Document public

Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés

Rapport Phase 1:
Méthodologie d'échantillonnage à la parcelle

BRGM/RP-52464-FR
Juillet 2003

CIRAD

IRD
Institut de recherche pour le développement

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT MARTINIQUE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés

Rapport Phase 1
Méthodologie d'échantillonnage à la parcelle

BRGM/RP-52464-FR
Juillet 2003

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM PSP02 MAR 01

Achard R., Perrier X., Chabrier Ch., Lassoudiere A.

CIRAD

IRD Institut de recherche pour le développement

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT MARTINIQUE

Géosciences pour une Terre durable brgm

Mots clés : organochlorés, pollution, sols, Martinique, échantillonnage, méthodologie

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :
Achard R., Perrier X., Chabrier Ch., Lassoudière A. (2003) – Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés. Rapport de Phase 1. BRGM RP 52464 FR

Photo de couverture : Une bananeraie en cours de pérennisation . © CIRAD.
Photo de page de garde : Bananeraies de la commune de Trinité. © CIRAD.

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Avant-Propos

La rémanence de certains produits phytosanitaires organochlorés utilisés dans les dernières décennies contre le charançon du bananier a conduit la DDAF et la DIREN de la Martinique à se donner des moyens argumentés pour prendre certaines précautions quant à l'utilisation actuelle des sols pour la production des rhizomes et tubercules en particulier (dans le cadre du GRoupe d'Etude des PHYtosanitaires de Martinique).

Ces actions devront cependant être fondées sur une connaissance la plus précise possible des risques de contaminations potentielles des sols par ces produits.

Dans un premier temps, une importante campagne d'échantillonnage et analyses est prévue (pour définir un état actuel de référence). Vus les coûts d'analyse, il a été convenu de rechercher à optimiser au mieux le plan d'échantillonnage.

Une approche SIG avec les facilités de mises à jour des données qu'elle permet, à donc été retenue, ainsi que les critères de risques à prendre en compte.

Confiée par la DIREN de Martinique au BRGM, avec la collaboration du CIRAD et les données de l'IRD, de Météo France et de l'IGN, cette étude vise donc à cartographier par analyse multicritère les surfaces potentiellement les plus sensibles à ce risque de pollution, pour en déduire un plan d'échantillonnage adapté et raisonné.

L'échantillonnage proprement dit ainsi que les analyses en laboratoire ne sont pas compris dans cette étude.

Par contre, une fois les résultats des analyses obtenus, il sera établi une cartographie finale statistique mais représentative de l'état des sols de Martinique, sachant qu'une procédure d'auto-contrôles devrait permettre d'enrichir progressivement cette connaissance.

Le présent rapport de phase 1 fournit la méthodologie d'échantillonnage des sols à la parcelle proposée pour optimiser la représentativité des prélèvements.

Résumé

En amont de la mise en œuvre de cette étude, il est nécessaire au préalable de disposer d'un protocole d'échantillonnage adapté à la répartition de cette molécule dans les sols et correspondant à un niveau de précision suffisant. En effet, s'il existe des protocoles d'échantillonnage (nombre de carottes constitutives de l'échantillon composite analysé) pour le suivi de la teneur des sols agricoles en éléments fertilisants, cela n'est pas le cas pour les organochlorés du fait de l'absence de connaissance sur leur répartition dans les sols. L'origine de cette pollution étant des traitements phytosanitaires localisés au pied des bananiers, répétés dans le temps, la variabilité spatiale des teneurs résiduelles en pesticides encore présents dans les sols peut être restée importante.

L'objet de cette étude est de donner, en vue de l'estimation de la valeur moyenne de contamination d'une parcelle avec un niveau de précision souhaité, les bases d'un échantillonnage raisonné au sein d'une parcelle (nombre de carottes constitutives de l'échantillon composite analysé). L'étude réalisée a concerné deux parcelles dont la contamination par le chlordécone et le ∃HCH, était fortement probable.

Ce rapport fait état de l'analyse statistique des teneurs en chlordécone qui se sont révélées non négligeables sur les deux parcelles étudiées. Les teneurs en ∃HCH détectées, étant couramment au dessous de la limite de détection, leur analyse statistique est plus délicate. Néanmoins, puisque le chlordécone est le contaminant le plus présent, l'échantillonnage doit donc prioritairement tenir compte de sa répartition au sein des parcelles.

La cartographie du risque de pollution des sols par les organochlorés (chlordécone et HCH) en Martinique est basée sur l'intégration de trois critères majeurs que sont l'historique de l'occupation des sols en culture de la banane (sole bananière) depuis 1970, la pression parasitaire liée à la pluviométrie moyenne annuelle, et enfin les différents types de sols relativement à leur capacité de rétention (pédologie). L'étude réalisée donne les éléments de choix du nombre de prélevats en fonction de la précision souhaitée.

Si on ne veut pas dépasser un prélèvement de 25 carottes par parcelle, la précision espérée est d'environ 16% ce qui reste correct Les dispositifs proposés reposent sur un prélèvement selon une maille carrée (une maille hexagonale est parfois recommandée) et tiennent compte des problèmes couramment rencontrés en bordure et prévoient un décalage en bordure d'environ la moitié de la distance entre les points de prélèvement.

Résumé du nombre de carottes nécessaires et dispositifs en fonction de la précision

Précision souhaitée	30%	20%	16%	15%	13%	10
Nombre de carottes constitutives (fourchette)	8-10	16-20	20-25	20-29	30-36	49-65
Nombre retenu Intervalle entre 2 points (distance du bord du premier point)	9 25m (12m du bord)	20 15x20m (10m du bord)	25 17x17m (7m du bord)	30 15x17m (5m du bord)	36 15m env. (5m du bord)	66 11m env. Non valide*

*non valide/structure spatiale des concentrations car les prélèvements sont en deçà de la distance où on peut considérer deux échantillons indépendants.

Sommaire

Avant propos……4

Résumé……...5

1. Cadre du projet..... 9

2. Protocole de mise au point de l'échantillonnage…… 9

2.1. Principe
2.2. Caractéristiques des parcelles
2.3. Evaluation de la variabilité spatiale décamétrique
2.4. Evaluation de la variabilité spatiale métrique
2.5. Evaluation de la contamination en profondeur dans l'horizon 30-60cm
2.6. Evaluation de l'erreur réalisée lors de la constitution d'un échantillon composite
2.7. Evaluation de l'erreur réalisée lors de l'analyse

3. Réalisation de l'échantillonnage..... 11

4. Réalisation des analyses…….. 11

5. Traitement des données…… 11

6. Résultats…….. 11

6.1. Concentrations moyennes en Chlordècone et bèta HCH
6.2. Analyse de la distribution et de la répartition spatiale pour le chordècone
6.3. Résultats sur la réalisation d'échantillons composites et la répétition des analyses
6.4. Résultat des analyses dans l'horizon sous-jacent
6.5. Abaque d'échantillonnage pour l'horizon 0 - 30 cm, dispositifs de prélévement

7. Conclusion..... 20

Liste des figures

Figure 1 : Disposition des prélèvements en cercles concentriques

Figure 2 : Répartition spatiale des teneurs en chlordécone sur le site 1

Figure 3 : Histogramme des concentrations en chlordècone sur le site 1

Figure 4 : Comparaison de la distribution des concentrations avec la loi normale - site 1

Figure 5 : Semi-variogramme réalisé à l'échelle métrique - site 1
Figure 6 : Semi-variogramme réalisé à l'échelle décamétrique - site 1
Figure 7 : Extrapolation des semi-variogrammes entre échelles métrique et décamétrique site 1
Figure 8 : Répartition spatiale des teneurs en chlordécone sur le site 2
Figure 9 : Histogramme des concentrations en chlordècone sur le site 2

Figure 10: Comparaison de la distribution des concentrations avec la loi normale - site 2

Figure 11: Semi-variogramme réalisé à l'échelle métrique - site 2
Figure 12: Semi-variogramme réalisé à l'échelle décamétrique - site 2
Figure 13: Extrapolation des semi-variogrammes entre échelles métrique et décamétrique site 2
Figure 14: Corrélation concentrations entre 0-30cm et 30-60cm sites 1 et 2
Figure 15: Non indépendance entre points voisins
Figure 16: Abaque de correspondance précision - échantillonnage

Liste des tableaux

Tableau 1 : Moyennes des concentrations obtenues à partir de la maille principale
Tableau 2 : Résumé du nombre de carottes nécessaires et dispositifs en fonction de la précision

Annexes

Annexe 1 : Relevés GPS des prélèvements sur le site 1

Annexe 2 : Relevés GPS des prélèvements sur le site 2

Annexe 3 : Données brutes des analyses du site 1

Annexe 4 : Données brutes des analyses du site 2

1. CADRE DU PROJET :

Les producteurs de bananes ont utilisé au cours des dernières décennies des produits phytosanitaires tels que le chlordécone pour lutter contre le charançon sur les plantations.

Le chlordécone a été interdit à la vente en 1993, son utilisation s'achevant réellement en 1995 – 1996. L'interdiction du HCH remonte quant à elle à 1960.

Ces molécules présentent des rémanences très fortes dans certaines conditions remettant en cause l'utilisation du sol pour d'autres cultures comme celles de tubercules et rhizomes (dachine, patate douce. ;) . A signaler qu'on a jamais observé de résidus significatifs dans les fruits (bananes en particulier). Les tubercules semblent concentrer ces molécules dans des proportions pouvant être jugées dangereuses pour le consommateur.

Pour réaliser la cartographie statistique des sols à risques de pollution par ces organochlorés, il est indispensable de réaliser des échantillonnages et analyses selon des modalités bien définies.

Pour cela, une première phase s'attache à définir un plan et un protocole d'échantillonnage pertinents devant assurer une représentativité statistique suffisante pour pouvoir fonder des actions concrètes de prévention.

Le présent rapport concerne la Phase 1: Établissement d'un protocole d'échantillonnage de la **Cartographie statistique des sols potentiellement pollués par les organochlorés en Martinique**

2. PROTOCOLE DE MISE AU POINT DE L'ECHANTILLONNAGE :

2.1 Principe

Le principe de l'étude est d'analyser statistiquement la répartition des pollutions du sol en organochlorés, pour proposer - à l'aide de lois statistiques - des modalités d'échantillonnage.

L'objectif est de se placer dans les parcelles où la variabilité peut être la plus forte, donc ayant une contamination non négligeable afin que le protocole d'échantillonnage couvre les cas les plus difficiles et puisse s'appliquer à l'ensemble des situations de Martinique. La variabilité des teneurs est analysée d'abord en observant la distribution des valeurs obtenues au laboratoire d'analyse (découpage préalable en classe des valeurs à partir du minimum et du maximum, réalisation de l'histogramme), puis en cherchant la loi statistique qui correspond le mieux. Dans un deuxième temps la répartition spatiale est étudiée pour en retirer une structuration éventuelle et identifier la distance à partir de laquelle entre deux points les teneurs peuvent être considérées comme indépendantes.

Deux sources principales de variabilité de la pollution sont à appréhender : l'échelle métrique (1 à 2m) et décamétrique (tous les 17m dans cette étude). A cette variabilité présente sur le terrain, s'ajoutent les erreurs de constitution de l'échantillon composite réellement analysé et celles d'origine analytique. Ces sources d'erreurs peuvent être évaluées de façon approximative en réalisant des répétitions dans la constitution d'échantillons composites pour l'une et en répétant les analyses chimiques à partit d'un même échantillon composite pour l'autre.

Enfin, à partir de ces informations, il est possible d'établir un graphe mettant en relation la précision souhaitée et le nombre de points de prélèvement nécessaires, à partir duquel on peut définir l'échantillonnage.

2.2 Caractéristiques des parcelles

Pour cette étude, nous avons retenu des sols de type « andosols d'altitude » développés sur cendres et ponces, car ce type de sol est susceptible de mieux retenir ces molécules organochlorées et qu'ils coïncident avec une zone bananière fortement infestée par le charançon - ayant nécessité par le passé - un recours important aux insecticides organochlorés.

Historiquement, les deux parcelles sélectionnées comportaient une forte prédominance de culture de banane dans la succession culturale (seule culture ayant été officiellement utilisatrice de chlordécone, le HCH ayant été utilisé sur une large gamme de cultures dont la banane).

La première parcelle comportait une culture de Dachine, mise en place en rotation avec la culture de la banane, culture dont la présence sur la parcelle est bien antérieure à 1970. La deuxième parcelle, plantée en bananiers lors de l'étude correspond aussi à un long historique bananier. La surface de chacune de ces parcelles avoisine 1ha.

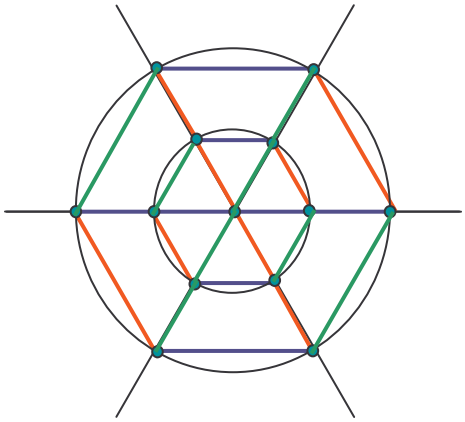
2.3 Evaluation de la variabilité spatiale décamétrique :

Pour évaluer la variabilité spatiale à l'échelle décamétrique au sein de la parcelle, des prélèvements ont été réalisés sur une maille régulière carrée tous les 17m (35 points théoriques pour 1ha, en réalité 34 pour la première parcelle et 36 pour la deuxième).

2.4 Evaluation de la variabilité spatiale métrique :

Pour évaluer la variabilité spatiale à faible distance des prélèvements ont été réalisés sur 6 placettes choisies de façon aléatoire autour de points du maillage principal (cf. carte 1 et 2). Sur la placette, 12 prélèvements supplémentaires ont été réalisés sur deux cercles concentriques de 1m et 2m de rayon (cf. figure 1). On explore ainsi 3 directions de la même façon (60° entre les axes) en gardant 1 mètre entre chaque bananier (les petits triangles sont des triangles équilatéraux de 1 m de côté et les grands des triangles équilatéraux de 2 m). Entre ces points et ceux de la maille à 17 mètres, 108 points de prélèvements ont été utilisés .

Figure 1 : Disposition des prélèvements en cercles concentriques



2.5 Evaluation de la contamination en profondeur dans l'horizon 30-60cm :

En complément des analyses réalisées sur l'horizon 0-30cm, zone de localisation supposée de la majorité de la pollution, sur 10 points de prélèvement du maillage principal sera aussi réalisé un prélèvement dans l'horizon 30-60 cm.

2.6 Evaluation de l'erreur lors de la constitution d'un échantillon composite :

A partir des prélèvements précédents, 10 échantillons composites ont été réalisés pour évaluer cette source d'erreur.

2.7 Evaluation de l'erreur réalisée lors de l'analyse

A partir d'un échantillon composite de l'ensemble des sites de prélèvement situés sur la maille principale, parfaitement mélangé, 8 répétitions d'analyses ont été réalisées, l'écart type issu des valeurs obtenues constituera une estimation de l'erreur provenant de l'ensemble du protocole analytique (sous échantillonnage au laboratoire, extraction des résidus de pesticides mise en œuvre, procédure et matériel analytique utilisés).

3. REALISATION DE L'ECHANTILLONNAGE :

Les prélèvement sur le site 1 ont eu lieu le 13.02.2003 et les échantillons ont été soigneusement mélangés et divisés au laboratoire avant d'être expédiés 3 jours plus tard en courrier express en frais au laboratoire d'analyses (transport en glacières avec des packs réfrigérants).

Les prélèvement sur le site 2 ont eu lieu le 24.03.2003. Ils ont été préparés et expédiés dans des conditions similaires au Site 1.

4. REALISATION DES ANALYSES :

Les analyses ont été réalisées par l'intermédiaire de la FREDON de Martinique (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles) au laboratoire d'analyse BRGM Orléans.

La méthode utilisé comporte :
- Extraction par fluide pressurisé (hexane/acétone) sur fraction granulométrique réduite à 2mm,
- Purification après évaporation des extraits de florisil ou alumine/silice,
- Analyse quantitative par chromatographie en phase gazeuse/capture d'électron (Norme utilise : ISO/FDIS 10382 :2001). **La limite de détection est de 0,03 mg/kg pour le chlordécone et de 0,02 mg /kg pour le ∃HCH.**

5. TRAITEMENT DES DONNEES :

6. RESULTATS :

6.1 Concentrations moyennes en Chlordéone et ∃HCH

Le tableau 1 donne pour les prélèvements réalisés sur le maillage principal les valeurs moyennes des concentrations en chlordécone et ∃HCH, ainsi que les fréquences globales d'analyses positives (supérieures au seuil de quantification).

Pour le **chlordécone,** le site 1 présente une concentration en chlodécone non négligeable, ce qui par conséquent aboutit à forte proportion d'analyses positives. Le site 2 présente une forte concentration moyenne qui se traduit aussi par une valeur au dessus de la limite de quantification pour 100% des points de prélèvements. Ces deux parcelles peuvent donc donner lieu à une analyse statistique en vue de l'établissement d'un protocole d'échantillonnage.

Pour le **∃HCH**, le site 1 présente une très faible proportion d'échantillons positifs. Sur le site 2, moins de la moitié des échantillons analysés présente une concentration au dessus de la limite de quantification. Pour le ∃HCH, il ne sera pas possible, à partir de ces deux cas, de mettre en œuvre la même démarche pour l'établissement d'un protocole d'échantillonnage.

En l'absence de possibilité d'étudier spécifiquement la répartition du béta HCH dans le sol, l'échantillonnage proposé reposera sur l'analyse de la variabilité de répartition du chlodécone uniquement.

Tableau 1 : Moyenne des concentrations obtenues à partir de la maille principale

Molécule **>seuil détection*** **/ Site**	Chlordécone (mg/kg de sol) %	∃HCH (mg/kg de sol) %
Site 1	0,58 79% positifs	0,001 3% positifs
Site 2	10,12 100% positifs	0,04 47% positifs

* positif si supérieur au seuil de détection : 0,03 mg/kg pour le chlordécone, 0,02 pour le ∃ HCH

6.2 Analyse de la distribution et de la répartition spatiale pour le chlordécone

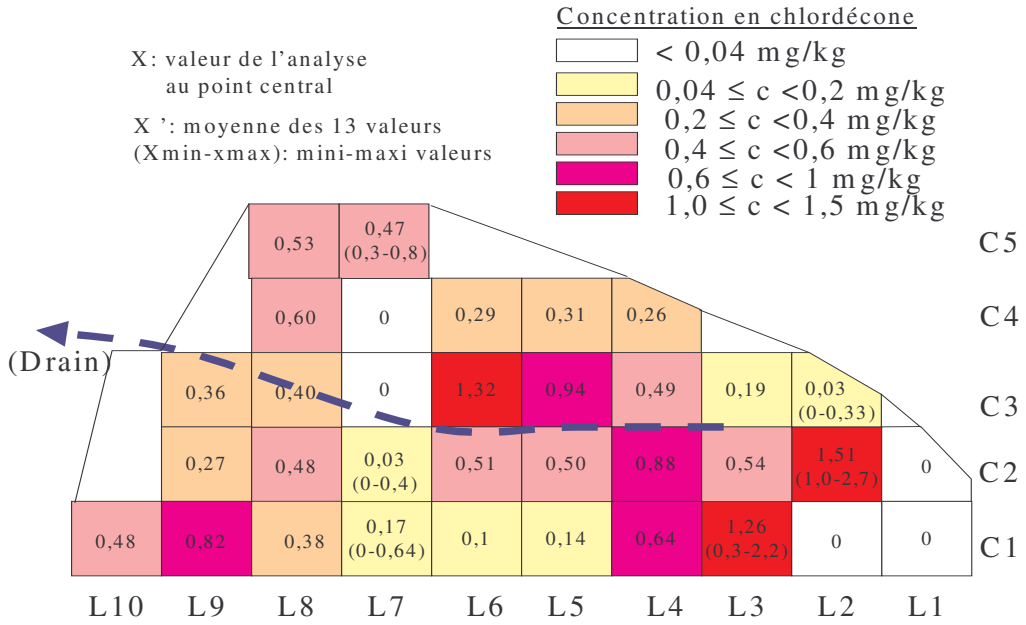
6.2.1 Analyse de la distribution des concentrations en chlordécone site 1

Sur la figure 2 (cf. annexe 3 pour les données brutes) qui récapitule l'essentiel des résultats dse teneurs en chlordécone, il est observé une très grande variabilité à la fois :

- sur la maille principale où deux points distants de 17m peuvent présenter 1,5mg/kg pour l'un alors que la concentration de l'autre est inférieure à la limite de détection (cf. annexe 3),
- à faible distance, des valeurs peuvent varier dans un cercle de 4m de diamètre de 0,3 à 2,2 mg/kg. Cependant malgré ces fortes variations, dans ces cercles, il est généralement constaté que la valeur du centre est très proche de la moyenne des douze points distants au plus de 2m. L'impact de cette variabilité est donc à relativiser pour la constitution d'un échantillon composite à l'échelle de la parcelle.

Il est à noter que les deux valeurs nulles obtenues en haut de la parcelle pourraient s'expliquer par une prise d'échantillon trop en bordure de la parcelle, à des endroits où aucun bananier n'a jamais été planté. Ce type de prélèvement très près du bord est donc critiquable et peut amener une sous estimation de la teneur moyenne lors de la constitution d'échantillons composites pour l'analyse.

Figure 2 : Répartition spatiale des teneurs en chlodécone sur le site 1 :



Histogramme des concentrations en Chlordécone

L'histogramme ci-dessous (pas de 0,1mg/kg) résume la distribution de l'ensemble des données (centres et étoiles) et rappelle la distribution pour les seuls 35 centres (en noir).
La distribution totale est assez comparable à celle des centres, avec un pic un peu plus bas et des valeurs extrêmes plus nombreuses.

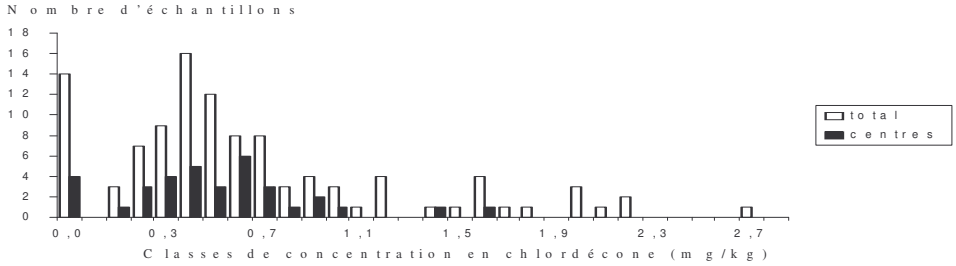
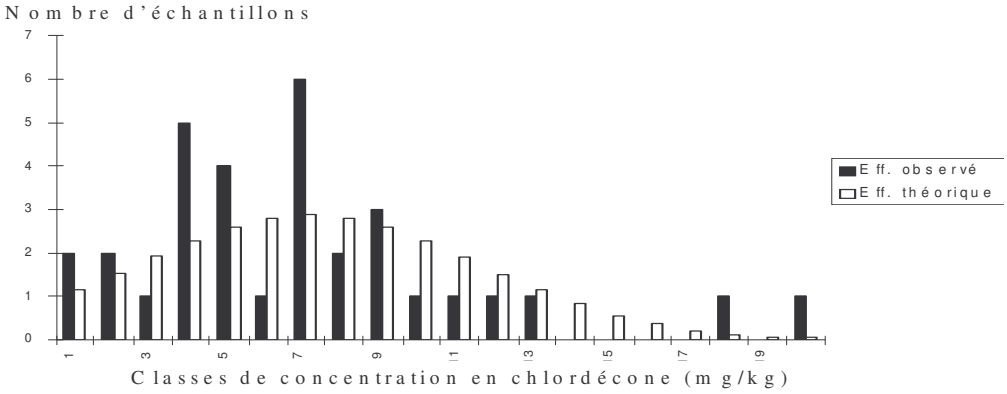


Figure 3 : Histogramme des concentrations en chlodécone sur le site 1

Analyse de la distribution pour le maillage tous les 17m (figure 4)

La distribution présentée précédemment (maillage tous les 17m) montre une courbe en cloche dissymétrique à droite avec quelques fortes valeurs. L'ajustement à une loi normale de même moyenne et de même écart-type montre aussi un excès dans les classes du milieu (classes 4, 5, 7) mais cependant aussi des manques en classes 3 ou 6 qui pourraient correspondre simplement à des aléas d'échantillonnage et "compenser" les excès. Le test d'ajustement à la loi normale montre qu'au seuil de 5% la différence entre les distributions cumulées empiriques et théoriques n'est pas significative. **On pourra donc en pratique considérer que la distribution est approximativement normale de moyenne 0,515mg/kg et d'écart type 0,327 mg/kg.**

Figure 4 : Comparaison de la distribution des concentrations avec une loi normale - site 1



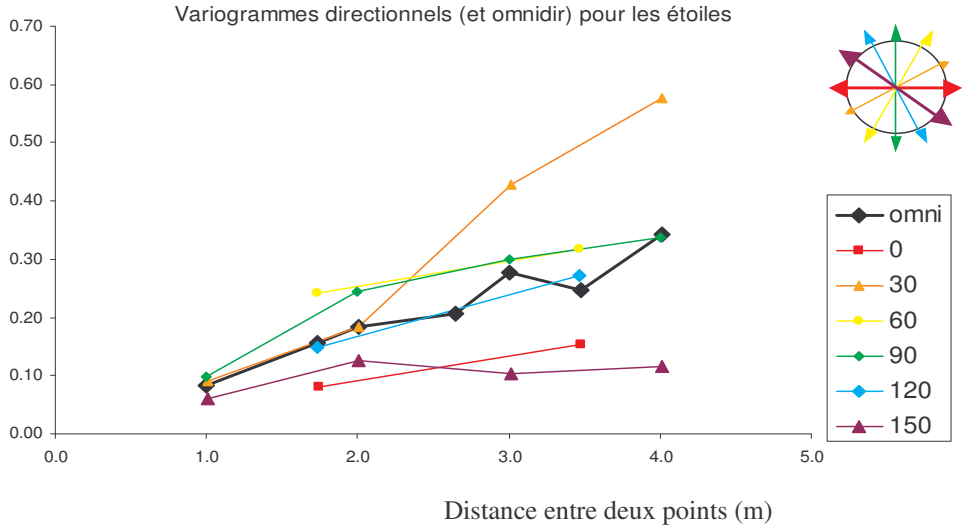
6.2.2 Structure spatiale de la répartition des teneurs en chlordécone Site 1

Structure spatiale à faible distance

Les 5 étoiles (l'étoile comportant pratiquement que des valeurs nulles dont on peut penser que c'est un effet de bord de parcelle n'a pas été exploitée) de 13 points permettent de décrire la structure spatiale de la variabilité par des techniques de géostatistique.

Les semi variogrammes par pas de 1 m ont été calculés. La structure omnidirectionnelle montre qu'avec un accroissement régulier avec la distance, les ressemblances s'atténuent régulièrement et les pentes sont assez proches pour toutes les directions, ce qui indique qu'il n'existe pas un axe privilégié de variation (figure 5).

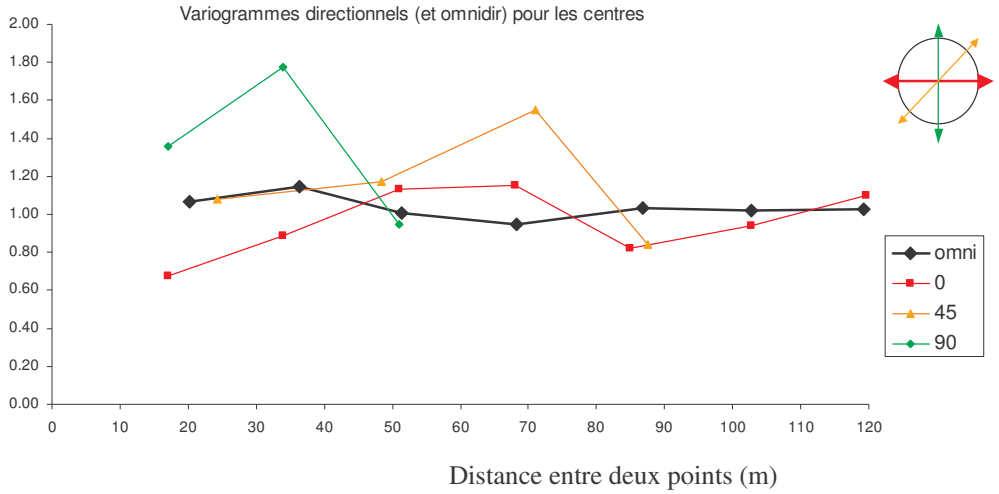
Figure 5: Semi-variogramme réalisé à l'échelle métrique - site 1



Structure spatiale à grande distance (figure 6)

Le pas du variogramme est ici de 17 m correspondant à la maille de la grille de prélèvement. Pour le variogramme omnidirectionnel qui prend en compte simultanément toutes les directions, la courbe est pratiquement plate avec une corrélation proche de 0, on peut considérer qu'il y a indépendance dès la distance minimale de 17 m. Suivant les directions, les courbes sont un peu plus accidentées mais il ne s'en dégage pas d'effet directionnel net

Figure 6 : Semi-variogramme réalisé à l'échelle décamétrique - site 1

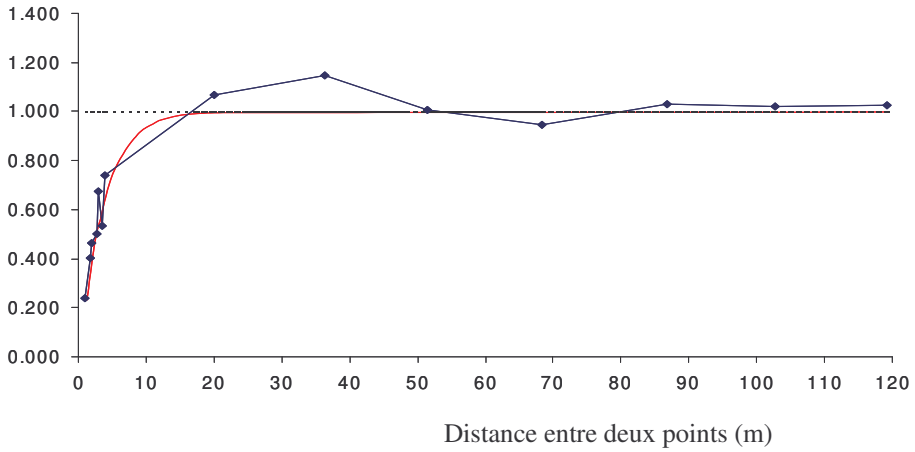


Synthèse structure spatiale

On peut réunir les courbes omnidirectionnelles des deux ensembles de points. La courbe résultante en terme de 1–corrélation est donnée en figure 7. La courbe rouge indique approximativement le modèle de dépendance en extrapolant l'allure de la courbe entre 4 et 17m.

La principale conclusion pratique est la portée qui est autour de 15 m (c'est la distance au-delà de laquelle on peut considérer qu'il y a indépendance entre les valeurs). Pour l'échantillonnage d'une parcelle, en admettant une structure de variation identique, il est inutile de prélever des points à moins de 15 m puisqu'ils seront en partie corrélés et apporteront une information partiellement identique.

Figure 7 : Extrapolation des semi variogrammes entre échelle métrique et décamétrique



6.2.3 Analyse de la distribution des concentrations en chlordécone site 2

La moyenne des concentrations relevées sur le maillage principal sur le site 2 est de 10,12 mg/kg de sol. La gamme de concentrations sur cette parcelle se situe entre 5 et 17 mg/kg (cf. figure 8).

Il est observé comme sur le site précédent une très grande variabilité des concentrations :
- sur la maille principale où deux points distants de 17m peuvent varier du simple au double,
- à faible distance, des valeurs peuvent varier dans un cercle de 4m de diamètre du simple à dix fois plus.

Néanmoins, l'impact de cette variabilité est à relativiser et pour la constitution d'un échantillon composite pour une parcelle, ces fortes variations peuvent se compenser en partie.

Figure 8 : Répartition spatiale des teneurs en chlodécone sur le site 2

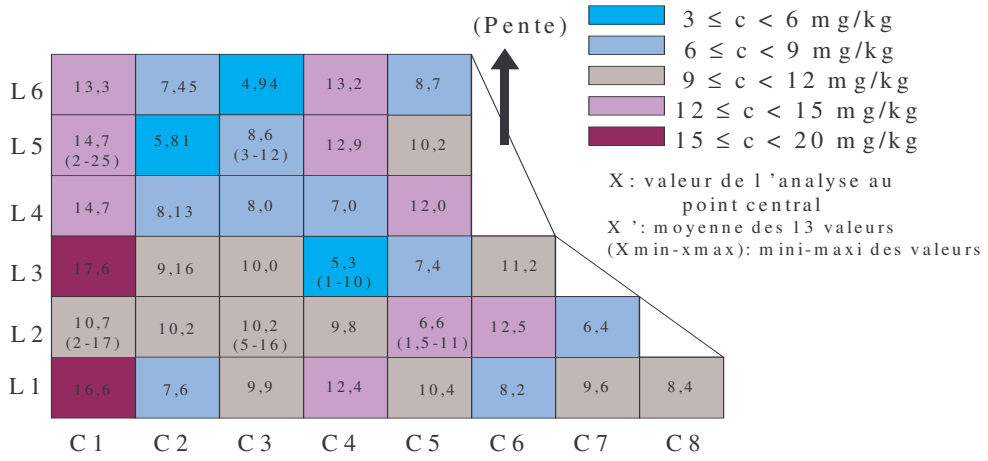
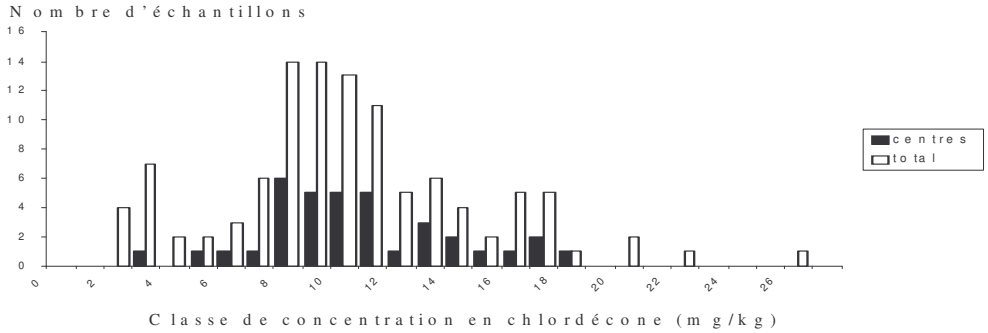


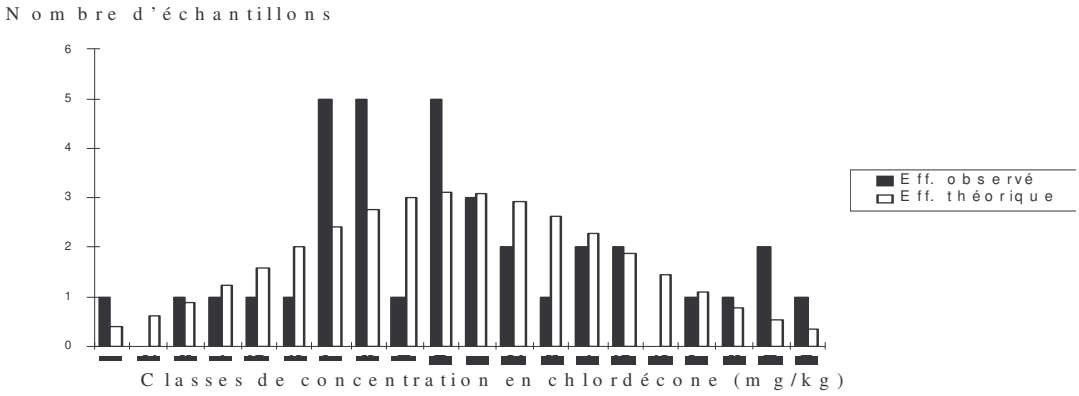
Figure 9 : Histogramme des concentrations en chlodécone sur le site 2



Analyse de la distribution pour le maillage tous les 17m(figure 10)

La distribution présente une courbe en cloche à peu près symétrique. La différence entre les distributions cumulées empiriques et théoriques n'est pas significative au seuil de 5%. **On pourra donc en pratique considérer que la distribution est approximativement normale de moyenne 10,12 mg/kg et d'écart type 3,38mg/kg.**

Figure 10 : Comparaison de la distribution des concentrations avec une loi normale - site 2

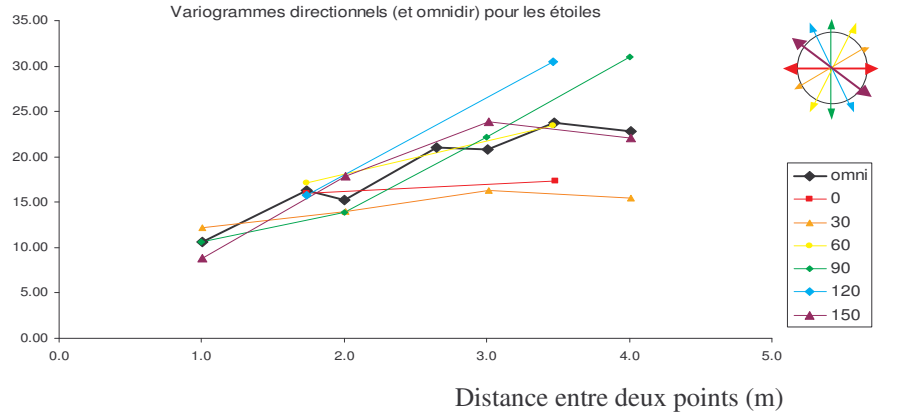


6.2.4 Structure spatiale de la répartition des teneurs en chlordécone

Structure spatiale à faible distance

Les 6 étoiles de 13 points permettent de décrire la structure spatiale de la variabilité en calculant le variogramme (figure 11). La structure omnidirectionnelle montre qu'avec un accroissement régulier avec la distance, les ressemblances s'atténuent régulièrement. Les pentes sont assez proches pour toutes les directions, ce qui indique qu'il n'existe pas un axe privilégié de variation.

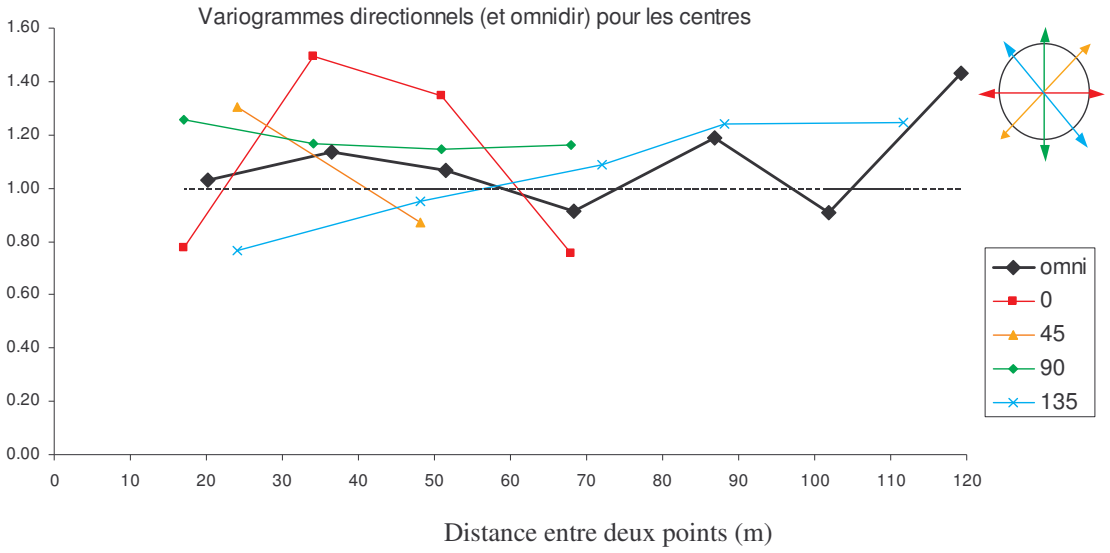
Figure 11 : Semi-variogramme réalisé à l'échelle métrique - site 2



Structure spatiale à grande distance

Comme sur le site précédent, nous présentons ici les courbes en terme de 1-corrélation (figures12 et 13). Pour l'omnidirectionnel, la courbe est pratiquement plate avec une corrélation proche de 0 (1-corrélation proche de 1), on peut considérer qu'il y a indépendance dès la distance minimale de 17 m. Suivant les directions, les courbes sont un peu plus accidentées (nombre de paires beaucoup plus faible) mais il ne s'en dégage pas d'effet directionnel net.

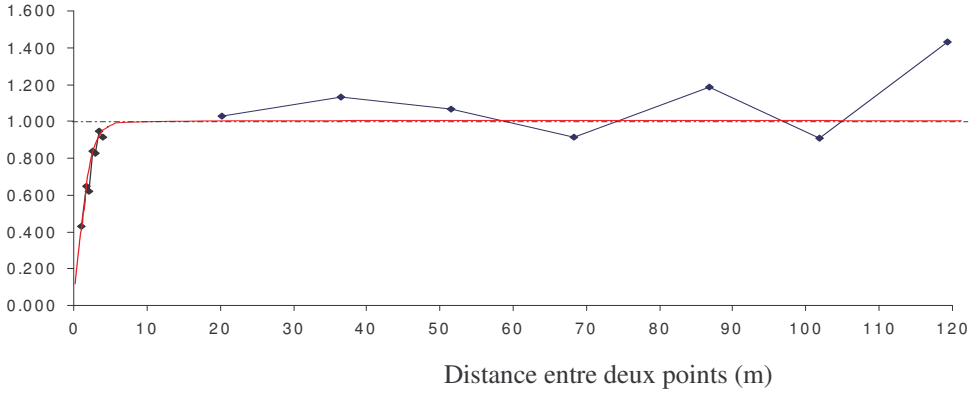
Figure 12 : Semi-variogramme réalisé à l'échelle décamétrique - site 2:



Synthèse structure spatiale

On peut réunir les courbes omnidirectionnelles des deux ensembles de points (figure 13). La courbe rouge indique approximativement le modèle de dépendance révélé par ces données en extrapolant l'allure de la courbe entre 4m et 17m. La principale conclusion pratique est la portée qui est autour de 5 m (c'est la distance au-delà de laquelle on peut considérer qu'il y a indépendance entre les valeurs) et qui est donc nettement plus faible que pour la parcelle 1.

Figure 12 : Extrapolation des semi variogrammes entre échelle métrique et décamétrique



6.3 Résultats sur la réalisation d'échantillons composites et répétition d'analyses

Analyse d'un échantillon composite réalisé à partir de dix points

Echantillons composites site 1 : Dix échantillons composites de 10 points différents ont été analysés ; des différences apparaissent entre le résultat du composite et la moyenne des échantillons composant ce composite. Il n'a pas été possible d'identifier des points particuliers qui entreraient à chaque fois dans les composites anormaux.

Il apparaît donc qu'un problème persiste dans la comparaison entre échantillons individuels et échantillons composites (ce problème pourrait être d'ordre analytique). Ceci ne remet néanmoins pas en cause les bases du protocole d'échantillonnage.

Echantillons composites site 2 : Les dix échantillons composites de 10 points différents montrent des différences entre le résultat du composite et la moyenne des échantillons composant ce composite (écarts de 0 à 30%). Ces résultats rejoignent totalement ceux de la parcelle 1, la nature du problème relevé ici n'est donc pas liée à la parcelle où à une erreur de manipulation fortuite sur l'une des deux parcelles.

Répétition de l'analyse issue d'un même échantillon

Sur le site 1, les 8 répétitions de l'échantillon composite des 34 centres donnaient une moyenne de 0.890 avec un écart-type de 0.103. Cependant, la répétition de l'analyse donne donc toujours des valeurs assez proches mais beaucoup plus élevées que la valeur attendue en faisant la moyenne des 34 valeurs individuelles qui est de 0.462.

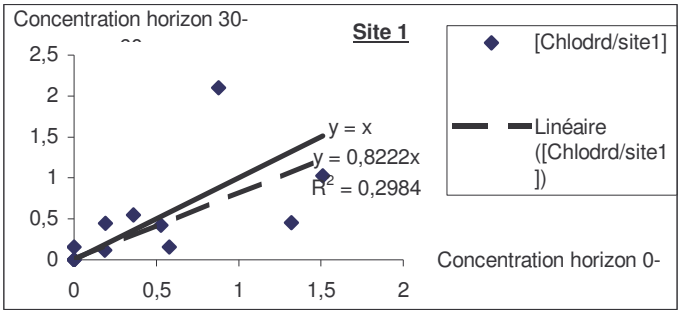
Sur le site 2, les 8 répétitions de l'échantillon composite des 36 centres donnaient une moyenne de 9.14 avec un écart-type de 1.41 et un CV de 15.4%. La moyenne des 36 valeurs individuelles est de 10.21 avec un écart-type de 3.38. La valeur du composite est d'environ un point plus faible mais reste dans l'intervalle de confiance autour de la moyenne.

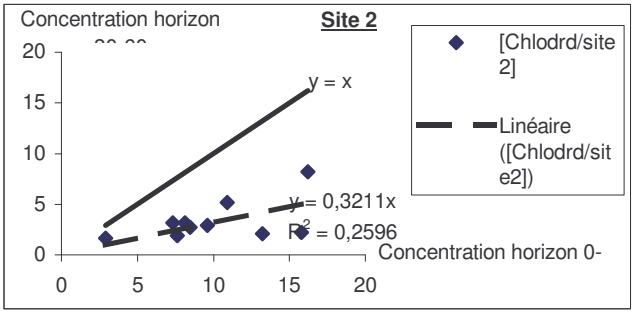
Les répétitions réalisées sur les échantillons composites constitués de l'ensemble des points du maillage principal donnent des résultats très peu variables. Le coefficient de variation du résultat obtenu est inférieur à 15%. L'erreur pour l'ensemble du protocole analytique est donc probablement de cet ordre, ce qui est relativement satisfaisant pour des analyses après extraction dans un sol.

6.4 Résultats d'analyse dans l'horizon sous jacent

Les résultats obtenus pour l'horizon sous jacent (30-60cm)met en évidence des pollutions moindres que dans l'horizon de surface. Pour le deuxième site, le rapport de concentrations entre surface et horizon sous jacent est plus important, la diffusion du polluant semble donc moindre lorsque celle-ci est particulièrement forte (figures 14).

Figure 14: Corrélations entre concentrations horizons 0-30cm et 30-60cm sur les sites 1& 2





Ces analyses montrent bien que les pollutions par le chlordécone sont avant tout localisées dans l'horizon de surface et que c'est sur cet horizon (0-30cm) que doivent porter les évaluations des contaminations.

6.5 Abaque d'échantillonnage pour l'horizon 0-30cm, dispositifs de prélèvement

Impact de la structure des variations spatiales des concentrations

L'étude de la structure des variations spatiales amène à accepter pour les deux parcelles une homogénéité des variations (pas de direction privilégiée) ceci en omettant des cas particuliers de bordures. Mis à part ces zones marginales, on peut considérer la parcelle comme homogène en variation et **adopter un plan d'échantillonnage systématique** sur une grille. Ce principe assurera que chaque secteur géographique de la parcelle est représenté avec le même poids et donnera une estimation représentative de la parcelle complète.

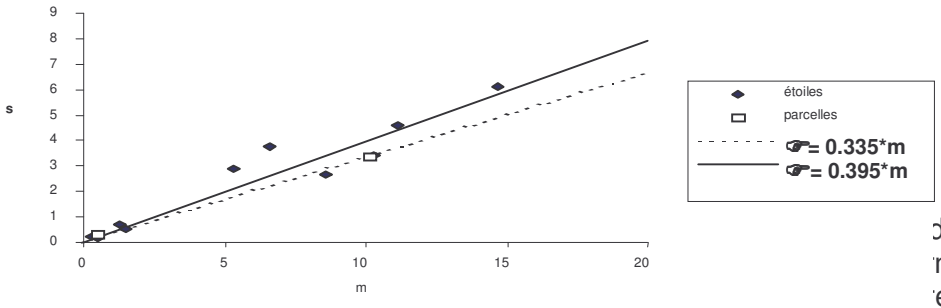
Les corrélogrammes montrent une non indépendance entre points voisins. La portée est de l'ordre de 15 m dans un cas et de 5 m seulement dans l'autre. Ceci signifie que l'information apportée par deux points voisins est en partie la même, pour optimiser l'information apportée par la grille de prélèvements, on a intérêt à prendre des points indépendants donc avoir une maille de la grille supérieure à la portée. **On retiendra par précaution la plus grande des deux portées soit 15 m.**

Paramètres retenus pour les calculs du nombre de prélèvement par rapport à la précision

Il reste à définir le nombre de prélèvements à réaliser. Il dépend de la précision **p** exprimée en % de la moyenne que l'on souhaite et du seuil de probabilité α que l'on se fixe : par exemple avec un seuil à 5%, la vraie valeur de la parcelle aura une probabilité de 0.95 d'être dans la fourchette moyenne observée plus ou moins p %.

On admettra que les distributions sont normales puisque dans les deux cas cette hypothèse n'est pas rejetée mais en notant que cette normalité est seulement approchée, ceci doit conduire à considérer les nombres de prélèvements définis comme des seuils minimum et que dans la mesure du possible il serait prudent d'accroître ce nombre.

A partir des deux parcelles étudiées, il apparaît que l'écarts type (**Φ**) observé varie avec le niveau de la parcelle, ce qui est assez logique. Il est difficile avec deux parcelles seulement d'estimer la fonction de croissance de l'écart type en fonction de la moyenne. On ne peut qu'admettre une relation linéaire type **Φ** = a*m (avec a = 0.335) ; figure 15 ci dessous :



Cepe des étoiles constitue une me que la relation entr e schéma classique où la moyenne est linéaire avec la variance). La relation est alors : **Φ** = 0.395* m ce qui est assez proche de la précédente.

On retiendra par prudence la deuxième formule (les deux formules sont cependant reprises dans le graphe 16 exprimant la relation précision – échantillonnage).

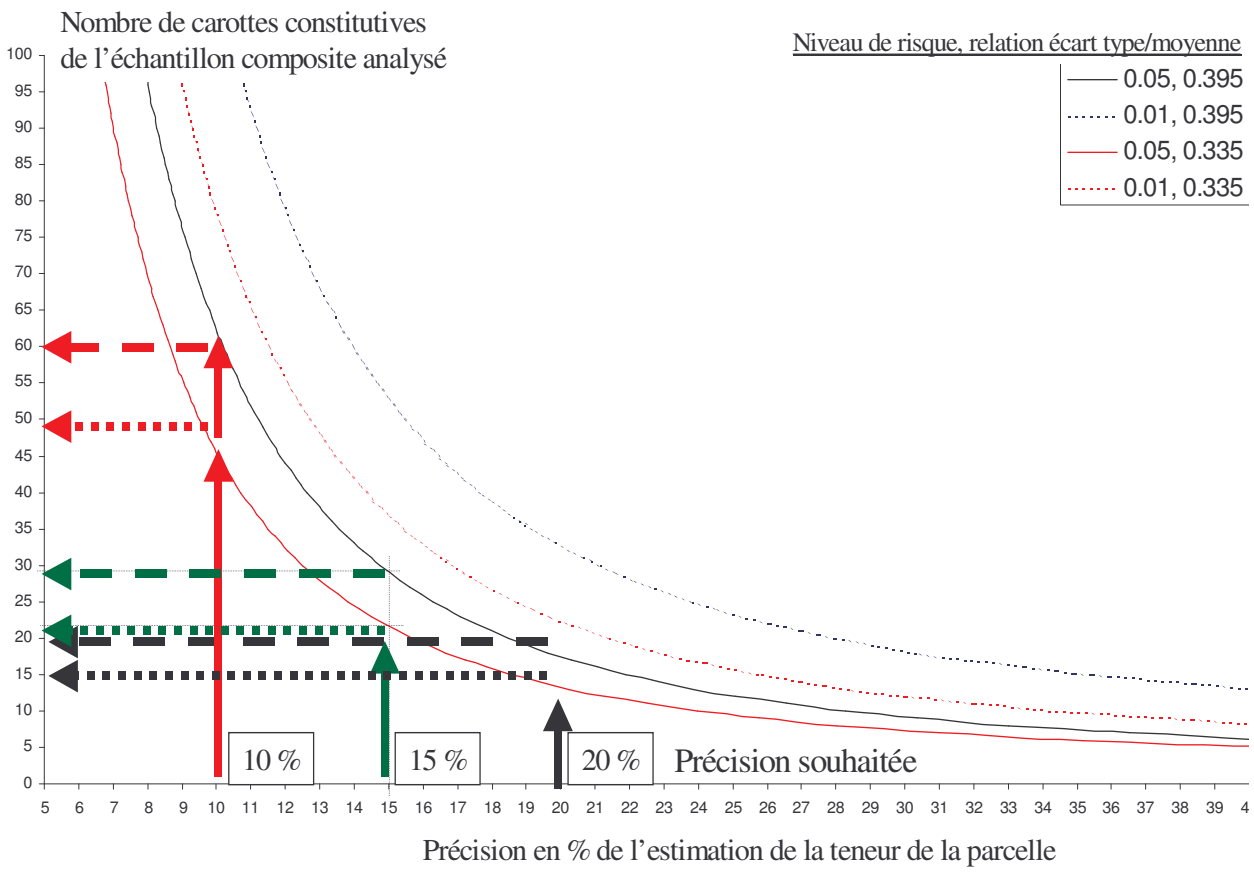
La relation linéaire entre moyenne et écart-type induit le fait remarquable que la précision ne dépend plus de la moyenne, elle est la même quel que soit le niveau de la parcelle. Cette propriété nous permet donc d'estimer un nombre de répétitions nécessaire indépendamment du niveau de la parcelle.

Abaque précision- échantillonnage (figure 16)

Cette abaque est construite pour les seuils de risques de 0.05 et 0.01 et pour une gamme de précision de 5 à 40% et permet de choisir le nombre de répétitions pour une précision donnée ou inversement - la précision pour un nombre donné.

Par exemple, en retenant par précaution la formule exigeant le plus fort échantillonnage, pour une précision de 15% au seuil 0,05, il faut au minimum 29 prises d'échantillons répartis de façon homogène sur la parcelle. Cela correspond en se basant sur 30 prises d'échantillons pour une parcelle de 1ha à prélever une carotte de sol tous les 14m x 17m environ en prenant la peine de laisser environ 7m à partir du bord pour prendre le premier échantillon.

Figure 16 : Abaque de correspondance précision- échantillonnage



Pour une meilleure précision l'échantillonnage croit très vite et pour 10% de précision, il serait nécessaire de prendre plus de 50 carottes ; ce niveau de précision ne peut par conséquent pas être atteint en routine et ne peut pas être mis en œuvre uniquement à des fins scientifiques.

Si on ne veut pas dépasser un prélèvement de 25 carottes par parcelle, la précision espérée est d'environ 16% ce qui reste correct (cf. tableau 2). Les dispositifs proposés reposent sur un prélèvement selon une maille carrée (une maille hexagonale est parfois recommandée) et tiennent compte des problèmes couramment rencontrés en bordure et prévoient un décalage en bordure d'environ la moitié de la distance entre les points de prélèvements.

Tableau 2: Résumé du nombre de carottes nécessaires et dispositifs en fonction de la précision

Précision souhaitée	30%	20%	16%	15%	13%	10
Intervalle de nombre de carottes constitutives	8-10	16-20	20-25	20-29	30-36	49-65
Nombre retenu	9	20	25	30	36	66
Intervalle entre deux prélèvements (distance du bord du premier point)	25m (12m du bord)	15x20m (10m du bord)	17x17m (7m du bord)	15x17m (5m du bord)	15m env. (5m du bord)	11m env. Non valide*

*non valide/structure spatiale des concentrations car les prélèvements sont en deçà de la distance où on peut considérer deux échantillons indépendants.

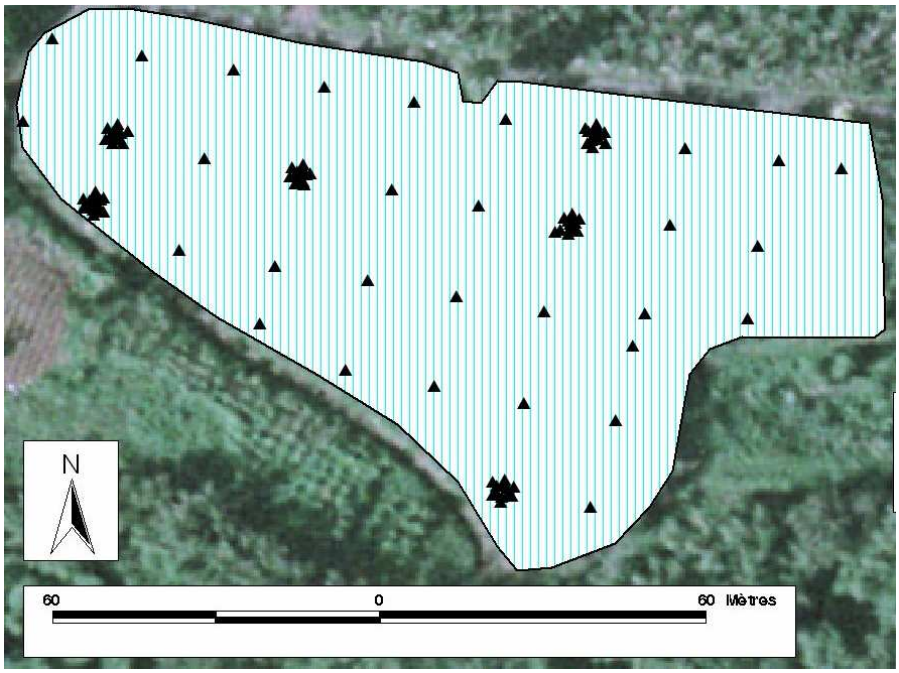
7. CONCLUSION

Les pollutions des sols par le chlordécone ont une très grande variabilité spatiale, ce qui pose des problèmes pour une détermination précise d'une teneur moyenne par le laboratoire d'analyse. En effet, souvent ce n'est pas la quantification au laboratoire qui limite la précision des analyses chimiques réalisées sur un sol, mais plutôt l'échantillonnage de base réalisé sur la parcelle avant la réalisation de l'échantillon composite envoyé au laboratoire.

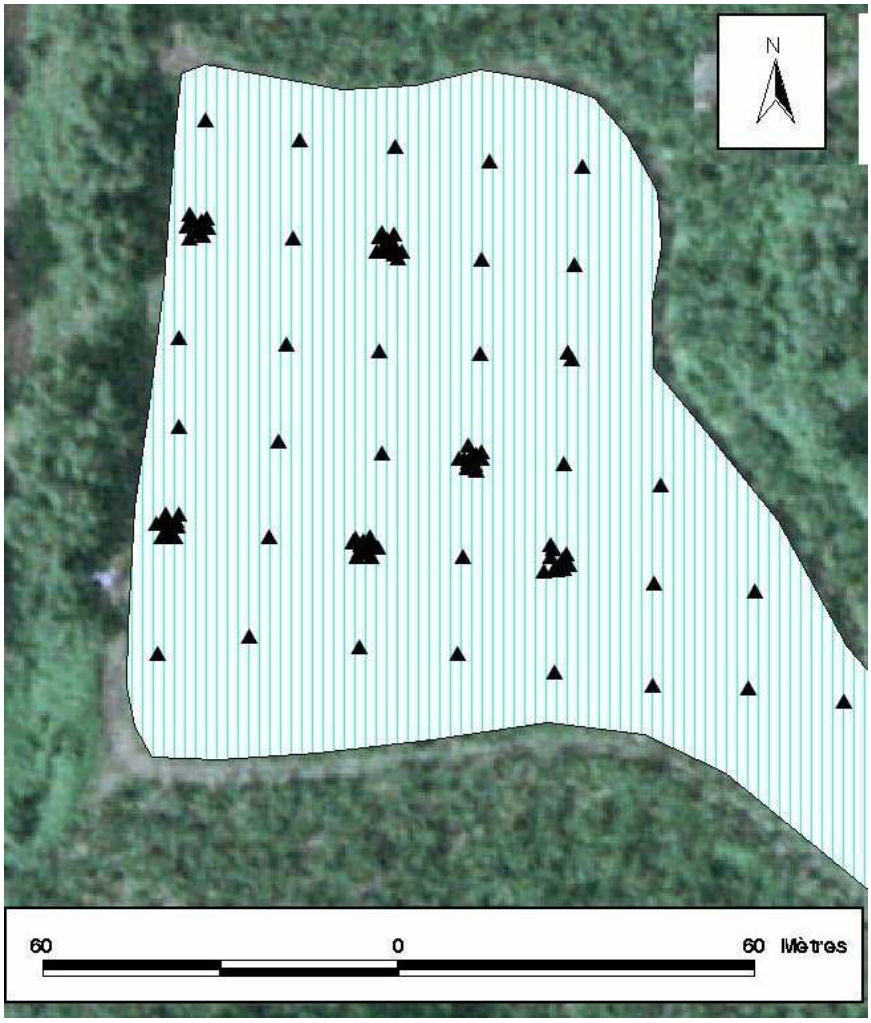
Les deux parcelles à partir desquelles cette étude a été menée ont présenté un niveau de pollution de fort à très fort, ce qui correspond au cas dans lequel cette étude devait être conduite. Dans le cas des pollutions au chlordécone, à l'issue de l'analyse de la fréquence de distribution des concentrations et de leur répartition spatiale, des modalités d'échantillonnage permettant d'atteindre environ 15% de précision ont pu être définies.

Le tableau 2 du paragraphe précédent permet de définir l'échantillonnage en fonction de la précision voulue en tenant compte des impératifs de terrain.

Annexe 1 : Relevé GPS des prélèvements sur le site 1



Annexe 2 : Relevé GPS des prélèvements sur le site 2



Annexe 3: Données brutes d'analyse du site 1 (en mg/kg)

Tous les points du maillages de 17M correspondent à la référence terminale 0H0M
Les points de prélèvement disposés en cible autour du maillage principal sont repérés par une direction (H) en ananlogie avec un cadran (3H à draoite, 9H à gauche…) et avec la distance au point centrale 1M ou 2M.

Numéro	Identificateur	Ligne	Colone	H	M	Prof.	[HCH]	[Chlordéc,]
	(sur fig n°2)	(de droite à G)	(de bas vers H)	(Direction)	(distance/centre)	(cm)	béta	
1	L1C10H0M	1	1	0	0	30	<0,02	<0,04
2	L1C20H0M	1	2	0	0	30	<0,02	<0,04
3	L2C10H0M	2	1	0	0	30	<0,02	<0,04
5	L2C20H0M	2	2	0	0	30	<0,02	1,51
7	L2C21H1M	2	2	1	1	30	<0,02	1,52
8	L2C23H1M	2	2	3	1	30	<0,02	1,59
9	L2C25H1M	2	2	5	1	30	<0,02	2,02
10	L2C27H1M	2	2	7	1	30	<0,02	1,13
11	L2C29H1M	2	2	9	1	30	<0,02	1,17
12	L2C211H2M	2	2	11	2	30	<0,02	0,965
13	L2C211H1M	2	2	11	1	30	<0,02	1,16
14	L2C29H2M	2	2	9	2	30	<0,02	2,16
15	L2C25H2M	2	2	5	2	30	<0,02	1,06
16	L2C23H2M	2	2	3	2	30	<0,02	1,49
17	L2C27H2M	2	2	7	2	30	<0,02	1,12

18	L2C21H2M	2	2	1	2	30	<0,02	2,67
19	L2C30H0M	2	3	0	0	30	<0,02	<0,04
21	L2C31H1M	2	3	1	1	30	<0,02	<0,04
22	L2C31H2M	2	3	1	2	30	<0,02	<0,04
23	L2C33H1M	2	3	3	1	30	<0,02	0,332
24	L2C33H2M	2	3	3	2	30	<0,02	<0,04
25	L2C35H1M	2	3	5	1	30	<0,02	<0,04
26	L2C35H2M	2	3	5	2	30	<0,02	0,168
27	L2C37H1M	2	3	7	1	30	<0,02	<0,04
28	L2C37H2M	2	3	7	2	30	<0,02	<0,04
29	L2C39H1M	2	3	9	1	30	<0,02	<0,04
30	L2C39H2M	2	3	9	2	30	<0,02	<0,04
31	L2C311H1M	2	3	11	1	30	<0,02	<0,04
32	L2C311H2M	2	3	11	2	30	<0,02	<0,04
33	L3C10H0M	3	1	0	0	30	<0,02	0,686
34	L3C20H0M	3	2	0	0	30	<0,02	0,536
35	L3C30H0M	3	3	0	0	30	<0,02	0,192
36	L4C10H0M	4	1	0	0	30	<0,02	0,642
37	L4C20H0M	4	1	0	0	30	<0,02	0,876
39	L4C21H1M	4	2	1	1	30	<0,02	1,95
40	L4C21H2M	4	2	1	2	30	<0,02	2,19
41	L4C23H1M	4	2	3	1	30	<0,02	1,93
42	L4C23H2M	4	2	3	2	30	0,069	1,8
43	L4C25H1M	4	2	5	1	30	<0,02	1,67
44	L4C25H2M	4	2	5	2	30	<0,02	1,92
45	L4C27H1M	4	2	7	1	30	<0,02	0,322
46	L4C27H2M	4	2	7	2	30	<0,02	0,419
47	L4C29H1M	4	2	9	1	30	<0,02	0,379
48	L4C29H2M	4	2	9	2	30	<0,02	0,369
49	L4C211H1M	4	2	11	1	30	<0,02	1,59
50	L4C211H2M	4	2	11	2	30	<0,02	0,97
51	L4C30H0M	4	3	0	0	30	<0,02	0,492
52	L4C40H0M	4	4	0	0	30	<0,02	0,263
53	L5C10H0M	5	1	0	0	30	<0,02	0,135
54	L5C20H0M	5	2	0	0	30	<0,02	0,502
55	L5C30H0M	5	3	0	0	30	<0,02	0,938
56	L5C40H0M	5	4	0	0	30	<0,02	0,309
57	L6C10H0M	6	1	0	0	30	<0,02	0,1
58	L6C20H0M	6	2	0	0	30	<0,02	0,505
59	L6C30H0M	6	3	0	0	30	<0,02	1,32
60	L6C40H0M	6	4	0	0	30	<0,02	0,292
61	L7C10H0M	7	1	0	0	30	<0,02	0,186
63	L7C11H1M	7	1	1	1	30	<0,02	0,234
64	L7C11H2M	7	1	1	2	30	<0,02	0,069
65	L7C13H1M	7	1	3	1	30	<0,02	0,156
66	L7C13H2M	7	1	3	2	30	<0,02	0,096
67	L7C15H1M	7	1	5	1	30	<0,02	0,165
68	L7C15H2M	7	1	5	2	30	<0,02	0,128
69	L7C17H1M	7	1	7	1	30	<0,02	0,291
70	L7C17H2M	7	1	7	2	30	<0,02	0,208
71	L7C19H1M	7	1	9	1	30	<0,02	0,638
72	L7C19H2M	7	1	9	2	30	<0,02	0,856
73	L7C111H1M	7	1	11	1	30	<0,02	0,347
74	L7C111H2M	7	1	11	2	30	<0,02	0,331

75	L7C20H0M	7	2	0	0	30	<0,02	0,577
77	L7C21H1M	7	2	1	1	30	<0,02	0,328
78	L7C21H2M	7	2	1	2	30	<0,02	0,693
79	L7C23H1M	7	2	3	1	30	<0,02	0,535
80	L7C23H2M	7	2	3	2	30	<0,02	0,365
81	L7C25H1M	7	2	5	1	30	<0,02	0,405
82	L7C25H2M	7	2	5	2	30	<0,02	0,475
83	L7C27H1M	7	2	7	1	30	<0,02	0,407
84	L7C27H2M	7	2	7	2	30	<0,02	0,319
85	L7C29H1M	7	2	9	1	30	<0,02	0,776
86	L7C29H2M	7	2	9	2	30	<0,02	0,897
87	L7C211H1M	7	2	11	1	30	<0,02	0,441
88	L7C211H2M	7	2	11	2	30	<0,02	0,407
89	L7C30H0M	7	3	0	0	30	<0,02	0,664
90	L7C40H0M	7	4	0	0	30	<0,02	0,366
92	L7C50H0M	7	4	0	0	30	<0,02	0,279
93	L8C10H0M	8	1	0	0	30	<0,02	0,381
94	L8C20H0M	8	2	0	0	30	<0,02	0,484
95	L8C3A0H0M	8	3	0	0	30	<0,02	0,399
97	L8C3B0H0M	8	3	0	0	30	<0,02	0,75
98	L8C40H0M	8	4	0	0	30	<0,02	0,597
100	L8C50H0M	8	5	0	0	30	<0,02	0,53
101	L7C51H1M	7	5	0	0	30	<0,02	0,629
102	L7C51H2M	7	5	0	0	30	<0,02	0,664
103	L7C53H1M	7	5	0	0	30	<0,02	0,421
104	L7C53H2M	7	5	0	0	30	<0,02	0,387
105	L7C55H1M	7	5	0	0	30	<0,02	0,45
106	L7C55H2M	7	5	0	0	30	<0,02	0,776
107	L7C57H1M	7	5	0	0	30	<0,02	0,637
108	L7C57H2M	7	5	0	0	30	<0,02	0,424
109	L7C59H1M	7	5	0	0	30	<0,02	0,294
110	L7C59H2M	7	5	0	0	30	<0,02	0,507
111	L7C511H1M	7	5	0	0	30	<0,02	0,295
112	L7C511H2M	7	5	0	0	30	<0,02	0,321
113	L9C10H0M	9	1	0	0	30	<0,02	0,822
115	L9C20H0M	9	2	0	0	30	<0,02	0,273
116	L9C30H0M	9	3	0	0	30	<0,02	0,362
118	L10C10H0M	10	1	0	0	30	<0,02	0,477

Prélèvements entre 30 et 60cm

							BétaHCH	Chlordécone
4	L2C1-60	2	1	0	0	60		0,154
6	L2C2-60	2	2	0	0	60		1,03
20	L2C3-60	2	3	0	0	60		<0,04
38	L4C2-60	4	2	0	0	60		2,1
62	L7C1-60	6	1	0	0	60		0,114
76	L7C2-60	7	2	0	0	60		0,295
91	L7C4-60	7	4	0	0	60		0,45
96	L8C3A60	8	3	0	0	60		0,452
99	L8C4-60	8	4	0	0	60		0,154
114	L9C10-60	9	1	0	0	60		0,422
117	L9C3-60	9	1	0	0	60		0,547

Echantillon composite sur 10 écahntillons du maillage principal/0-30 cm

BétaHCH	Chlordécone

119	comp10					30		0,368
120	comp1					30		0,424
121	comp2					30		0,801
122	comp3					30		0,704
123	comp4					30		0,774
124	comp5					30		0,839
125	comp6					30		0,556
126	comp7					30		0,56
127	comp8					30		0,733
128	comp9					30		1,06

Echantillon composite sur tous les échnatillons du maillage principal=34 points/0-30 cm							BétaHCH	Chlordécone
129	EC341					30		0,944
130	EC342					30		0,948
131	EC343					30		0,98
132	EC344					30		0,715
133	EC345					30		0,792
134	EC346					30		0,883
135	EC347					30		1,02
136	EC348					30		0,837

Annexe 4: Données brutes d'analyse du site 2 (

Tous les points du maillages de 17m sont repérés par colonne/ligne
(cf. figure 8 à partir du coin en bas à gauche)
Les points de prélèvement sont repérés par une direction (H)
et avec la distance au point centrale 1M ou 2M.

Horizon de surface (0-30cm)	24/6/03		
	Identificateur	beta HCH	Chlordécone
Numéro	Colonne/Ligne	mg/kg	mg/kg
1	C1.L1.OM.OH	0,026	16,6
2	C1.L2.OM.OH	<0.02	15,8
16	C1.L3.OM.OH	0,036	17,6
17	C1.L4.OM.OH	<0.02	14,7
18	C1.L5.OM.OH	0,02	16,2
32	C1.L6.OH.OM	0,026	13,3
33	C2.L1.OH.OM	<0.02	7,6
34	C2.L2.OH.OM	0,023	10,2
35	C2.L3.OH.OM	<0.02	9,16
36	C2.L4.OH.OM	<0.02	8,13
37	C2.L5.OH.OM	<0.02	5,81
38	C2.L6.OH.OM	<0.02	7,45
41	L1.C3.OH.OM	<0.02	9,87
42	L2.C3.OH.OM	0,061	10,9
56	L3.C3.OH.OM	0,046	10
57	L4.C3.OH.OM	0,044	8
58	L5.C3.OH.OM	<0.02	8,45
72	L6.C3.OH.OM	<0.02	4,94
73	L1.C4.OH.OM	0,094	12,4
74	L2.C4.OH.OM	0,036	9,81
75	L3.C4.OH.OM	0,026	7,33
89	L4.C4.OH.OM	0,033	7,03
90	L5.C4.OH.OM	0,033	12,9
91	L6.C4.OH.OM	0,032	13,2
93	L1.C5.OH.OM	0,051	10,4
94	L2.C5.OHOM	0,042	2,91
108	L3.C5.OH.OM	0,04	7,36
109	L4.C5.OH.OM	0,049	11
110	L5.C5.OH.OM	0,035	10,3
111	L6.C5.OH.OM	0,025	8,68
112	L1.C6.OH.OM	0,03	8,15
113	L2.C6.OH.OM	0,061	12,5
114	L3.C6.OH.OM	0,057	11,2
115	L1.C7.OH.OM	0,039	9,59
117	L2.C7.OH.OM	0,02	6,44
118	L1.C8.OH.OM	0,03	8,43
Horizon inférieur (30-60cm)	Identificateur	beta HCH	Chlordécone
116	L1.C7.60	0,037	2,91
92	L6.C4.60	0,026	2,07
95	L2.C5.60	0,022	1,64
76	L3.C4.60	<0.02	3,14
31	C1.L5.60	0,038	8,23

59	C3.L5.60	<0.02	2,71
3	C1.L2.60	<0.02	2,23
39	C2.L1.60	0,022	1,87
40	C2.L4.60	0,026	3,15
43	L2.C3.60	0,14	5,18
Points à 1 et 2 d'un point du maillage			
Numéro	Identificateur	beta HCH	Chlordécone
2	C1.L2.OM.OH	<0.02	15,8
4	C1.L2.1M.1H	<0.02	9
5	C1.L2.2M.1H	<0.02	2,45
6	C1.L2.1M.3H	<0.02	16,7
7	C1.L2.2M.3H	<0.02	10,8
8	C1.L2.1M.5H	0,03	7,06
9	C1.L2.2M.5H	<0.02	7,02
10	C1.L2.1M.7H	<0.02	7,08
11	C1.L2.2M.7H	0,02	9,03
12	C1.L1.M.9H	0,026	12,6
13	C1.L2.2M.9H	<0.02	15,6
14	C1L1.2M.11H	0,023	14,5
15	C1.L2.2M.11H	0,031	16,9
18	C1.L5.OM.OH	0,02	16,2
19	C1.L5.1M.1H	0,02	19,6
20	C1.L5.2M.1H	0,02	13,4
21	C1.L5.1M.3H	0,034	15,6
22	C1.L5.2M.3H	0,021	19,9
23	C1.L5.1M.5H	0,022	25,2
24	C1.L5.2M.5H	0,618	21,5
25	C1.L5.1M.7H	0,023	15,5
26	C1.L5.2M.7H	0,1	11,7
27	C1.L5.1M.9H	0,03	8,21
28	C1.L5.2M.9H	0,02	2,26
29	C1.L5.1M.11H	0,08	9,54
30	C1.L5.2M.11H	0,023	12,7
42	L2.C3.OH.OM	0,061	10,9
44	L2.C3.1H.1M	0,046	10,3
45	L2.C3.1H.2M	0,042	16,9
46	L2.C3.3H.1M	0,054	7,6
47	L2.C3.3H.2M	0,044	5,51
48	L2.C3.5H.1M	0,076	13,6
49	L2.C3.5H.2M	0,073	9,23
50	L2.C3.7H.1M	0,076	6,32
51	L2.C3.7H.2M	0,19	8,82
52	L2.C3.9H.1M	0,04	8,82
53	L2.C3.9H.2M	0,038	8,85
54	L2.C3.11H.1M	<0.02	10,5
55	L2.C3.11H.2M	0,023	16

58	L5.C3.OH.OM	<0.02	8,45
60	L5.C3.1H.1M	0,02	8,72
61	L5.C3.1H.2M	<0.02	7,56
62	L5.C3.3H.1M	0,02	3,15
63	L5.C3.3H.2M	<0.02	9,75
64	L5.C3.5H1.M	0,028	10,4
65	L5.C3.5H.2M	0,024	11,9
66	L5.C3.7H.1M	0,048	7,08
67	L5.C3.7H.2M	0,032	9,72
68	L5.C3.9H.1M	0,024	4,82
69	L5.C3.9H.2M	0,041	13
70	L5.C3.11H.1M	0,021	7,77
71	L5.C3.11H.2M	0,031	9,43
75	L3.C4.OH.OM	0,026	7,33
77	L3.C4.1H.1M	0,026	8,23
78	L3.C4.1H.2M	0,035	5,37
79	L3.C4.3H.1M	0,034	6,43
80	L3.C4.3H.2M	0,25	6,28
81	L3.C4.5H.1M	0,036	3,88
82	L3.C4.5H.2M	0,03	2,09
83	L3.C4.7H.1M	0,036	1,04
84	L3.C4.7H.2M	0,057	2,02
85	L3.C4.9H.1M	0,036	1,96
86	L3.C4.9H.2M	0,032	6,06
87	L3.C4.11H.1M	0,034	10,5
88	L3.C4.11H.2M	0,036	7,81
94	L2.C5.OHOM	0,042	2,91
96	L2.C5.1H.1M	0,049	2,93
97	L2.C5.1H.2M	0,04	1,51
98	L2.C5.3H.1M	0,036	1,71
99	L2.C5.3H.2M	0,036	2,35
100	L2.C5.5H.1M	0,048	10,3
101	L2.C5.5H.2M	0,049	11,2
102	L2.C5.7H.1M	0,077	11,1
103	L2.C5.7H.2M	0,048	9,17
104	L2.C5.9H.1M	0,036	8,59
105	L2.C5.9H.2M	0,082	6,37
106	L2.C5.11H.1M	0,033	8,54
107	L2.C5.11H.2M	0,049	9,03
Echantillon composites/10			
Numéro	Identificateur	beta HCH	Chlordécone
119	COMP.10-1	0,035	10,7
120	COMP.10-2	0,039	11,9
121	COMP.10-3	0,047	9,98

122	COMP.10-4	0,067	13,5
123	COMP.10-5	0,061	11,8
124	COMP.10-6	0,039	13,1
125	COMP.10-7	0,037	11,2
126	COMP.10-8	0,031	10,6
127	COMP.10-9	0,041	11,2
128	COMP.10-10	0,038	9,41
Echantillon composites/36			
Numéro	Identificateur	beta HCH	Chlordécone
129	COMP.36-1	0,036	9,66
130	COMP.36-2	0,078	10,2
131	COMP.36-3	0,036	7,74
132	COMP.36-4	0,056	8,24
133	COMP.36-5	0,047	11,1
134	COMP.36-6	0,046	10,5
135	COMP.36-7	0,04	9,26
136	COMP.36-8	0,029	6,43
137	COMP.36-9	0,047	9,7
138	COMP.36-10	0,041	8,58