

Redonner vie aux terres polluées par les armes

Dans les Bouches-du-Rhône, des scientifiques restaurent à l'aide d'une plante un sol contaminé par des munitions

REPORTAGE

PLAINE DE LA CRAU (BOUCHES-DU-RHÔNE) - envoyé spécial

Tout semble vide mais ce n'est pas un désert. La steppe de la plaine de la Crau (Bouches-du-Rhône) est riche en biodiversité. Sous un ciel immense, le mont Ventoux au loin, la piste file entre les herbes. Un berger marche à l'horizon, incliné par le vent parmi ses 3 000 moutons. Proches de Marseille, les grues du port de Fos-sur-Mer découpent l'horizon vers le Sud. Tout semble loin, mais l'histoire est juste sous nos pieds.

« Attention au mistral en ouvrant la portière ! » Directeur de recherche au CNRS à l'université d'Avignon, Thierry Dutoit stoppe la voiture à l'intérieur d'une zone d'accès restreint. Dans la réserve naturelle des Coussouls de Crau, il faut se pencher pour admirer une flore minuscule. « Nous avons recensé jusqu'à 70 espèces de plantes à fleurs par mètre carré », explique le spécialiste de la restauration écologique. A un endroit précis pourtant, dans une zone de 30 mètres de diamètre entourée d'une clôture, la végétation est pauvre. La terre est presque nue entre les galets. Au centre, rien ne pousse depuis la fin de la seconde guerre mondiale. En 1947, l'armée y a brûlé des caisses de munitions obsolettes. L'incendie a pollué la terre.

Avant d'accéder au site, les scientifiques revêtent des combinaisons blanches. « Ce sol est surtout contaminé par du plomb, du cuivre, du cadmium, de l'arsenic et du zinc, indique Emma Leone, la doctorante en écotoxicologie qui étudie le site avec Thierry Dutoit. Avec 30,5 grammes de plomb par kilo de sol, nous sommes très au-dessus du seuil de sécurité environnemental. » C'est 6 000 fois plus que la concentration naturelle alentour. Entre les balles de fusils-mitrailleurs qui restent encore sur le sol, on observe de la mousse et des brachypodes rameux. Cette herbe locale résiste en milieu sec et pauvre. En provençal, on l'appelle la « baouque », l'herbe à moutons.

Depuis novembre 2025, les chercheurs tentent une expérience. Ils ont planté 900 pieds de brachy-

pode à cet endroit et sur d'autres sites pollués, en laissant le sol en l'état ou en l'enrichissant notamment avec du fumier. « Cette plante peut se développer, malgré une teneur importante en métaux lourds, précise Emma Leone. Grâce à ses racines et à sa litière, elle stabilise les polluants. Ils deviennent moins toxiques et ont moins d'interactions avec le vivant. » Jusqu'à présent, tous les plants survivent et la « phytostabilisation » du site semble bien partie.

La faune souterraine est aussi touchée par la pollution. Les biologistes ont observé que 70 % des vers microscopiques ont disparu. « La végétation favorise leur retour et pourrait permettre de rétablir de l'écosystème qui préexistait », explique Thierry Dutoit. En fixant la pollution, la baouque accélère la renaturation et stoppe les envolees de poussières toxiques. Dans ce milieu méditerranéen, cette herbe est idéale, mais ailleurs ? « Dans d'autres écosystèmes, nos recherches permettront d'identifier la meilleure plante candidate », poursuit-il. « Pour chaque contamination, il y a forcément une plante locale à trouver, que l'on peut associer à un programme de remédiation du sol », complète la chercheuse.

« Taches de brûlage »

La réserve naturelle compte cinq « taches de brûlage » de ce type, sur une surface totale de deux hectares. Informé de la toxicité du lieu, le conseil départemental des Bouches-du-Rhône, propriétaire du site, a installé récemment des clôtures pour empêcher les brebis d'y accéder.

Dans quelques jours, un avion survolera les cinq taches pour les cartographier en haute résolution. « Nous allons observer les effets de la pollution sur les végétaux, grâce à une caméra aéroportée qui couvre le spectre visible et le proche infrarouge, explique Sophie Fabre, directrice de recherche au département d'optique de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera) à Toulouse. L'imagerie hyperspectrale permet d'estimer les traits des plantes, leurs teneurs en chlorophylle et en eau, reliées à la contamination du sol. »



La doctorante Emma Leone et l'écologue Thierry Dutoit, sur une parcelle de la plaine de la Crau polluée par des métaux lourds, le 1^{er} avril. MATHIEU ASSELIN POUR « LE MONDE »

Cette mission fait partie du projet scientifique appelé Hycos.

Les données de cette mission aérienne seront partagées avec Julien Parelle, un spécialiste de l'université de Besançon. Comme son confrère Thierry Dutoit à Avignon, il étudie l'extraction des polluants par les plantes. Son mo-

dèle est le peuplier. « Un des doctorants que j'encadre avec Sophie Fabre a montré qu'en mesurant la lumière du soleil réfléchi par les feuilles de peuplier, nous pouvons connaître les quantités de zinc qu'elles accumulent », indique cet écophysiologiste. Cette méthode permet ainsi de diagnostiquer la

contamination des sols, par l'imagerie hyperspectrale.

Cette cartographie des polluants pourrait-elle s'appliquer aux guerres d'aujourd'hui ? C'est précisément l'idée du projet Edwar, que Julien Parelle vient de proposer à l'Agence nationale de la recherche. L'Onera et plusieurs

« Pour chaque contamination, il y a forcément une plante locale à trouver »

EMMA LEONE
doctorante

universités sont parties prenantes, ainsi que le BRGM, le service géologique national. Daniel Hubé, géologue au BRGM à Orléans et expert des conflits armés, y apporte son expertise. En 2015, il a identifié un site pollué lors de la première guerre mondiale, près de Verdun (Meuse). Rien n'y pousse, comme sur les taches de brûlage dans la Crau. Ces deux sites servent de référence pour le projet Edwar, car sur les champs de bataille du XX^e siècle et d'aujourd'hui, les munitions polluent le sol de façon similaire.

« Phytostabilisation »

La scientifique ukrainienne Olena Melnyk, chercheuse en sciences du sol, est également associée au projet. Avec son équipe, elle a étudié plus de 10 000 échantillons de sol, collectés près de la ligne de front en Ukraine. Les principaux polluants, détectés là où du matériel militaire a brûlé, sont le plomb, le zinc, le cadmium et le cuivre. Publiée récemment, son étude révèle aussi que les cratères d'explosion sont moins contaminés que prévu.

« Le projet Edwar pourrait aider à développer des solutions, même avant la fin de la guerre, estime Olena Melnyk. La phytostabilisation peut convenir aux environnements naturels et aux prairies. Pour les sols agricoles ukrainiens, où la priorité est la remise en culture, la phytoextraction est appropriée, en particulier avec le chanvre et le miscanthus. »

L'imagerie aérienne déployée sur la plaine de la Crau a l'avantage de cartographier à grande échelle, y compris les zones dangereuses. Cela peut servir en Ukraine, devenu le pays le plus miné au monde. ■

NICOLAS GUILLAS

« Le sol ukrainien reste propre à la culture, sous réserve d'un suivi »

La scientifique Olena Melnyk a coordonné l'analyse de plus de 10 000 échantillons de terre, prélevés près des zones de combat

ENTRETIEN

Contrairement de quitter l'Ukraine au début de la guerre, en février 2022, la chercheuse Olena Melnyk, spécialiste des sols, a conduit un projet avec plusieurs institutions académiques britannique, suisse et ukrainienne pour documenter l'état des terres à proximité de la ligne de front.

Que sait-on aujourd'hui de la pollution du sol en Ukraine ?

Le tiers des terres agricoles, près de 14 millions d'hectares, est potentiellement affecté par des mines, des munitions non explosées et des polluants. Mais nous n'avons pas observé de pollution uniforme des sols. Certaines zones sont fortement polluées, mais la contamination chimique est souvent localisée. Dans les zones non minées, le sol reste propre à l'agriculture, sous réserve d'un suivi, de

L'université nationale agraire de Soumy [à 30 km de la frontière avec la Russie]. La ville était encerclée par les troupes russes, j'ai dû fuir avec mes enfants. Actuellement, je suis chercheuse associée à la Haute Ecole des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, à Berne, en Suisse. Le lendemain de la libération de Soumy, le 4 avril 2022, les agriculteurs voulaient savoir si leur sol était cultivable. Mes collègues ukrainiens ont prélevé 20 premiers échantillons de sol sur des terres ayant subi des attaques de missiles et roquettes. Nous les avons analysés en Suisse et en Ukraine avec différentes méthodes.

Pour conduire des analyses à plus grande échelle, comment avez-vous procédé ?

J'ai monté un projet entre la Haute Ecole spécialisée bernoise, l'université d'Etat de Soumy et l'université royale d'agriculture

gouvernement britannique, les prélèvements impliquaient des équipes des universités de Soumy, de Kherson et de Kharkiv. Nous disposons désormais de plus de 10 000 échantillons prélevés près de la ligne de front dans sept régions. Leur teneur en métaux lourds a été analysée en Ukraine et au Royaume-Uni et les premiers résultats publiés dans l'*International Yearbook of Soil Law and Policy 2025* [une publication scientifique de Springer Nature].

Quelles sont les zones les plus affectées par la pollution ?

L'Ukraine compte 1,1 million de cratères causés par des bombes aériennes, des obus, des roquettes, des missiles ou des drones explosifs. Dans la plupart des cratères, quand il n'y a pas eu d'explosion, ou quand l'explosion a été complète, la concentration de polluants dans le sol n'est pas très élevée. Ce résultat est inattendu.

carburants et des métaux lourds, dont du plomb, du zinc, du cadmium et du cuivre. Dans les zones où des véhicules lourds circulent, le compactage du sol peut réduire les rendements agricoles.

Quels sont les effets des polluants sur les sols noirs ukrainiens, très fertiles ?

En Ukraine, les sols noirs appelés « tchernozioms » peuvent atteindre 60 centimètres d'épaisseur et contiennent beaucoup de matière organique. Ce sont les plus fertiles au monde. La mobilité des contaminants est limitée dans ces sols, qui sont résistants à la pollution. Cela s'explique par leur structure et par leur pH neutre ou alcalin, à l'opposé des sols acides, où les mé-

taux lourds sont plus facilement absorbés par les plantes.

Comment font les agriculteurs face à cette situation ?

Nous venons d'établir une carte de surveillance des sols, intégrée au cadastre, pour les régions de Kharkiv, Soumy, Mykolaïv, Kherson et Donetsk avec les données de 8400 échantillons. Pour chaque parcelle, les teneurs en contaminants sont précisées et nous proposons des solutions à l'agriculteur. Certaines plantes absorbent des métaux lourds seulement dans leurs racines. Dans certains cas, nous recommandons des cultures plus résistantes à certains métaux, ou la rotation des cultures ou des couverts végétaux.

Avez-vous aussi constaté des cas de désinformation ?

En 2022, des personnalités expliquaient, sans avoir analysé un seul échantillon, que les sols

qui est faux. L'objectif était de perturber les livraisons d'armement à l'Ukraine. On a aussi tenté de discréditer notre agriculture. La Russie veut semer la panique par différents moyens : elle a déjà pollué nos rivières, et veut faire croire aux Ukrainiens que leurs aliments sont contaminés.

Qu'est-ce qui vous anime dans vos recherches ?

Nous recueillons un maximum d'informations pour garantir notre sécurité alimentaire. Des responsables politiques m'ont parfois dit : « Pourquoi se préoccuper du sol ? Il faut d'abord sauver vos soldats. » Je réponds : « Il faut veiller au sol aujourd'hui pour nourrir nos soldats demain. » L'agriculture représente jusqu'à 40 % des revenus d'exportation du pays, il faut donc dire la vérité sur nos terres. Il n'y a pas que des chercheurs ukrainiens qui ont montré que les sols restent sûrs,

« La Russie a déjà pollué nos rivières et veut