



Résumé analytique à l'intention des groupes cibles

Numéro du projet	406840_143144
Titre du projet	Le rôle de l'utilisation des sols dans les résistances aux antibiotiques
Directeur du projet	Brion Duffy, ZHAW Wädenswil
Autres responsables	Theo H.M. Smits, ZHAW Wädenswil

Contribution(s) à la synthèse thématique :

<input checked="" type="checkbox"/> Sol et production alimentaire	<input checked="" type="checkbox"/> Sol et environnement	<input type="checkbox"/> Développement du territoire	<input type="checkbox"/> Informations sur le sol, méthodes et instruments	<input type="checkbox"/> Politique du sol
---	--	--	---	---

Lieu, date : Wädenswil, le 29 juillet 2016

Contexte

Le sol est l'espace de vie dynamique d'une grande variété d'organismes qui vivent en interaction et sont essentiels pour ses diverses fonctions, notamment sa fertilité, mais aussi pour la santé humaine. La stabilité du sol à long terme dépend de l'utilisation soignée et durable de cette ressource. L'effet, aux niveaux local et mondial, de l'utilisation des sols sur leur écosystème peut modifier de manière involontaire la biodiversité du sol, et en particulier des micro-organismes. Les technologies modernes de séquençage du génome permettent d'étudier cette influence.

Par ailleurs, on suppose que **le sol est une source de gènes de résistance aux antimicrobiens**, qui se transmettent à l'homme via l'environnement, ainsi qu'un réservoir d'antibiotiques provenant des eaux usées et de l'agriculture. Le sol héberge donc tout à la fois des microbiomes naturels, agricoles et humains. Le résistome du sol, c'est-à-dire l'ensemble des gènes de résistance aux antimicrobiens (RAM) présents dans celui-ci, fait l'objet de nombreuses recherches. Cependant, on ne dispose actuellement que de données limitées pour déterminer les effets des méthodes d'exploitation ou des propriétés des sols sur le résistome du sol.

En raison du risque de sélection et de propagation de la RAM présente dans l'alimentation et l'environnement aux agents pathogènes humains, l'utilisation d'antibiotiques dans l'agriculture a été fortement réduite, voire interdite dans certains cas. L'utilisation d'antibiotiques comme activateurs de croissance chez les animaux a notamment été interdite dans l'Union européenne en 2006. L'incidence des effets anthropogéniques et des conditions des sols sur la sélection et la propagation des mécanismes de résistance et des bactéries résistantes présents dans les sols n'a cependant été que très peu étudiée jusqu'ici.

Objectifs

Le projet « Résistance aux antibiotiques » visait à rendre compte de la diversité des résistances aux antibiotiques pour les sols agricoles en Suisse ainsi que des effets des méthodes d'exploitation sur la dynamique de la résistance.

Les sites d'étude ont été sélectionnés en collaboration avec d'autres projets du PNR 68 dans le cadre du thème central « Biologie du sol ». Les questions suivantes ont notamment été étudiées :

- Quels mécanismes de résistance aux antimicrobiens et quelles bactéries résistantes sont présents dans les sols suisses ?
- Quels mécanismes de résistance et bactéries résistantes sont sélectionnés et propagés dans le sol du fait des influences anthropogéniques et de l'écologie du sol ?
- Dans quelles proportions relatives les processus spécifiques des sols (résistance aux antibiotiques, cycle de l'azote / du phosphore) sont-ils reproduits dans les métagénomés des communautés des sols ?

Résultats

Deux sites soumis à des conditions climatiques similaires ont été étudiés dans le cadre du projet en vue de comparer les effets à court et à long terme de l'exploitation agricole. L'un des sites sélectionnés se situe dans la région alpine du col du Glaspas. Ce choix a permis de mener une étude unique sur le plan historico-culturel. Les résultats révèlent des différences microbiennes considérables entre le site sur lequel du purin est épandu depuis 600 ans et le site, qui ne reçoit que des quantités limitées de déjections animales durant l'estivage. Le site sur lequel du purin est épandu présente davantage de bactéries potentiellement impliquées dans le cycle de l'azote.

Cependant sur la prairie d'estivage d'autres micro-organismes prédominent. La comparaison entre différentes méthodes sur le site du projet FAST d'Agroscope, où des systèmes d'exploitation distincts ont été introduits il y a seulement sept ans, n'a par contre pas permis de constater une différence visible. Bien qu'il puisse y avoir des différences minimales, les écarts entre les communautés microbiennes de la zone racinaire (rhizosphère) et celles du sol nu étaient plus importants. Cela montre que l'effet de la plante sur la communauté microbienne est actuellement plus grand que celui du mode d'exploitation.

En collaboration avec d'autres chercheuses et chercheurs du PNR 68, le projet « Résistance aux antibiotiques » a étudié les communautés microbiennes sur d'autres sites en Suisse. Au moment du prélèvement des échantillons, tous les champs étudiés étaient ensemencés de blé. L'analyse a révélé une très grande différence entre la diversité microbienne dans la rhizosphère et dans le sol nu. Cela a probablement une plus grande influence que les différences dans les propriétés des sols telles que le pH, la teneur en nutriments ou le type de sol.

Depuis quelques années, les nouvelles technologies permettent de séquencer la totalité de l'ADN extrait des échantillons, c'est-à-dire d'analyser le métagénome. Cette méthode a été utilisée pour les prélèvements effectués sur le champ du projet FAST afin d'étudier les gènes de RAM qu'ils présentent. Bien que les données aient été analysées à l'aide de deux méthodes différentes, force a été de constater qu'il subsistait plusieurs problèmes méthodologiques portant atteinte à la qualité des résultats. L'analyse directe des segments de séquence à l'aide de diverses bases de données dédiées à la RAM n'a produit que peu de résultats : cela indique que la proportion de gènes de résistance aux antimicrobiens dans le sol est très faible. Une analyse similaire après regroupement des segments de séquence a toutefois montré que les résultats variaient en fonction de la base de données utilisée. Cela tient probablement d'abord au fait que ces bases de données ne sont pas toutes gérées de la même façon et contiennent dès lors un nombre variable d'ensembles de données des gènes de RAM. Néanmoins, pour les deux analyses, le nombre total de gènes de RAM décelables dans les échantillons de sol étudiés était minime. Les gènes de RAM cliniquement pertinents étaient présents en plus faible quantité encore ou n'étaient même pas décelables.

En vue de contrôler la quantité de gènes de RAM, les chercheuses et chercheurs du projet ont étudié sur une période de six mois, au cours de laquelle du purin a été épandu à deux reprises sur la moitié de la surface observée, les échantillons de sol prélevés sur le site du projet FAST ainsi que le purin lui-même. Cette démarche visait à découvrir si des gènes de RAM pertinents sur le plan clinique étaient présents sur le site et/ou dans le purin et, le cas échéant, en quelle quantité. Pour six des onze gènes recherchés, aucune trace n'a été trouvée dans les échantillons analysés. La présence des cinq autres a été détectée à la fois dans le purin et dans les échantillons de sol. Cette découverte tend à démontrer que le purin est une source de gènes de RAM dans le sol. Les analyses ont montré que la proportion de gènes de RAM dans la communauté globale a fortement augmenté après épandage du purin, mais que les valeurs se sont rapidement normalisées. Les surfaces sur lesquelles aucun purin n'avait été épandu présentaient toutefois dix fois moins de gènes de RAM. L'on peut en conclure que l'épandage de purin entraîne une augmentation de la valeur de base pour les gènes de RAM.

Signification pour la recherche

Bien qu'il soit établi que des gènes de RAM sont naturellement présents dans le sol, une faible quantité seulement de gènes de RAM a été trouvée dans les différents échantillons de sol analysés dans le cadre du projet « Résistance aux antibiotiques ». Les gènes de RAM cliniquement pertinents n'étaient pas présents en quantité décelable. Les valeurs absolues que nous avons obtenues pour les gènes détectés semblent être relativement peu élevées. Cela pourrait également être dû au fait que le purin de vache épandu était issu d'une agriculture biologique et ne devait donc, conformément aux directives suisses, contenir aucun purin à base de déjections de bovins traités aux antibiotiques. En outre, les résultats ne peuvent être comparés avec ceux d'autres études, car certaines amorces n'avaient encore jamais été utilisées auparavant pour des études environnementales. Il est impossible d'établir avec certitude si les valeurs obtenues pour les gènes de RAM sont liées au type de sol, aux plantes cultivées ou à la méthode d'exploitation spécifique. Pour répondre à cette question, des études complémentaires sont nécessaires.

Les chercheuses et chercheurs du projet « Résistance aux antibiotiques » ont travaillé en étroite collaboration avec les responsables des projets « Bactéries du sol » (M. Maurhofer, EPF Zurich / C. Keel, Université de Lausanne) et « Mycorhize » (M. van der Heijden, Agroscope) du PNR 68. L'expérience visant à rendre compte de la biodiversité des communautés microbiennes des sols par le biais d'expérimentations communes sur le terrain a été une bonne occasion de comprendre les répercussions, sur les plans qualitatif et quantitatif, des méthodes d'exploitation sur des groupes fonctionnels centraux, comme les bactéries du genre *Pseudomonas*, dans le cadre de la communauté microbienne globale. Des publications scientifiques communes sont en préparation.

Signification pour la pratique

Les résultats du projet « Résistance aux antibiotiques » sont en contradiction avec l'idée répandue que l'activité humaine, l'agriculture notamment, a un effet néfaste s'agissant de la propagation de la résistance aux antimicrobiens. L'analyse des communautés microbiennes des sols a révélé que ces communautés s'étaient modifiées de manière radicale dans le cadre d'une très longue évolution vers des pâturages alpins. Typiquement, ces communautés stables et diversifiées se caractérisent par des groupes de bactéries qui réutilisent le purin riche en nutriments et augmentent ainsi la productivité de cet écosystème durable. La diversité naturelle des communautés microbiennes des sols en Suisse contribue à un cycle nutritif sain, efficace et utile, qui est résistant et s'étend sur plusieurs systèmes agricoles.

Le projet « Résistance aux antibiotiques » fournit des indications pour l'utilisation sans danger de déjections animales dans l'agriculture. L'épandage de fumier et de purin sur des sols de culture constitue une méthode importante pour disposer de sols sains et productifs, ainsi que pour réutiliser les déjections des animaux. Les résultats indiquent que le purin épandu n'a un effet sur le nombre de gènes de RAM qu'à très court terme, soit durant quelques jours ou semaines. En outre, l'étude a révélé que les gènes de résistance aux antibiotiques présents dans les sols suisses sont majoritairement le fait de mécanismes de résistance généraux, comme les pompes d'efflux, qui ne présentent pas de danger réel de transmission à des scénarios cliniques dans le cadre de l'exploitation agricole des sols.

Recommandations

Les analyses de la diversité microbienne sont très courantes dans le monde scientifique. Les résultats du projet « Résistance aux antibiotiques » indiquent que l'effet de la chimie des sols sur la diversité microbienne est moins important qu'on ne le pensait. Dans le même temps, l'influence de la végétation et de sa rhizosphère est peut-être plus grande que ce que l'on croit. En conséquence, des travaux de recherche complémentaires seraient nécessaires pour déterminer l'influence des différentes plantes sur les communautés microbiennes. En particulier, il conviendrait désormais de prendre en compte le type de plante poussant sur le site expérimental lors de corrélations directes entre les paramètres du sol et les communautés microbiennes. Il faudrait en outre adapter la stratégie de prélèvement des échantillons afin d'exclure tout effet de la rhizosphère sur les échantillons collectés sur le site expérimental.

Les résultats montrent que dans les échantillons analysés, **le risque de transmission d'un gène de résistance aux antimicrobiens du sol à l'environnement (nappe phréatique ou eaux de surface) est faible**, seule une petite quantité de gènes de RAM ayant été détectée dans le sol. L'épandage de purin a, il est vrai, entraîné une augmentation à court terme des gènes de RAM dans les échantillons du site du projet FAST. Le comportement environnemental des porteurs de gènes et le risque de propagation du purin à la nappe phréatique ou aux eaux de surface par infiltration n'ont toutefois pas été quantifiés. La quantification et la modélisation de la propagation de gènes de RAM à travers le sol après épandage de purin en fonction de la quantité de pluie sont l'un des objectifs d'un projet de recherche qui a été soumis pour le PNR 72. En tenant compte des prévisions météorologiques, ces résultats pourraient être utilisés afin de déterminer le moment opportun pour épandre le purin.

La faible quantité de gènes de RAM dans les sols suisses peut être vue comme un signe positif dans la perspective de la stratégie Antibiorésistance (StAR) de la Confédération. La quantification de gènes de RAM n'a cependant été réalisée que sur un nombre restreint de sites, qui ne sont pas représentatifs de l'ensemble des types de sol en Suisse. Il serait important que des initiatives, à l'instar de l'observatoire national des sols (NABO), puissent déterminer la quantité de gènes de RAM présents dans beaucoup plus de types de sol suisses pour pouvoir dire avec plus de certitude si des gènes de RAM sont présents dans les sols suisses et, le cas échéant, en quelle quantité.

Le résultat de l'étude attestant que l'épandage de purin n'influence que pendant une courte période la quantité de gènes de résistance aux antibiotiques dans le sol est crucial pour la définition des bases politiques et réglementaires futures en ce qui concerne l'utilisation profitable de déjections animales dans l'agriculture. Sur la base de mesures des gènes présents dans le sol après épandage de purin, des lignes directrices pourraient être élaborées pour la protection des travailleurs agricoles et d'autres personnes.