



Sur les pentes de la mine du Koniambo, Cyril Poullain, ingénieur de recherche au CNRS, pointe un par un les plants de grevillea exul exul mis en terre quelques semaines auparavant sur deux parcelles expérimentales.

Quand chimie rime avec écologie

A partir des feuilles mortes de certaines plantes dites « *accumulatrices de métaux* » qui poussent sur les sites miniers, il est possible de préparer des composants utiles pour l'industrie chimique. C'est la démonstration que fait actuellement un laboratoire du CNRS présent en Nouvelle-Calédonie en collaboration avec l'Institut Agronomique néo-Calédonien. Sa directrice, Claude Grison, était en visite fin mars sur un nouveau site d'expérimentation sur le Koniambo.



Claude Grison, en visite sur le koniambo.

« 2, 3, 4... Le taux de mortalité est très faible sur ce site. Il était d'environ 6% lors de notre dernier passage, là il n'est que de 7%. Sur le site du haut, c'est moins bien... »

Sur les pentes de la mine du Koniambo, Cyril Poullain, ingénieur de recherche au CNRS, montre à la directrice du laboratoire pour lequel il travaille, le chantier de plantation effectué quelques semaines auparavant sur une ancienne piste d'accès. Porte-document à la main, il pointe un à un les plants en indiquant sur le papier leur état de santé.

Basée à Montpellier, Claude Grison est déjà venue à plusieurs reprises en Nouvelle-Calédonie où depuis 2010, des expérimentations ont été lancées entre son laboratoire du CNRS, l'Institut Agronomique néo-Calédonien (IAC)

et la SLN à Thio, à Tiébaghi et plus récemment à Kouaoua. « Nous avons déjà réhabilité dans ce cadre près de 6 hectares, ce qui nous permet d'avoir des résultats solides, dans de sites différents. »

La collaboration avec KNS est plus récente. Sur les pentes du Koniambo, sur deux sites, 476 plants de *Grevillea exul exul*, une espèce déjà présente à proximité, ont été mis en terre, avec différents amendements afin de mesurer lequel est le plus efficace (engrais retard, compost, etc...). La nature des sols sur les deux sites est différente. Des gaïacs, eux-mêmes présents à cette altitude, sont intercalés avec les plants à certains endroits, pour apporter de l'azote au sol très appauvri. D'autres espèces plantées par le service revégétalisation de KNS



Ce sont les vieilles feuilles, la litière, qui intéressent les chimistes : ce sont elles qui concentrent le plus de métaux. Dans le cas du grevillea exul exul, c'est le manganèse qui est recherché, un métal utile dans certaines réactions chimiques utilisées par l'industrie et qui dont les ressources s'amenuisent sérieusement au niveau mondial.

sont toutes proches, en respectant une distance minimum de deux mètres.

Conserver tout ce que donne la plante

Claude Grison admire avec Cyril Poullain ce plant qui a déjà fait une fleur, cet autre qui présente déjà une nouvelle pousse... Et elle déroule le récit d'une histoire à succès, celle du laboratoire ChimEco ou « chimie bio-inspirée et innovations écologiques » qu'elle dirige dans le sud de la France à Montpellier et le procédé qu'il développe : utiliser les métaux contenus dans les feuilles sèches de ces plantes dites « hyperaccumulatrices de métaux », ces plantes qui poussent dans un milieu hostile. Les métaux récoltés entrent ensuite, à très petite dose, comme catalyseur dans une réaction chimique. Un catalyseur est une substance qui accélère une réaction chimique, la rend possible, la facilite...

« Nous récupérons les litières, les feuilles sèches au pied des plants. Plus les feuilles sont vieilles et plus elles sont chargées en métaux. On les lave, on les sèche et on les broie. Ensuite, on leur fait subir un traitement thermique très contrôlé. On obtient alors une poudre minérale... » Les feuillages du *Grevillea exul exul* concentrent en particulier le manganèse. Le laboratoire a fait le choix de conserver tous les métaux obtenus. « C'était un pari de penser que tous les métaux jouent un rôle dans la réactivité du catalyseur, mais le résultat est très satisfaisant. L'idée est de conserver tout ce que nous donne la plante » poursuit la

chercheuse. En fonction de l'utilisation ultérieure, un traitement à l'acide peut également être effectué.

Agent anti-cancéreux et insecticide

Les « biocatalyseurs » obtenus ont fait la preuve de leur efficacité dans plusieurs domaines. Dans la pharmacologie notamment. « Ils peuvent être utilisés par exemple pour la synthèse de médicaments, des médicaments efficaces mais qui posaient un problème de préparation. Nous avons eu ainsi un succès avec un agent anti-cancéreux, le biocatalyseur a multiplié par un facteur quatre le rendement de la réaction. »

Le laboratoire collabore avec Eramet, qui exploite des mines au Gabon. « A partir de plantes qui sont utilisées pour la revégétalisation au Gabon, nous avons réussi à produire sur place un catalyseur qui entre dans la fabrication de molécules actives contre la malaria, une maladie qui est un gros problème là-bas. »

Les biocatalyseurs ont également montré leur intérêt pour la fabrication



Le *Grevillea exul exul*, appelé aussi « brosse à dent du mineur » a été choisi pour sa capacité de phytoextraction : il capte les métaux contenus dans le sol et les stocke dans ses feuilles.

d'un insecticide « nouvelle génération » considéré comme sans impact sur l'environnement.

Le laboratoire développe également des applications dans le domaine de la cosmétique. « Pour l'Oréal, nous avons trouvé un catalyseur très performant qui a permis de revoir les procédés de fabrication. »

Une nouvelle législation interdisant l'utilisation de plusieurs composés dans l'industrie, comme le cobalt par exemple, ouvre de nouvelles perspectives pour cette chimie verte avec de nouveaux biocatalyseurs qui peuvent se substituer à ceux qui sont désormais prohibés. « Nous concentrons nos efforts sur le manganèse » indique Claude Grison. Le palladium fait également partie de ces métaux rares qu'on trouve dans quelques plantes et qui sont utiles à certaines réactions chimiques.

La raréfaction des ressources minières

La chercheuse évoque également des coïncidences qui donnent un poids supplémentaire aux travaux du laboratoire qu'elle dirige : « Le PIPAME (Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques) a publié un article sur la raréfaction des ressources minières. Dans 40 ans par exemple, le manganèse aura disparu. Il est indispensable de trouver des techniques de recyclage naturel pour alimenter la chimie de synthèse. » Les plantes accumulatrices de métaux offrent là aussi des perspectives. « La teneur en métal est variable d'une espèce à l'autre. Mais on arrive dans certaines feuilles à des taux de manganèse, par exemple, très proches de celle du minerai... »

L'idée n'est toutefois pas de produire du minerai à partir des plantes comme l'a tenté un Américain, considéré plutôt comme un contre-exemple par l'équipe du laboratoire ChimEco. « Nous restons dans une optique éco-responsable. Avec les biocatalyseurs, nous n'avons pas besoin de beaucoup de biomasse. Ils sont utilisés en traces dans une réaction et peuvent même être réutilisés. »

Profiter de la richesse de la biodiversité

La Nouvelle-Calédonie est riche d'une biodiversité exceptionnelle avec di-

verses plantes accumulatrices. « Et en plus, la même plante peut être à l'origine de plusieurs catalyseurs » souligne Claude Grison. Celle-ci constate qu'il existe une réelle volonté localement de mettre en place de la restauration écologique des sites. « Les intérêts convergent avec les partenaires miniers qui sont réellement intéressés. Cela donne une autre dimension à la revégétalisation. »

« Depuis l'origine, KNS soutient les projets destinés à avoir une plus grande connaissance des plantes calédoniennes, qui sont en grande partie endémiques, et une meilleure compréhension des mécanismes qui sont liés à cet endémisme » souligne Magali Patrois, coordinatrice de la réhabilitation et de la gestion de la biodiversité. « KNS finance des thèses, des projets scientifiques pour participer à cette montée en compétence sur les domaines de l'environnement en général. Dans ce projet sur les plantes accumulatrices de métaux, le côté innovateur et la vision industrielle hors nickel sont très intéressants. »

Les équipes de KNS ont replanté cette année 40 000 plants par an soit à peu près 5 hectares, avec des espèces dites « pionnières ». Plus que les années précédentes. Les plants sont produits par quatre pépinières locales. « Nous avons des accords avec ces pépiniéristes qui viennent ramasser les graines dans la zone. Car nous souhaitons revégétaliser avec des plants issus de graines de l'endroit. Nous évitons également le bouturage » explique Magali Patrois. Certaines zones sont réhabilitées grâce à l'hydroseeding, la projection de graines. Un procédé qui reste encore à parfaire, aux dires de Magali Patrois.

L'expertise de l'IAC

Docteur en chimie des substances naturelles, Cyril Poullain, ingénieur de recherche, a travaillé pendant huit ans au laboratoire des plantes médicinales du CNRS à Nouméa. Aujourd'hui en poste au laboratoire ChimEco du CNRS, mais basé à Koonh, il étudie quelles sont les meilleures conditions pour la croissance des espèces qui ont montré leur pouvoir de phytoextraction. Il bénéficie des connaissances scientifiques et de l'expertise de l'IAC dans ce domaine, qui est partenaire de ce programme de recherche depuis 2012 et qui travaille depuis de longues années sur la revégétalisation des terrains miniers en Nouvelle-Calédonie.

« Nous travaillons de concert pour mettre en place nos essais et dans la réflexion des protocoles, pour trouver les bons amendements, les bonnes associations et ainsi assurer au mieux la plantation... » Les essais ont pour but d'affiner le choix des espèces à privilégier dans la perspective d'un développement industriel futur. « En plus du *Grevillea exul exul*, nous étudions actuellement le *Grevillea meisneri* (pour l'accumulation du manganèse) sur la zone du Creek à Paul, en contrebas du massif de Tiébaghi, le *Grevillea exul rubiginosa* (pour le manga-

nèse) et *Geissois pruinosa* (pour le nickel) sur les mines de Camp des Sapins à Thio et mine Méa à Kouaoua. »

Les recherches doivent également permettre de définir sur quel type de sol les plantes accumulent le plus de métaux. « L'une des conditions de l'industrialisation est d'être capables d'avoir des feuilles avec une composition constante » observe Claude Grison. « Et cela représente des années de travail. » La chimie verte sera-t-elle une voie de valorisation de la biodiversité calédonienne ? L'avenir nous le dira. ■

Des innovations remarquées

Pour ses travaux, Claude Grison, qui est professeur à l'Université de Montpellier en chimie du vivant, a été récompensée à de multiples reprises.

Le pouvoir de « phytoextraction » de certaines plantes capables de résister à la toxicité des sols a été mis en lumière par le laboratoire du CNRS que dirige Claude Grison lors de premières recherches dans une ancienne mine de zinc dans les Cévennes, non loin de Montpellier. Dans cette mine fermée, les poussières de plomb dans l'atmosphère posaient un important problème sanitaire.

Certaines plantes sont capables de capter les métaux contenus dans le sol et de les stocker dans leurs feuilles, ce qui permet, à long terme une dépollution du site. A plus court terme, la végétation permet d'éviter que la pluie ou le vent dissémine dans l'atmosphère des éléments métalliques : c'est ce qu'ont prouvé les recherches. « Avec ce premier résultat, qui a fait du bruit et pour lequel nous avons reçu le prix de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), cela a été vraiment la joie dans notre laboratoire ! Les industriels ont montré leur intérêt. Le CNRS a déposé un brevet. »

Un déplacement en Nouvelle-Calédonie et une rencontre avec le botaniste Tanguy Jaffray ont ensuite incité la chercheuse à s'intéresser à la biodiversité particulièrement riche de la Nouvelle-Calédonie. « Les résultats sont allés au-delà de ce que l'on imaginait ! Nous avons déposé en 2012 un projet de recherche avec l'IAC (Institut agronomique calédonien) auprès de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) pour quatre ans, en menant en parallèle un travail sur le terrain et en laboratoire. » La chercheuse mène le même genre de recherches dans d'autres régions du monde, comme au Congo, en Chine ou en Crète... En 2014, Claude Grison a reçu la médaille de l'innovation du CNRS. La même année, elle a été décorée de la légion d'honneur. Et elle s'appête à recevoir le prix de l'Académie des sciences. Une reconnaissance qu'elle semble apprécier, sans toutefois prendre la grosse tête...



Claude Grison a reçu plusieurs distinctions pour son travail de recherche innovant qui allie chimie et écologie, qui va dans le sens d'une économie circulaire.