

## Instruções

<b>1</b>	Confira se os dados contidos na parte inferior desta capa estão corretos e, em seguida, assine no espaço reservado para isso. Se, em qualquer outro local deste Caderno, você assinar, rubricar, escrever mensagem, etc., será excluído do Exame.
<b>2</b>	Este Caderno contém 5 questões discursivas referentes à Prova da Língua Estrangeira escolhida pelo candidato. Não destaque nenhuma folha.
<b>3</b>	Se o Caderno estiver incompleto ou contiver imperfeição gráfica que impeça a leitura, solicite imediatamente ao Fiscal que o substitua.
<b>4</b>	Será avaliado apenas o que estiver escrito no espaço reservado para cada resposta, razão por que os rascunhos não serão considerados.
<b>5</b>	Escreva de modo legível, pois dúvida gerada por grafia, sinal ou rasura implicará redução de pontos.
<b>6</b>	Só será permitido o uso de dicionário FRANCÊS/FRANCÊS.
<b>7</b>	Use exclusivamente caneta esferográfica, confeccionada em material transparente, de tinta preta ou azul. Em nenhuma hipótese se avaliará resposta escrita com grafite.
<b>8</b>	Utilize para rascunhos, o verso de cada página deste Caderno.
<b>9</b>	Você dispõe de, no máximo, três horas, para responder as 5 questões que constituem a Prova.
<b>10</b>	Antes de retirar-se definitivamente da sala, devolva ao Fiscal este Caderno.

**Assinatura do Candidato:** \_\_\_\_\_

**As questões de 01 a 05, cujas respostas deverão ser redigidas EM PORTUGUÊS, referem-se ao texto abaixo.**

---

### **Une innovation agroécologique: la séquestration des pesticides**

*Woignier, T. et al.*

Aux Antilles Françaises, agriculteurs et pouvoirs publics doivent faire face à un problème de pollution des écosystèmes, par un pesticide organochloré (la chlordécone). La chlordécone (formule  $C_{10}Cl_{100}$ ) est un insecticide de la famille du DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) qui a été largement utilisé entre 1972 et 1993 pour lutter contre le charançon du bananier. Son emploi pour divers usages a également concerné l'Afrique (Cameroun et Côte d'Ivoire), le continent américain (États-Unis et Panama) ainsi que l'Asie. En Allemagne et dans divers pays d'Europe de l'Est, le Kélévan, qui se transforme partiellement en chlordécone a été utilisé pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre.

Aux Antilles, bien qu'interdite depuis vingt ans, cette molécule particulièrement persistante dans les sols est à l'origine de pollutions chroniques, des sols, eaux, végétaux et animaux. Le volume total de sols contaminés par la chlordécone a été estimé à 52 millions de  $m^3$ , dont 11 millions couvrent les zones d'alimentation des captages d'eau souterraine ou de rivières. En Martinique, 40 à 50 % des points d'eau suivis dépassent la norme pour l'eau potable (0,1 $\mu$ g/L). La chlordécone rend impropre les sols pour certaines cultures, en particulier les plantes à racines, bulbes et tubercules qui absorbent ce polluant.

Son impact est aussi avéré chez l'homme (augmentation du risque de cancer de la prostate, perturbation du développement chez les jeunes enfants) pour des expositions chroniques via l'alimentation (Multigner *et al.*, 2010). Compte tenu des caractéristiques intrinsèques de la chlordécone, très forte persistance et sorption sur les matières organiques, des simulations par modèle font état de plusieurs siècles avant un retour à la normale de l'état de pollution des sols si rien n'est mis en œuvre pour y remédier (Cabidoche *et al.*, 2009).

Actuellement, on ne dispose d'aucun moyen d'action pour réduire les contaminations dans les milieux naturels. La gestion de cette crise pose un véritable défi à la recherche et aux autorités car peu de cas similaires existent dans des milieux complexes, spécifiques (sols volcaniques, climat tropical humide, milieu insulaire, population dense ...) et, de ce fait, fragiles. Les quantités de chlordécone épandues (300 tonnes estimées), les superficies concernées, entre 15 et 20 % des surfaces agricoles utiles, et les impacts socio-économiques et sanitaires font de cette problématique un enjeu sanitaire, environnemental, social et économique majeur (OPECST, 2009).

En raison des propriétés physicochimiques de ce pesticide (faible solubilité, hydrophobicité, très faible biodégradabilité...) et de la forte rétention de la chlordécone dans les argiles, il sera difficile et coûteux de dépolluer les sols par des techniques simples d'excavation, de décontamination chimique, de phytoremédiation (extraction par les plantes) ou biodégradation (dégradation par des microorganismes). Dans l'attente de procédés efficaces, une solution serait de piéger fortement la molécule dans le sol afin que, bien que contaminé, il ne restitue que faiblement cette contamination. La chlordécone étant peu volatile, il n'y a pas de transfert vers l'air ; en revanche, la molécule peut être relarguée du sol vers les eaux souterraines et de surface ainsi que vers les plantes (Cabidoche, 2009; Woignier, 2013). Nous proposons donc une alternative à la dépollution complète: la séquestration. L'objectif est de limiter le transfert du contaminant présent dans les sols vers l'eau et les cultures. Comme beaucoup de pesticides organiques, la chlordécone a une forte affinité chimique pour les matières organiques dans le sol: les résultats expérimentaux démontrent que l'aptitude du sol à fixer la chlordécone dépend directement de sa concentration en matières organiques. L'incorporation de matières organiques exogènes dans un sol pollué est connue comme levier agroécologique pour le piégeage de différents pesticides (atrazine, propachlor, simazine...) (Beesley *et al.*, 2010), nous chercherons à valider cette hypothèse pour la chlordécone en contexte tropical volcanique.

Pour démontrer l'efficacité du procédé, nous avons donc réalisé deux types d'expériences permettant de quantifier la réduction de la contamination de la solution du sol et de la contamination des cultures, entre un sol témoin et un sol sur lequel un apport de 5 % massique de matières organiques exogènes a été effectué. Le type de sol étudié est un andosol, sols

volcaniques, les plus contaminés. L'argile constitutive de ce sol (allophane) est formée par l'agrégation de nano-particules sphériques dont la microporosité joue un rôle dans le mécanisme de séquestration.

Pour caractériser la réduction de la contamination de l'eau, nous avons mesuré la quantité de chlordécone présente dans de l'eau pure ayant percolé dans un sol contaminé. Trente jours seulement après incorporation au sol de l'amendement organique et du fertilisant, la concentration en chlordécone présente dans la solution du sol est fortement réduite, par un facteur de 2 et 3,9 respectivement.

Ces résultats démontrent que l'apport de la matière organique favorise la rétention de la chlordécone dans le sol et donc un moindre transfert du polluant vers l'eau. Une période de trente jours d'incubation de la matière organique semble suffisante pour réduire notablement la contamination de l'eau, les résultats après quarante-cinq ou quatre-vingt-dix jours d'incubation étant similaires. De plus, l'amendement organique semble plus efficace en vertu de ses caractéristiques biochimiques. Il est en effet plus riche en matière sèche et en matière organique. Par ailleurs, sa composition biochimique plus complexe et moins réactive permet une minéralisation plus progressive et une meilleure contribution au pool de carbone du sol.

Ces résultats sont en accord avec des études récentes montrant que l'ajout de matière organique accroît l'adsorption d'atrazine, de propachlor et de simazine dans le sol et se traduit par une concentration plus faible en pesticides dans la solution du sol (l'eau présente dans la porosité du sol).

On peut supposer que cette moindre contamination est le simple résultat de l'affinité chimique du pesticide avec la matière organique exogène ajoutée. Cependant, des résultats expérimentaux montrent aussi une fermeture de la porosité des agrégats d'argile consécutive à l'ajout de matières organiques pour un type de sol particulier (andosol). La séquestration du pesticide ne dépend alors plus seulement de la concentration en matière organique, mais aussi de la microporosité (pores inférieure à 0,1 microns). Les tensions capillaires internes apparaissant au cours de l'incubation vont comprimer et réduire la porosité de l'argile. La fermeture de la microporosité induira un piégeage du pesticide et diminuera ainsi sa disponibilité pour des transferts sol/eau et sol/plantes. Il y a une synergie des effets chimiques (affinité avec la matière organique) et des effets physiques (fermeture de la porosité) favorisant une moindre disponibilité du pesticide.

Les mêmes expériences ont été menées sur un autre sol, le nitisol, présentant des caractéristiques physico-chimiques contrastées par rapport à l'andosol, notamment du fait de la présence d'argiles en feuillets (halloysite). Les résultats obtenus sur nitisol confirment un effet de séquestration par l'ajout de matière organique.

En conclusion, bien que les sols soient fortement pollués, la moindre disponibilité de la chlordécone en présence de matières organiques permettrait d'envisager l'utilisation de ces sols contaminés pour certaines cultures (même en présence de taux relativement élevés de chlordécone) sans que la qualité sanitaire des produits cultivés soit dégradée.

Il n'y a actuellement aucune solution de décontamination proposée aux agriculteurs. Après la mise au point du plan d'apport en matières organiques, ce procédé permettra de limiter les transferts vers l'eau et les cultures. Ainsi, il sera possible de remettre en culture des sols contaminés et de limiter la pollution de la ressource en eau en des points stratégiques (captage...). Ce procédé présente d'autres avantages. Tout d'abord, l'apport de matière organique fait partie des bonnes pratiques agricoles: il restaure les sols, accroît le rendement et réduit le temps de culture. D'autre part, ce procédé n'a pas les désavantages des procédés de décontamination classiques (chimiques, biodégradation) qui peuvent conduire à une détérioration des propriétés du sol, mais aussi à l'apparition de produits de dégradation dont la nocivité est mal connue. Enfin, il est facile à mettre en œuvre pour les agriculteurs et ne présente pas de risque sanitaire pour l'utilisateur.

Cette méthode devrait permettre de gérer la pollution et le transfert de polluant dans l'attente de procédés définitifs.

**Questão 1**

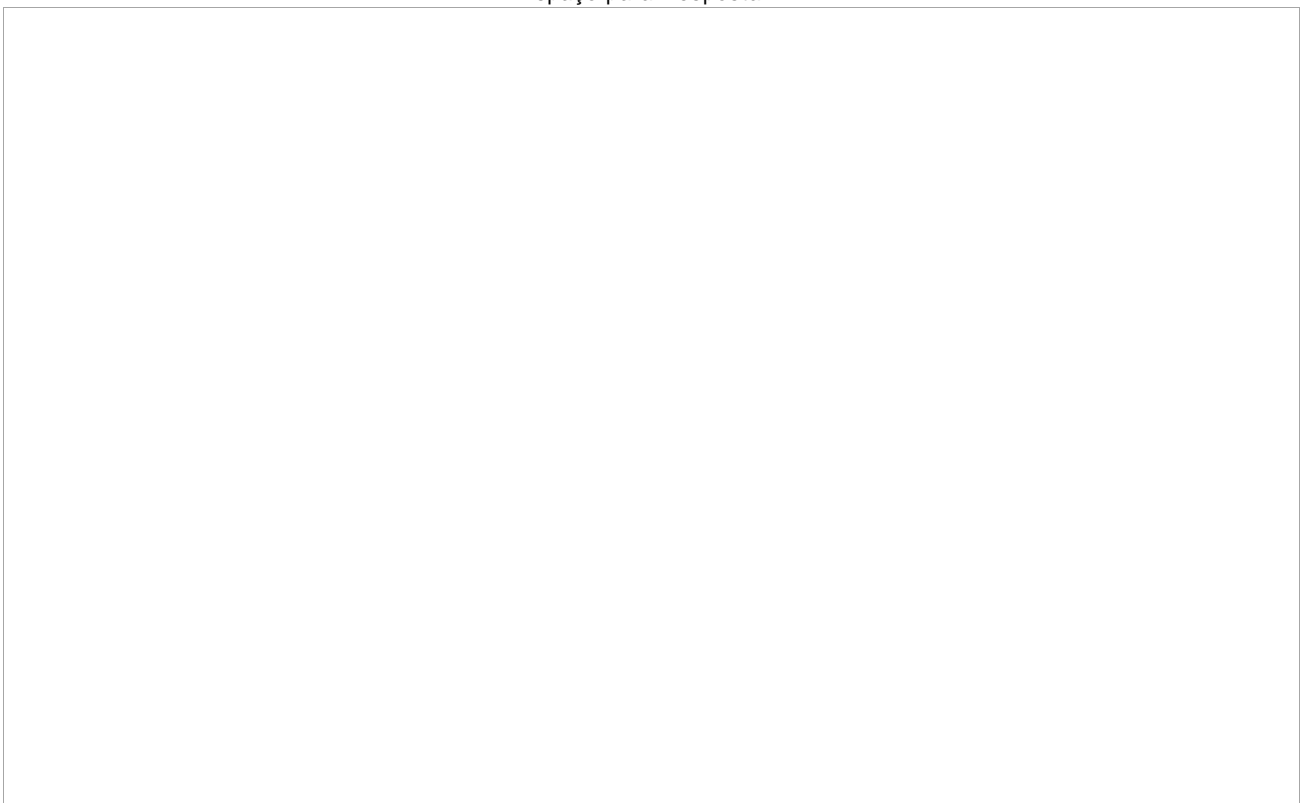
Como se apresenta a situação atual das Antilhas Francesas quanto à contaminação ambiental e humana pelo pesticida clodercone?

Espaço para Resposta

**Questão 2**

Por que seria difícil e caro despoluir os solos infestados com clodercone com técnicas comumente utilizadas para a descontaminação?

Espaço para Resposta



### Questão 3

Explique a alternativa proposta pelos pesquisadores, e seus benefícios, para ajudar na despoluição das áreas afetadas pelo pesticida.

Espaço para Resposta

### Questão 4

A equipe do cientista Woignier realizou dois experimentos a fim de quantificar a hipótese de redução da contaminação pelo clodercone: uma em andossolo e outra em nitissolo. Qual a conclusão a que chegaram em ambos experimentos quanto a técnica de sequestro?

Espaço para Resposta

