dont la France fait également partie. Victor est donc le coordinateur de ce réseau au Mexique où services académiques, fédéraux et locaux œuvrent au maintien ou la restauration des zones à climat arides ou semi-arides. Victor travaille pour le compte de l'Institut d'écologie A.C. (connu comme INECOL) basé à Xalapa, Veracruz, en tant que représentant local à Chihuahua. Un des laboratoires de l'INECOL se trouve au cœur de la réserve de la biosphère de Mapimi situé dans le Nord du Mexique à la jonction entre les états de Chihuahua, Durango et Coahuila. Ce laboratoire se trouve donc dans la zone géographique connue sous le nom de *desierto chihuahense* qui s'étend du sud des Etats-Unis au centre du Mexique. Ce laboratoire est en place depuis 1978 et est le théâtre encore actuellement de nombreuses recherches sur des thèmes divers et variés comme la faune et la flore locale, des études de sols ou encore l'hydrologie en climat semi-aride. Ainsi en 1996 il a été mis en place un projet dit de LTER (Long Term Ecological Research) visant à caractériser les impacts de la faune et du climat sur la végétation et les sols dans la réserve de la Mapimi. J'ai donc pris part au relevé sur le terrain des données qui aujourd'hui forment une base de données informatique conséquente, à raison de deux relevés par an, soit un pendant la saison sèche (de mars à juin) et un autre après la saison des pluies (novembre). Mon travail consistera ensuite à organiser cette source de donnée très importante (plus de 300 000 lignes Excel sur 8 colonnes) pour pouvoir rendre utilisable ces données qui jusqu'alors furent simplement entrées sur ordinateur et restées inchangées. La problématique consiste à traiter les données pour pouvoir ensuite les utiliser à l'aide de traitements statistiques afin de mettre en évidence les caractéristiques de résilience ainsi que diverses tendances du milieu selon les différentes caractéristiques disponibles.

Présentation de l'organisme d'accueil

Je travaille donc au sein du Cimav (Centre de recherche sur les matériaux avancés) dans la ville de Chihuahua, pour le compte de l'INECOL. Le Cimav se compose de plusieurs ailes de recherche et d'un pôle d'enseignements supérieur et de ce fait il y a là un « pôle » INECOL composé de 2 membres donc Victor fait partie. Il est depuis plusieurs années le seul chercheur de l'INECOL encore présent dans le Nord du pays. L'INECOL est une institution fédérale qui agit au niveau national et international sur différents projets de recherche, dont le siège se trouve être l'établissement d'enseignement supérieur de Xalapa dans l'état de Veracruz, où sont notamment dans des domaines scientifiques et technologiques très variés liés à la biologie et aux systèmes écologiques. Fondé en 1975, l'INECOL est une association civile de chercheurs, il a notamment joué un rôle très important dans la mise en place de réserve de la biosphère et en particulier pour la réserve de Mapimi. De nombreux projets sont menés à travers tout le pays sous la tutelle d'enseignants et de chercheurs qui dispensent donc des cours en majeure partie à Xalapa mais peuvent être invités dans d'autres institutions. Les formations dispensées vont de la licence au doctorat. J'ai plus spécifiquement réalisé mes relevés de terrain au Laboratoire du Désert (réserve de Mapimi, Durango, Mexique) qui est un poste de travail situé au cœur de la réserve de Mapimi et qui fut inauguré en 1978 à la suite de recherches mises en place dans la région, et en particulier la conservation de la tortue de Mapimi (*Gopherus flavomarginatus*), une espèce de tortue terrestre de grande taille endémique qui était, et est toujours menacée. C'est le symbole de cette réserve de la biosphère. Le Laboratoire du Désert est donc un édifice équipé de salles de travail et de conférences ainsi que d'espaces pour y loger, il permet donc d'accueillir différents groupes de travail des différentes universités et institutions mexicaines mais aussi des chercheurs internationaux qui travaillent les milieux arides et semi arides. Il y loge à l'année un éleveur de vache qui peut aider à la réalisation de données journalière ou tout du moins régulières.



Matériels et méthodes

Mon stage consiste donc en la gestion d'une base de données très importante qui chaque année est complétée à deux reprises par un nouvel apport de donnée : une session de relevés en saison sèche, en mars ou en avril généralement, et une autre session environ 6 mois plus tard, en novembre. J'ai moi-même participé à une session de relevés, relativement tardive, entre le 7 et le 12 mai 2019 (voyages entre Chihuahua et Mapimi inclus). La méthodologie se doit d'être rigoureusement identique chaque année afin de garantir la meilleure stabilité des données et ainsi réduire au maximum les incertitudes qui pourraient résulter des relevés. Nous avons donc suivi le protocole, identique depuis 1996.

Le protocole suivi est une étude systématique de la couverture végétale et de l'occupation du sol en suivant des zones fixes d'une année sur l'autre.

Le projet se sépare sur deux grands types de milieu : le « pastizal » et le « matorral ». Chacun de ces milieux sont subdivisés en 4 blocks placés de manière aléatoire dans le milieu. Ces blocks sont eux-mêmes composés de 4 « plots » qui correspondent à 4 types différents d'exclusion physique d'herbivores : ainsi on distingue le traitement C (Contrôle, pas d'exclusion), le B (bovins, exclusion du bétail : fil de fer barbelé « classique »), le L (Lagomorphes, exclusion des lièvres et des lapins : grillage fin en supplément des barbelés) et le traitement R (Rongeurs, exclusion théorique de tous les mammifères : maille très fine jusqu'à 1mètre de hauteur). Enfin, chacun de ces « plots » est finalement composé de 36 quadrats de 1 mètre carré. Chacune des subdivisions de cette étude est de forme carrée (voir schéma symbolique)

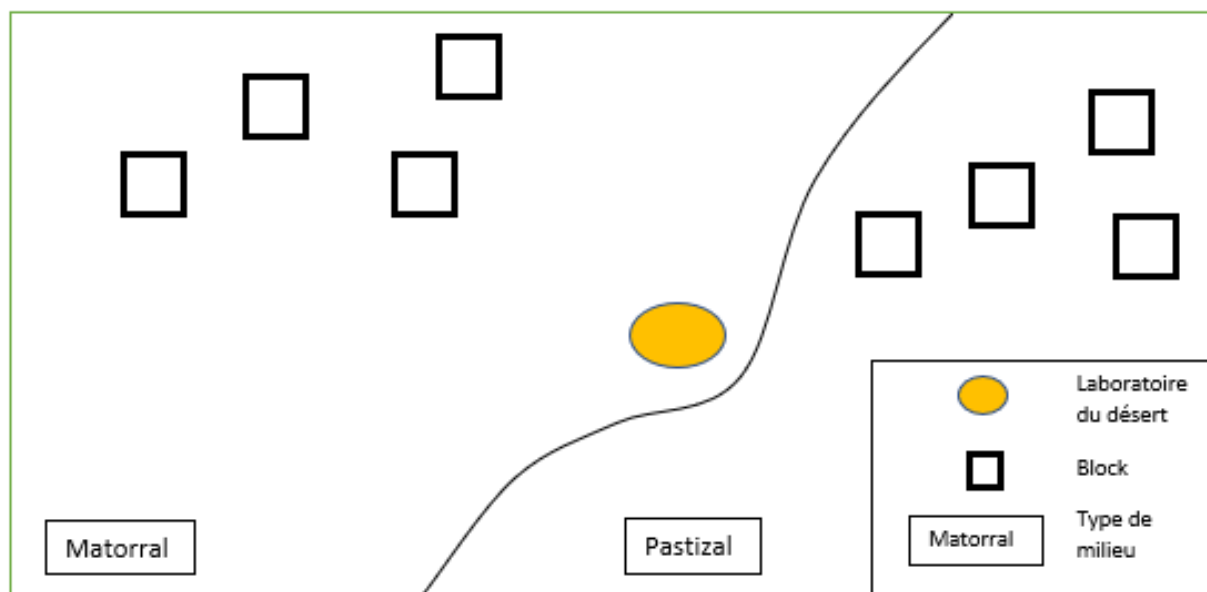


Figure 1 Schéma symbolique de la zone d'étude LTER à Mapimi, Durango, Mexique.

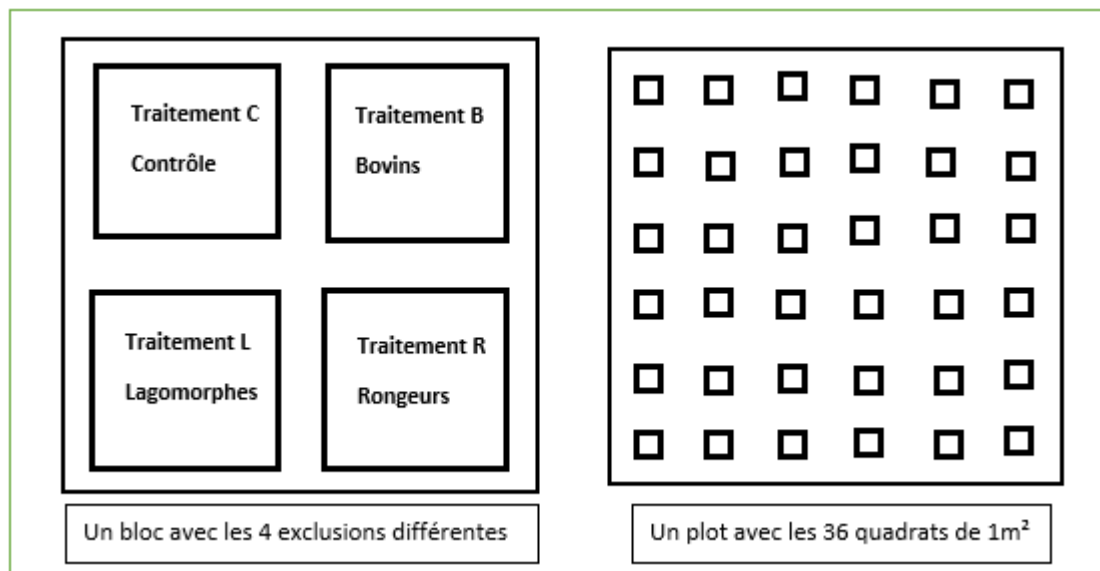


Figure 2 Zoom symbolique sur les différentes composantes d'un bloc

Chacun des quadrats est donc le théâtre d'une étude minutieuse réalisée à l'aide de mètres ruban et d'une maille en PVC d'un 1 mètre sur 1 mètre sur pieds subdivisée en 100 carrés qui correspondent donc chacun à 1% de 1m². Cette maille permet de simplifier et ajuster les mesures. Les mesures comprennent : l'identification de chacune des plantes (vivantes ou mortes) repérées puis la mesure de la couverture végétale ainsi que la hauteur de la plus haute partie de la plante se trouvant dans le quadrat, la prise en compte des traces animales ce qui peut se traduire par la présence de divers nids et terriers (rongeurs, mygales, fourmis...) ou encore par la présence d'empreintes aux sols (vaches, passages de rongeurs ou de tortues qui forment des chemins), à chaque trace sont mesurées la profondeur et la couverture. Ensuite la prise en compte des différents excréments : en particulier ceux des lagomorphes, qui sont collectés et comptés et ceux des vaches qui sont mesurées en hauteur et couverture, les autres ne sont généralement que mentionnés comme commentaires (sangliers, tortues, chevreuils...). Il y a aussi la prise en compte de la matière végétale au sol comme les feuilles mortes et des différents restes végétaux (mesure de couverture). Et enfin la prise en compte des traces de termites et de termitières : mesures de longueur, largeur et hauteur. Il est aussi relevé la surface au sol occupée par les croûtes biologiques composée entre autres de champignons, de cyanobactéries et de lichens. L'identification de ces différentes choses est faite puis notée sous forme d'une clef « AABB » pour les plantes (AA les deux premières lettres de la famille et BB les deux premières lettres de l'espèce) et « AA » pour les autres éléments du quadrat (avec les initiales de la signification en anglais, exemple LL = Leaf Litter les déchets végétaux ou encore RF = Rabbit Faeces, les excréments de lapin et de lièvre).

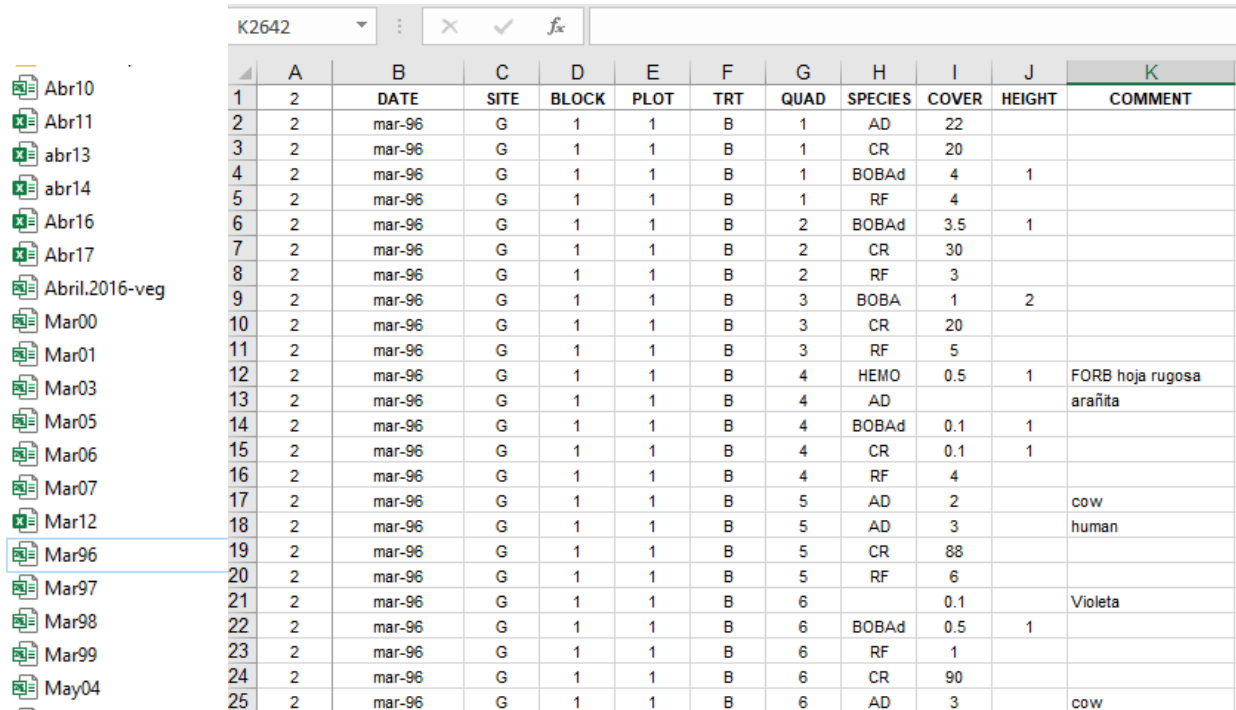


Figure 3 Maille de 1m² posée sur *Hilaria mutica* (en zone pastizal)



Figure 4 Equipe au travail sur l'analyse d'un quadrat dans une zone d'exclusion "lagomorphe" (en zone pastizal)

Après informatisation, ces données viennent ensuite s'ajouter aux relevés des années précédentes. De plus, un accès aux données climatiques de la zone est accessible, comprenant les pluies journalières et les températures maximales et minimales pour chaque mois depuis 1978.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		DATE	SITE	BLOCK	PLOT	TRT	QUAD	SPECIES	COVER	HEIGHT	COMMENT
1	2										
2	2	mar-96	G	1	1	B	1	AD	22		
3	2	mar-96	G	1	1	B	1	CR	20		
4	2	mar-96	G	1	1	B	1	BOBAd	4	1	
5	2	mar-96	G	1	1	B	1	RF	4		
6	2	mar-96	G	1	1	B	2	BOBAd	3.5	1	
7	2	mar-96	G	1	1	B	2	CR	30		
8	2	mar-96	G	1	1	B	2	RF	3		
9	2	mar-96	G	1	1	B	3	BOBA	1	2	
10	2	mar-96	G	1	1	B	3	CR	20		
11	2	mar-96	G	1	1	B	3	RF	5		
12	2	mar-96	G	1	1	B	4	HEMO	0.5	1	FORB hoja rugosa
13	2	mar-96	G	1	1	B	4	AD			arañita
14	2	mar-96	G	1	1	B	4	BOBAd	0.1	1	
15	2	mar-96	G	1	1	B	4	CR	0.1	1	
16	2	mar-96	G	1	1	B	4	RF	4		
17	2	mar-96	G	1	1	B	5	AD	2		cow
18	2	mar-96	G	1	1	B	5	AD	3		human
19	2	mar-96	G	1	1	B	5	CR	88		
20	2	mar-96	G	1	1	B	5	RF	6		
21	2	mar-96	G	1	1	B	6		0.1		Violeta
22	2	mar-96	G	1	1	B	6	BOBAd	0.5	1	
23	2	mar-96	G	1	1	B	6	RF	1		
24	2	mar-96	G	1	1	B	6	CR	90		
25	2	mar-96	G	1	1	B	6	AD	3		cow

Figure 5 Exemple de fichier Excel recensé (ici : Mars 1996)

Mon travail s'est ensuite dirigé vers le tri et l'organisation de ces données encore brutes : en effet les données ont été rentrées sous formats Excel telles qu'elles furent écrites sur les carnets de terrain, amenant son lot d'erreurs humaines et informatiques. Après jonction de tous les fichiers de toutes les saisons de toutes les années, on obtient un fichier Excel d'un peu plus de 340 000 lignes pour 11 colonnes. Le fichier est en effet organisé en ligne et ne permet pas une interprétation rapide de quoi que ce soit. Mais surtout, il se trouve que de très nombreuses erreurs d'identifications de plantes ou de mise au format informatique rendent une liste de plus 500 espèces différentes de plantes quand sur la liste dressée au début de ce projet, il n'y avait « que » 150 plantes différentes. L'enjeu sera donc de tenter compléter au maximum cette liste en tentant de déceler les espèces présentes parmi toutes les clefs « AAB » inconnues ainsi que de corriger toutes les fautes de frappe type omission ou rajout (exemple : si le terme correct est « BAAB », les erreurs les plus courantes sont « BAB » ou « BAAAB »).

L'utilisation de fonction du logiciel Excel et en particulier de la fonction « tableau croisé dynamique » permet de repérer les erreurs et de les corriger tant bien que mal bien que de nombreuses clefs n'aient toujours pas de correspondance à ce jour (21/06/2019).

De cette base de données désormais relativement organisée et surtout, exploitable, l'idée est de tenter de mettre en lumière les impacts entre les différents événements climatique majeurs (sécheresses, gelées extrêmes) sur la végétation locale. Mais aussi tenter de définir les impacts de l'herbivorie sur le milieu, en particulier l'exploitation bovine qui provoque une dégradation des sols par piétinement et par

surpâturage. Il est aussi intéressant de mettre en valeur comment se manifeste le changement climatique dans cette région au climat semi-aride avec l'étude des données météorologiques.

L'utilisation du logiciel R Studio permet la mise en place de matrices de corrélation pour tenter d'identifier les corrélations les plus importantes et les plus significatives d'un point de vue statistique. D'autres tests statistiques sont prévus mais à ce jour seules les matrices de corrélations globales entre une soixantaine d'espèces, le climat et les exclusions d'herbivores sont en cours.



Figure 6 Logo du logiciel R Studio®

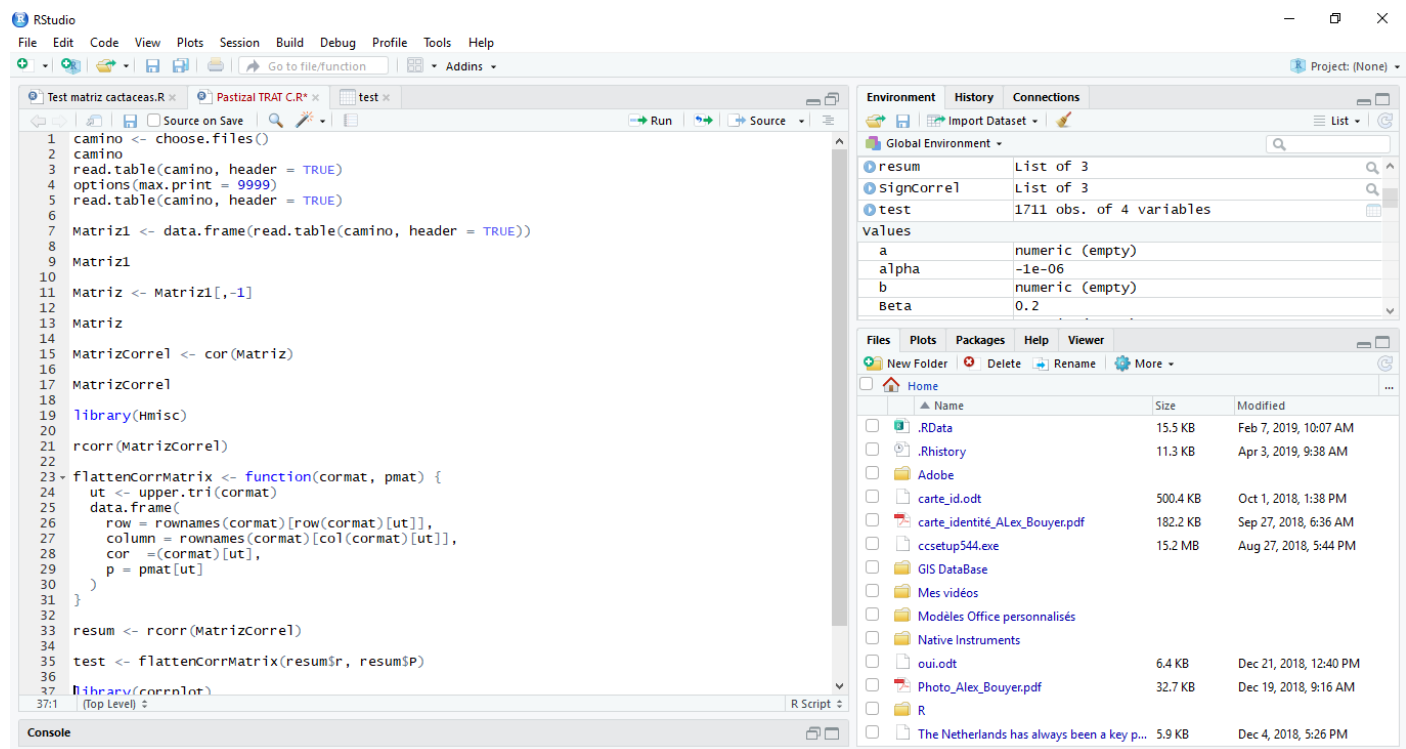


Figure 7 Code R permettant la création d'une des matrices de corrélation, ici la saison sèche dans le pastizal en traitement Contrôle (sans exclusion)

Une utilisation de logiciel SIG (logiciel Surfer) permettrait d'identifier d'éventuels mouvements de groupe de plante en modélisant les apparitions et les disparitions de la plante de chaque quadrat d'une saison sur l'autre et ainsi émettre éventuellement des hypothèses sur le comportement de l'espèce (association, répulsion dû à d'autres espèces...)

IV - Résultats et discussion

Le premier résultat de mes travaux est avant tout et surtout pour le moment l'obtention d'un fichier Excel exploitable directement par quiconque souhaiterait d'en servir : en effet il est désormais possible de sélectionner des quadrats précis et de les étudier d'une année sur l'autre, ou encore se focaliser sur les espèces de plantes de son choix pour observer son évolution au fil du temps. Cette masse d'information contenue dans plus de 320 000 lignes est donc maintenant accessible dans sa plus grande partie. Cependant, du fait de l'ancienneté des relevés et des pertes d'informations qui en découlent, de nombreuses espèces de plantes ne sont toujours pas référencées ou ne sont tout simplement des erreurs de d'identification sur terrain, amenant à la saisie de clefs « AABB » erronées formant des erreurs n'ayant que peu de chance d'être résolues, malgré le contact permanent et régulier entre les différentes personnes ayant réalisé les travaux de terrain. De plus, de part les mesures subjectives de chacune des équipes ayant réalisé les relevés, il existe une certaine incertitude entre les données. Ce dernier point peut être nuancé par le fait que chaque relevé fut réalisé par au moins un des membres de l'équipe de 1996 presque sans exception, permettant une relative homogénéisation des résultats.

L'analyse des données météorologiques relativement récentes (à peine 40 ans) ne permet pas de déceler quelconque tendance majeure. Bien qu'il semblerait que les épisodes de froids extrêmes soient de plus en plus fréquents, cela ne peut être exploités (valeur non significative statistiquement).

Dans un second temps, une analyse est actuellement en train d'être effectuée pour tenter d'identifier différentes corrélations entre le climat (précipitations, température et gelées), l'herbivorie locale et les nombreuses espèces de plantes. N'ayant pas de but précis pour le moment, c'est par simple observation de quelques groupes de plantes et arbustes qu'il semblerait que l'herbivorie et le climat n'influe pas significativement sur les espèces de plantes étudiées. Cependant, ces résultats n'ont aucune valeur scientifique pour le moment car simplement le fruit d'observations et non de raisonnement scientifique et statistique.

Les différentes matrices de corrélation en cours de réalisation tendraient à montrer de fortes corrélations entre les plantes annuelles et les graminées avec le climat. Mais ces matrices sont en cours d'étude.

Conclusion

Bien que toujours en cours, mon stage peut se voir comme une entrée dans le monde de la recherche : ayant participé sur le terrain aux relevés qui composent le matériau de mon travail. J'ai pu entrevoir les différentes facettes du travail d'un chercheur. De plus, j'ai eu la chance de participer à des ateliers et à des séminaires où nombre d'acteurs ont pu partager leurs savoir et leurs remarques sur les thèmes abordés : J'ai notamment pu voir les différents problèmes qui touchent les aquifères mexicains, mais aussi voir les solutions apportées par les différents acteurs de l'eau, de l'agriculteur au représentant politique, en passant par le corps académique. Je retire notamment une maîtrise accrue des relevés naturalistes, et plus précisément en matière d'identification des végétaux et des croûtes biologiques, ces relevés m'ont permis aussi de comprendre que j'étais parfaitement apte à travailler en milieu pouvant être considéré comme difficile. Ensuite, je pense avoir eu l'opportunité de parfaire ma gestion du logiciel Excel : en effet après plusieurs semaines passées à déchiffrer de très nombreuses erreurs, j'ai pu me familiariser avec certaines fonctionnalités. De plus, j'ai pu aussi utiliser les bases de R que j'ai apprises récemment ici au sein de l'INECOL au Mexique. Nous pouvons aussi ajouter à ces compétences « pratiques » la lecture d'articles scientifiques sur la désertification et la gestion des sols en milieu aride.

Ce stage aura particulièrement attisé mon intérêt pour la recherche scientifique. En effet, côtoyer des chercheurs permet de découvrir une partie de ce monde finalement peu connu du grand public. Cet intérêt éveillé m'aura poussé à chercher un peu plus loin dans ce qui pouvait éventuellement se faire en France ou à l'étranger au niveau écologie des écosystèmes et gestion environnementale : de nombreuses portes sont ouvertes et je pense pouvoir valoriser mon stage pour me mener à un projet de vie professionnelle en accord avec l'une de mes principales passions : la nature.



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Alex Bouyer

2018-2019

Assistant chercheur en écologie en milieu aride

Résumé :

Dans le nord du Mexique, j'ai pris part à un projet de LTER (Long Term Ecological Research) consistant dans un premier temps au relevé de données naturalistes (végétation notamment) dans la réserve de la biosphère de Mapimi puis à traiter les données récoltées ainsi que les données accumulées depuis 1996 et laissées à l'état brut. Une fois la base de données exploitable et en association avec les données climatiques locales, l'objectif était de mettre en lumière différentes tendances du milieu : changement climatique, associations végétales, résilience et résistance des plantes face au climat ou encore effet de l'herbivorie locale.

Mots Clés : Désert, écologie, végétation, recherche

Instituto de Ecología, A.C.

Carretera antigua a Coatepec 351, Xalapa 91 070, Veracruz, México

Tuteur entreprise :

Victor Manuel Reyes Gomez

Enseignant Chercheur

Tuteur académique :

Séraphine Grellier