

**AGW du 5 juillet 2018 relatif à la gestion et à la traçabilité des terres et modifiant diverses dispositions en la matière**

**Circulaire d'information n° 5 relative à la mise en application partielle de l'art. 14, alinéa 2 concernant l'utilisation de terres impactées par des concentrations de fonds**

**1. CONTEXTE**

Le 17 juin 2021, l'arrêté du Gouvernement wallon du 5 juillet 2018 relatif à la gestion et à la traçabilité des terres (ci-après « AGW du 5 juillet 2018 ») a fait l'objet de modifications, notamment en son article 14, alinéa 2, rédigé comme suit :

*« Si le contrôle qualité met en évidence des dépassements des valeurs seuils fixées par ou en vertu du décret, dues à des concentrations de fond, les terres de déblais, les terres décontaminées et les terres de production végétales visées à l'article 7/1, alinéa 3 peuvent être utilisées sur un site récepteur, ou sur une parcelle concernée du site récepteur, dont les concentrations de fond sont équivalentes ou supérieures aux concentrations du site d'origine, à condition qu'il n'y ait pas de risque additionnel pour l'environnement et la santé humaine. »*

L'entrée en vigueur de cet alinéa est prévue pour le 1<sup>er</sup> janvier 2022.

La procédure relative aux concentrations de fonds doit se trouver, conformément à l'article 5 de l'AGW du 5 juillet 2018, dans le Guide de Référence relatif à la Gestion des Terres (GRGT) :

*« [Le Guide de Référence relatif à la Gestion des Terres] détermine les règles minimales visant à garantir la qualité de la démarche d'expertise et permettant d'atteindre les objectifs suivants : [...]*

- *établir une procédure spécifique favorisant la valorisation des terres à l'origine et à destination de zones présentant des concentrations de fond, sur la base d'une cartographie adaptée des concentrations de fond ;*
- *établir les règles relatives au principe d'équivalence de concentrations de fond telle que précisé à l'article 14 §1<sup>er</sup> – alinéa 2 ;*
- *établir une méthodologie d'évaluation du risque additionnel visé à l'article 14. »*

Cependant, le Guide de Référence relatif à la Gestion des Terres n'a pas encore fait l'objet de modification au moment de la rédaction de la présente circulaire.

**Dans l'attente, l'application de l'article 14, alinéa 2 de l'AGW du 5 juillet 2018 se fera par le biais de la présente circulaire.**

## **2. CHAMP D'APPLICATION**

La procédure détaillée ci-dessous ne s'applique que pour les matières visées par l'AGW du 5 juillet 2018.

Par ailleurs, les concentrations de fond mises en évidence ne doivent trouver leur origine que **dans une anomalie pédo-géochimique naturelle. Par conséquent, seules les anomalies en éléments traces métalliques<sup>1</sup> dans les terrains naturels non remaniés sont considérées dans la présente procédure.**

Compte-tenu de la formulation de l'article 14 de l'arrêté précité, seuls les transferts de terres depuis un site d'origine vers un site récepteur peuvent être visés par cette procédure. Il est toutefois permis le passage par une installation autorisée afin que le lot impacté respecte les critères physiques repris à l'article 13. Les lots de terre ayant fait l'objet d'un traitement ou d'un regroupement (au sens de l'art. 18 de l'AGW du 5 juillet 2018) sortent donc du champ d'application de la présente circulaire.

Comme énoncé à l'article 14, l'anomalie pédo-géochimique affectant le lot de terres excavées doit également être rencontrée au droit du site récepteur.

## **3. PROCEDURE**

Préalablement à l'introduction de la demande de notification de mouvement de terres adressée à l'asbl Walterre, le maître d'ouvrage doit fournir au SPW ARNE (Département du Sol et des Déchets – Direction de la Protection des Sols) un rapport technique permettant d'attester que le site d'origine et le site récepteur sont affectés d'une concentration de fond en élément trace métallique (ETM) « équivalente » en termes de gammes de concentrations et de signatures géochimiques. Ce rapport doit également permettre de vérifier l'absence de risque additionnel pour la santé humaine et l'environnement au terme de l'utilisation des terres.

Ce rapport doit être rédigé par un expert en gestion de sols pollués dûment agréé, être transmis numériquement à l'administration selon les modalités requises en fin de chapitre, et doit contenir au minimum les éléments suivants :

1. Au moins 8 forages (quantité minimale à ajuster au cas par cas sur jugement de l'expert pour s'assurer une bonne représentativité) répartis au droit et à proximité de la zone de remblayage avec 2 analyses par forage (en surface et en profondeur) obtenus sur des échantillons élémentaires. L'échantillon superficiel doit être prélevé dans l'horizon superficiel, à moins de 0,3 m-n.s. L'échantillon profond doit être prélevé au sein de la typologie de sol affectée par l'anomalie pédo-géochimique qui justifie le mouvement de terres. Ces résultats doivent permettre d'établir la signature géochimique de l'anomalie pédo-géochimique induisant les concentrations de fond ;
2. Une description de la disposition finale du lot de terres au droit du site récepteur au terme des travaux de remblayage ;
3. Une évaluation des risques selon les recommandations du GRER (volets santé humaine et environnement) permettant de justifier l'absence de risques additionnels au droit du site récepteur au terme du remblayage. Ces études doivent

---

<sup>1</sup> A savoir As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

considérer la situation initiale du site récepteur puis considérer la situation finale avec le lot de terres tel qu'il sera disposé au terme des travaux.

4. Un argumentaire technique se référant si possible à la littérature scientifique ou données officielles disponibles (cartographie des sols, des sous-sols, ...) attestant que les dépassements des valeurs seuils en ETM du site d'origine sont dus à des concentrations de fond d'origine commune à celles retrouvées au niveau du site récepteur, que les concentrations de fond du site récepteur sont équivalentes ou supérieures aux concentrations du site d'origine.
5. Une interprétation des études de risque attestant que l'utilisation des terres sur le site récepteur telle que prévue dans le plan de gestion des terres n'engendre pas de risque additionnel pour l'environnement et la santé humaine.
6. Les résultats d'analyse du lot de terres visé par le mouvement de terre tels que présentés dans le RQT validé par l'asbl Walterre ;

La procédure reprise ci-dessus peut ne concerner qu'un site récepteur (par exemple, en vue de déterminer une concentration de fonds dans le cadre d'une demande de permis unique). Dans ce cas, le rapport technique ne comprendra que les points 1, 2 et 4.

A titre informatif, et en complément des différents points repris ci-dessus, vous trouverez en annexe un extrait du rapport « *Aide à l'expert pour la proposition de concentrations de fonds dans le cadre du Décret du Parlement wallon relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (M.B. 22.03.2018)* » produit pour l'Administration par l'UCL-Earth and Life Institute (Pereira et al., décembre 2019) dans le cadre du projet SANISOL (le rapport complet est accessible en annexe 1 du livrable général disponible sous le lien <http://environnement.sante.wallonie.be/home/expert/projets/sanisol/investigation-de-la-qualite-des-sols-aux-alentours-de-bressoux-en-lien-avec-la-reflexion-sur-la-determination-des-concentrations-de-fond.html>) .

Le rapport technique est envoyé sous format PDF à l'adresse mail suivante : [secretariat.dps.dgo3@spw.wallonie.be](mailto:secretariat.dps.dgo3@spw.wallonie.be). Ce rapport est accompagné des tableaux de comparaison des analyses au format excel et des résultats d'analyses au format XML.

L'administration se réserve la faculté de consulter tout organe ayant une expertise en la matière en vue de disposer, pour le rapport technique remis par l'expert agréé, d'un avis technique préalable à sa décision. L'avis technique éventuellement sollicité se focalisera principalement sur la complétude des études de risque, sur la pertinence de l'argumentaire technique et sur la similitude des signatures chimiques des sites récepteurs et, le cas échéant, d'origine.

La décision de l'administration devra ensuite être jointe à la notification de mouvement de terre adressée à l'asbl Walterre afin de pouvoir appliquer l'art. 14, alinéa 2.

#### Précisions concernant l'étude de risques :

L'évaluation des risques doit être spatialement circonscrite à la zone du site récepteur ou le mouvement de terres sera réalisé.

Elle ne doit pas être réalisée en vue d'évaluer l'ensemble des risques relatifs au site dans sa globalité. Il s'agit de comparer les risques relatifs aux horizons de sols naturels affectés de concentrations de fonds avant et après l'apport de terres.

Il n'est par ailleurs pas nécessaire de systématiquement calculer un indice de risque via modélisation. L'absence de risque additionnel peut être discuté de manière pragmatique

en prenant en considération les éléments clés influençant les risques ou en justifiant l'absence de risque au droit du terrain au terme des travaux par comparaison des résultats aux VSH et/ou VSN.

Cette évaluation des risques doit considérer les volets « santé humaine » et « eaux souterraines - lessivage » et être conforme aux recommandations du GRER. Par ailleurs le type d'usage à considérer pour l'évaluation des risques doit être déterminé conformément aux prescriptions de l'art.12 de l'AGW gestion et traçabilité des terres.

Pour toute information relative à la procédure reprise en annexe, des contacts peuvent être pris avec la cellule Déchets et Sites à risque de l'ISSeP (contact : M. Simon Garzaniti – [s.garzaniti@issep.be](mailto:s.garzaniti@issep.be)).

Jambes, le

La Directrice générale,

Bénédicte HEINDRICHS

**ANNEXE I - extrait du rapport « Aide à l'expert pour la proposition de concentrations de fonds dans le cadre du décret du Parlement wallon relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (M.B. 22.03.2018) » (Pereira et al., décembre 2019, livrable 4.2 du projet SANISOL)**

## **2. Critères pour le prélèvement et l'analyse d'échantillons représentatifs**

Afin d'obtenir dans les sols témoins (sols T) des échantillons qui permettent de déterminer les concentrations de fond, il est indispensable de respecter les conditions détaillées ci-dessous :

1. Il convient de sélectionner avec soin l'échantillon représentatif de la parcelle de sol T. Pour un sol agricole, il est indispensable de s'éloigner des bords de la parcelle, des endroits où des fertilisants auraient pu être entreposés, ainsi que du passage d'entrée du tracteur sur la parcelle. Pour un sol forestier, il faut s'éloigner des lisières et chemins, et éviter les sols remaniés (arbres renversés, terrier, etc.). Pour un sol de parc ou une pelouse, il faut se tenir à distance des murs de bâtiments, des chemins de passage et des bords de la parcelle.
2. Il est important d'utiliser des outils appropriés permettant de prélever un échantillon représentatif sans en modifier ses concentrations en polluants. Il convient notamment de faire attention à la contamination de l'échantillon par l'acier inoxydable (risque d'enrichir l'échantillon en Cr et Ni) et par le PVC (risque d'enrichir l'échantillon en certains polluants organiques). La prise d'échantillon de sol pour les polluants organiques exige des précautions particulières de conservation avant l'envoi au laboratoire d'analyse.
3. Deux échantillons doivent être prélevés dans chaque profil : un échantillon de sol représentatif de l'horizon de surface (0-20 cm) et un échantillon de sol représentatif dans un horizon de sol profond (>60 cm).
4. Les sols sous couvert forestier peuvent présenter des difficultés lors de l'échantillonnage : il convient de prendre un échantillon représentatif en surface (0-20 cm) en écartant l'humus qui le surmonte.
5. Également afin d'aider à l'interprétation des analyses pour la détermination des concentrations de fond, il est nécessaire de décrire le profil de sol et de positionner avec précision l'endroit dans le profil où a été prélevé l'échantillon de sol. La description doit comporter pour chaque horizon : épaisseur, couleur, texture (estimation de terrain), nature et proportion de la charge caillouteuse et/ou des artefacts.
6. Si l'on cherche à déterminer les concentrations de fond des polluants inorganiques, l'interprétation des résultats est facilitée si l'on analyse également les principaux facteurs pédologiques explicatifs des concentrations (teneur en fer, argile et matière organique).

### Étape 3. Interprétation des résultats

L'objectif de cette étape d'interprétation des résultats d'analyse des huit sols témoins T est de vérifier si la concentration trouvée sur le sol P (parcelle investiguée) peut relever des concentrations de fond, ou de proposer une concentration de fond pour P. Pour atteindre cet objectif, il sera nécessaire au préalable de vérifier que chacune des concentrations mesurées sur les huit sols T est bien représentative des concentrations de fond locales au niveau du sol P. En pratique, cela consiste à vérifier (1) qu'il n'y a pas de valeurs mesurées aberrantes (anomalie analytique, pollution localisée, remblai non représentatif, etc.) et (2) que les rapports entre les concentrations trouvées en profondeur et en surface sont du même ordre sur tous les sols T (selon la situation : enrichissement identique par la PAP, ou même niveau d'anomalie géochimique).

La procédure d'interprétation des résultats devra donc répondre aux deux questions suivantes :

1. Les huit sols T relèvent-ils bien des concentrations de fond ?
2. Quelle concentration de fond proposer pour P ?

La procédure proposée passe par une représentation graphique des résultats obtenus. L'avantage attendu de cette représentation graphique est de permettre à l'expert de justifier et de communiquer à l'Administration le raisonnement sur lequel il s'appuie pour proposer la valeur de la concentration de fond. D'autre part, la représentation graphique des résultats doit permettre à l'Administration de juger de la façon plus complète possible du bien-fondé de la proposition de l'expert.

Cette procédure est expliquée à l'aide de l'exemple suivant :

Soit un sol (sol P) avec une concentration en polluant X de 18 mg/kg en surface et de 2 mg/kg en profondeur. On a échantillonné huit sols témoins (sols T1 à T8) selon la procédure décrite précédemment. Les résultats d'analyse sont présentés dans ce tableau :



Parcelle	Concentration (mg/kg)	
	Surface	Profond
T1	10	1.6
T2	140	2.2
T3	12	1.1
T4	120	1.6
T5	11	1.6
T6	15	1.8
T7	20	1.7
T8	13	1.8

**Question 1. Les huit sols témoins relèvent-ils bien des concentrations de fond ?**

Malgré le soin que l'expert aura mis pour obtenir des échantillons de sol représentatifs, il est probable que les huit concentrations puissent présenter des écarts les uns par rapport aux autres. Cette variabilité des mesures peut provenir de plusieurs sources. Par exemple, même après description du profil et identification des horizons, il n'a pas été possible de se rendre compte que l'on échantillonnait en réalité un remblai ou un sol témoin touché par une pollution locale. Une autre source de variabilité est l'effet de pépité. Cet effet se produit lorsque le polluant n'est pas réparti de façon homogène dans toute la masse du sol, mais se trouve sous forme concentrée au sein de particules peu nombreuses. Lors de la mesure des concentrations au laboratoire, le protocole d'analyse prévoit le prélèvement de quelques grammes de sol de l'échantillon, qui seront effectivement analysés. Il est possible, que lors de ce prélèvement, ces quelques grammes renferment une proportion de particules supérieure ou inférieure à la proportion présente dans le sol.

Afin de vérifier si chacun des huit sols T relève bien des concentrations de fond, il convient de réaliser des *diagrammes de dispersion* et des *diagrammes probabilité-probabilité* :

*Diagramme de dispersion (en une dimension)*

Les mesures de concentration des sols de surface, en profondeur et le rapport surface/profondeur dans les sols T sont représentées dans un diagramme de dispersion en une dimension, chaque point représentant une valeur. Les valeurs de la moyenne et de la médiane sont représentées par des symboles différents (ici : croix rouge pour la moyenne, barre rouge horizontale pour la médiane). Pour l'axe, on veillera à utiliser une échelle arithmétique afin de faciliter la lecture des résultats.

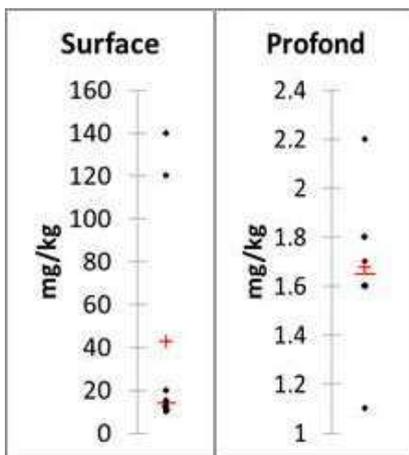
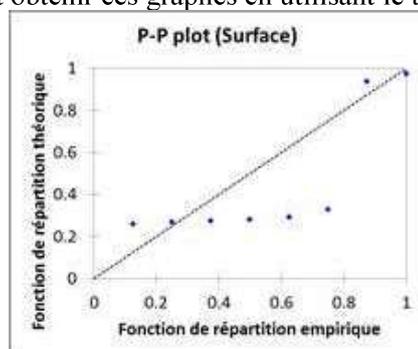


Figure 3 : Diagrammes de dispersion des mesures de sol de surface (Fig 3.1, à gauche) et des mesures de sol profond (Fig 3.2, au centre).

#### *Diagramme probabilité-probabilité (P-P plot)*

Les mesures de concentration en surface et en profondeur, ainsi que les ratios surface/profond (concentration mesurée en surface divisée par la concentration mesurée en profondeur) sont représentés dans un diagramme probabilité-probabilité (diagramme intitulé P-P plot, ci-dessous). Ce type de diagramme permet d'apprécier graphiquement s'il y a concordance entre une distribution observée et une distribution modèle théorique. Sur ce graphe, l'axe des abscisses indique les fréquences cumulées des concentrations observées, tandis que l'axe des ordonnées indique les probabilités cumulées correspondantes de la loi théorique. Le nuage des points s'aligne sur la droite en pointillé lorsque les concentrations mesurées suivent la distribution théorique (la loi de distribution théorique considérée ici est la loi normale). Si un sous-ensemble de points s'aligne sur une droite qui n'est pas orientée suivant la droite à 45°, c'est que ces points appartiennent à une distribution normale dont les paramètres sont différents de ceux de la distribution obtenue en considérant l'ensemble des points. Si le cas se présente, il sera par exemple possible de montrer à l'aide du diagramme P-P plot que les points appartiennent à deux populations. La droite sur laquelle s'alignent les points appartenant à la première population a une pente et une position différentes de la droite sur laquelle s'alignent les points appartenant à la seconde population. Ce diagramme peut-être facilement obtenu à l'aide d'un grand nombre de logiciels (le logiciel gratuit R, par exemple) ou d'un tableur, comme le tableur EXCEL de Microsoft. Sur base d'un exemple concret, l'annexe 1 de ce guide explique comment obtenir ces graphes en utilisant le tableur EXCEL.



**Figure 4 : Diagrammes probabilité-probabilité des mesures de sol de surface**

Les diagrammes (diagrammes de dispersion, voir Figure 3, et diagrammes probabilité-probabilité, voir Figure 4) sont ensuite examinés par l'expert pour détecter s'il y a des valeurs extrêmes ou plusieurs populations de concentrations :

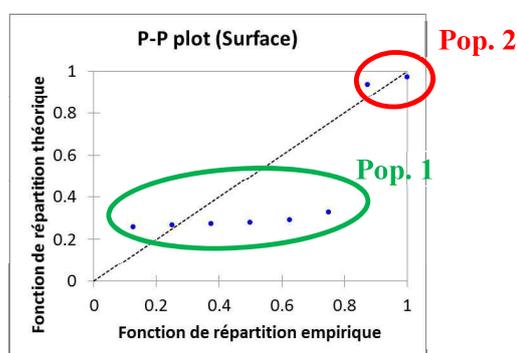
#### *Détection des valeurs extrêmes*

Dans l'exemple de la Figure 4, les deux points les plus élevés (correspondant aux parcelles T2 et T4) dans le diagramme de dispersion des mesures en surface constituent des valeurs extrêmes

(valant presque 10 fois les 6 autres concentrations). On peut suspecter que ces valeurs ne sont pas représentatives des concentrations de fond. Elles peuvent être dues par exemple à un effet de pépite analytique, ou à une pollution locale. La première hypothèse peut-être testée et répétant l'analyse des deux échantillons.<sup>8</sup>

#### *Détection de la présence de plusieurs populations de concentrations*

Dans l'exemple de la Figure 4, deux points (Pop. 2 dans la Figure 5) s'alignent sur une droite dont les paramètres sont différents de la droite tracée sur base des six autres points :



**Figure 5 : Diagramme de probabilité-probabilité pour les résultats obtenus en surface. Présence de deux populations : la première est constituée par les six premiers points bas (Pop. 1, en vert), la seconde est constituée par les deux points hauts (Pop. 2, en rouge).**

Ceci indique qu'il y a deux populations. L'existence de plusieurs populations peut être due à la présence de plusieurs types de sol dont l'un est plus riche en polluant.

#### **Question 2. Quelle concentration de fond proposer pour P ?**

La concentration de fond qui sera proposée devra tenir compte du fait qu'il puisse y avoir, dans les huit sols mesurés, l'un ou l'autre résultat présentant des valeurs extrêmes ou la présence de plusieurs populations (*cf.* Question 1). Le principe de la méthode proposée est d'utiliser les concentrations trouvées dans les sols T dont on a déterminé qu'ils sont représentatifs des concentrations de fond pour proposer une valeur de concentration de fond. Pour arriver à cette population de sols T représentatifs des concentrations de fond, il est possible que certaines concentrations mesurées sur des parcelles T, doivent être écartées. D'une façon générale, les concentrations

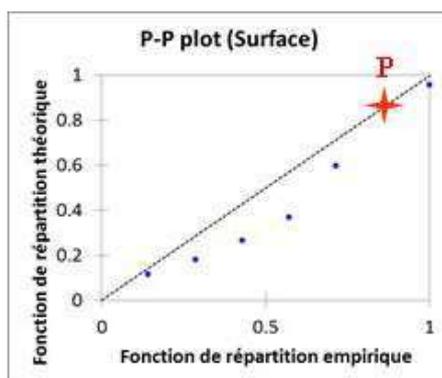
<sup>8</sup> Dans d'autres situations, il serait aussi possible de trouver des points anormalement bas. Par exemple, dans le cas d'une région touchée par la PAP, un point bas dans un diagramme de dispersion représentant les valeurs de concentrations trouvées en surface sur les huit sols T peut être dû au fait que ce point est relatif à un sol importé qui a été déposé postérieurement aux principales émissions de PAP dans la région du sol P.

écartées et les raisonnements pour les écarter doivent être clairement énoncés par l'expert.

Dans notre exemple, il semble raisonnable de considérer qu'il y a deux populations : la première population (Pop. 1 dans la Figure 5) représentative des concentrations de fond, et la seconde population (Pop. 2 dans la Figure 5) constituée de sols à écarter (pollution locale ou effet pépète analytique).

Comment savoir si la concentration trouvée sur P (le sol de la parcelle d'intérêt) peut être considérée comme une concentration de fond à partir des concentrations trouvées sur les sols T représentatifs des concentrations de fond ? On peut répondre à cette question par une méthode graphique, en représentant les valeurs de concentrations en surface des sols T représentatifs avec la valeur mesurée sur P dans un P-P plot, afin de vérifier que la valeur mesurée sur P appartienne bien à la population des concentrations de fond déterminée à l'aide des sols T.

La Figure 7 reprend, dans un P-P plot, les six valeurs de sols T représentatifs et la valeur de 18 mg/kg mesurée sur P de notre exemple :



**Figure 7 : Diagramme de probabilité-probabilité pour le sol P et les six sols T déterminés comme étant représentatifs des concentrations de fond lors de l'étape précédente.**

On observe dans la Figure 7 que les sept points s'alignent relativement bien le long de la droite bissectrice (en pointillé). La valeur mesurée sur P (18 mg/kg, croix rouge) peut donc bien être considérée comme appartenant à la population des concentrations de fond.

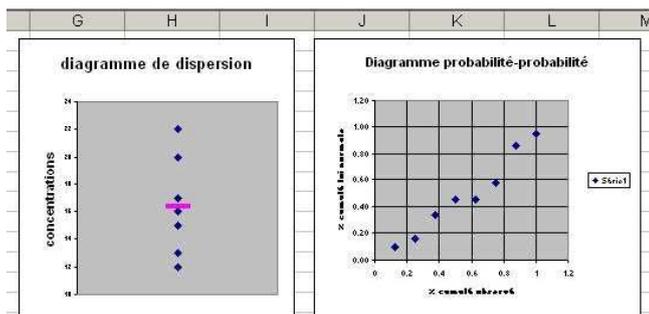
Pour obtenir la valeur de concentration de fond, on calcule la moyenne des valeurs mesurées sur les sols T dont on a déterminé qu'ils étaient représentatifs des concentrations de fond. Dans notre exemple, la moyenne des six sols T représentatifs = 13.5 mg/kg.

A titre illustratif, deux exemples supplémentaires d'interprétation des résultats sont donnés dans l'Annexe 2.

## Annexe 1 : Comment obtenir le diagramme de dispersion et le diagramme probabilité-probabilité à l'aide de Microsoft Excel ?

L'exemple suivant montre comment obtenir le diagramme de dispersion et le diagramme probabilité-probabilité à l'aide du tableur Excel.

E3      =LOI.NORMALE(A3;A\$11;A\$13;VRAI)						
	A	B	C	D	E	F
1	concentrations		rangs	fréquence cumulée	prob. cumulée loi normale	
2	12		1	0.125	0.09	
3	13		2	0.25	0.16	
4	15		3	0.375	0.34	
5	16		4	0.5	0.46	
6	16		5	0.625	0.46	
7	17		6	0.75	0.57	
8	20		7	0.875	0.86	
9	22		8	1	0.95	
10	moyenne					
11	16.375					
12	écart-type					
13	3.335416016					
14						
15						



La démarche à effectuer pour obtenir ces graphes la suivante :

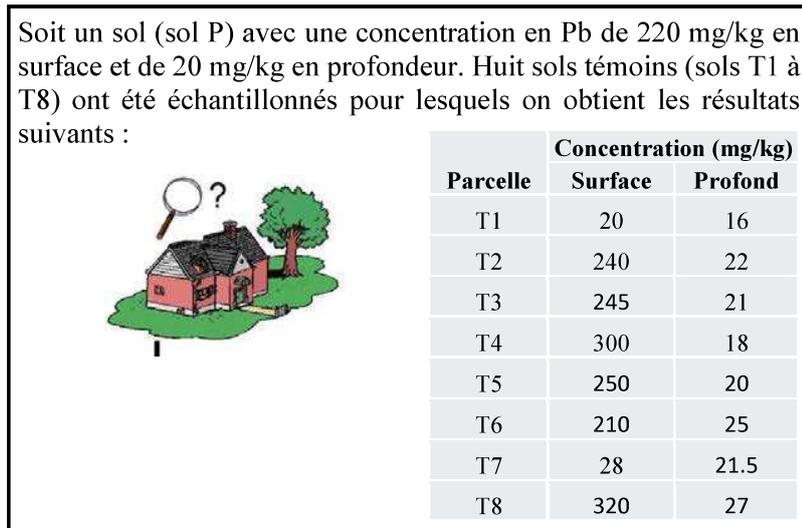
- Ranger les huit concentrations mesurées dans les sols témoins par ordre décroissant dans la colonne A (utiliser, si nécessaire, dans le menu Données, l'onglet Trier pour effectuer ce rangement en ordre croissant).
- calculer la moyenne (taper =MOYENNE(A2:A9) dans la cellule A11) et l'écart-type (taper =ECARTYPE(A2:A9) dans la cellule A13)
- créer une colonne comportant le rang des concentrations (colonne C, obtenue en donnant à la teneur la plus basse le rang 1 et à la teneur le plus élevée le rang 8)
- calculer les fréquences cumulées (colonne D = colonne des rangs (colonne C) multipliée par 1/8)
- calculer la probabilité cumulée de la loi normale (ou log-normale, si nécessaire) en utilisant la formule LOI.NORMALE(x;espérance;ecart\_type;cumulative) (voir l'exemple du contenu de la cellule E3 dans la figure ci-dessus, qui s'écrit dans le cas présent : =LOI.NORMALE(A3;A\$11;A\$13;VRAI))

- f. créer un diagramme de dispersion portant les valeurs de la colonne A en ordonnées. Pour cela, créer une colonne de huit cellules de K2 à K9 contenant chacune la valeur 1. Le graphique s'obtient en choisissant, dans le menu Insertion : Graphique/Nuage de points/Plage de données, Série en colonne =Feuil1!\$A\$2:\$A\$9/Série/ Valeurs X =Feuil1!\$K\$2:\$K\$9. Indiquez la moyenne en faisant Série/Ajouter/Valeur X =Feuil1!\$K\$2 et Valeur Y =Feuil1!\$A\$11/Terminer. Ensuite, double cliquer sur l'axe des x du graphique pour choisir Echelle/Maximum et entrer la valeur 2 et, enfin, dans Motif/Graduation principale et Etiquette de graduation, choisir l'option Aucune. Finalement, cliquer sur la légende et l'effacer.
- g. créer un diagramme probabilité-probabilité comportant la colonne D en abscisses et la colonne E en ordonnées. Le graphique s'obtient en choisissant, dans le menu Insertion : Graphique/Nuage de points/Plage de données, Série en colonne =Feuil1!\$E\$2:\$E\$9/Série/ Valeurs X =Feuil1!\$D\$2:\$D\$9/Suivant/Quadrillage/ Quadrillage principal pour x et y/Terminer. Ensuite, double cliquer sur l'axe des abscisses et choisir Echelle/Maximum =1 et Unité principale = 0.2/. et faire la même chose pour l'axe des y. Finalement, supprimer la légende.

## Annexe 2 : Exemples d'interprétation des résultats

**Exemple 1 : Une concentration en Pb de 220 mg/kg sur un sol P. L'expert souhaite montrer que la concentration mesurée sur P est une concentration de fond explicable par la PAP.**

Cette procédure est expliquée à l'aide de l'exemple suivant :



### 1. Quels sont les sols T représentatifs des concentrations de fond ?

En surface, le diagramme de dispersion montre qu'il y a deux points beaucoup plus bas que les autres (voir Figure 8.1).

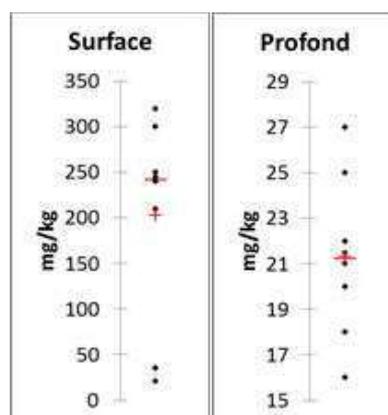


Figure 8 : Diagrammes de dispersion des mesures de sol de surface (Fig 8.1, à gauche), des mesures de sol profond (Fig 8.2, à droite)

D'après le P-P plot, il y a deux populations de points, les deux points bas étant alignés sur une autre droite que les six points hauts (cf. Figure 9).

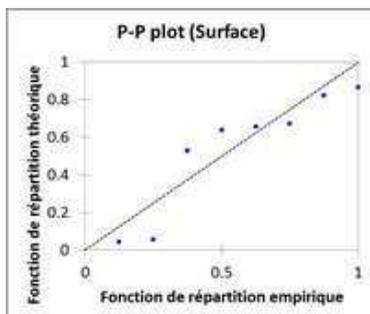


Figure 9 : Diagrammes probabilité-probabilité des mesures de sol de surface

Ces deux points appartiennent à une autre population de points que celle des six points hauts. En profondeur, le diagramme de dispersion indique que les points sont bien répartis autour de la moyenne (croix rouge, environ 21.5 mg/kg),.

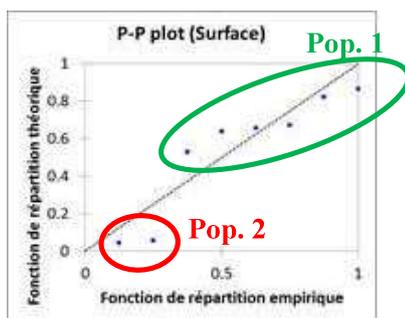


Figure 8 : Interprétation des diagrammes de probabilité-probabilité pour la surface et le ratio surface/profond

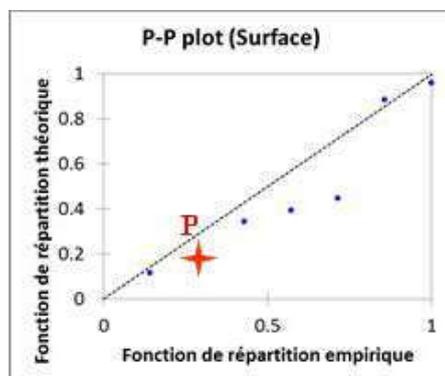
Ceci permet de justifier l'écartement des deux points bas de la population des concentrations de fond.

Il peut être utile de fournir d'autres éléments pour appuyer la justification de l'écartement des deux points bas. Ces éléments n'ont pas été fournis dans l'énoncé du problème, mais dans le cas présent, l'enquête terrain montre que ces deux points sont vraisemblablement des remblais (car on a trouvé des artefacts, des fragments de briques, dans l'horizon profond), et les résultats analytiques indiquent qu'ils ont un enrichissement en Pb en surface inférieur aux six autres sols avoisinants. Ces sols ont donc probablement été déposés postérieurement aux principales émissions de PAP qui ont affecté la région du sol P dans le passé.

## 2. La concentration en Pb mesurée sur le sol de la parcelle P peut-elle être considérée comme concentration de fond ?

Pour répondre à cette question, on réalise un diagramme de probabilité-probabilité avec les six valeurs de T que l'on a déterminé comme étant

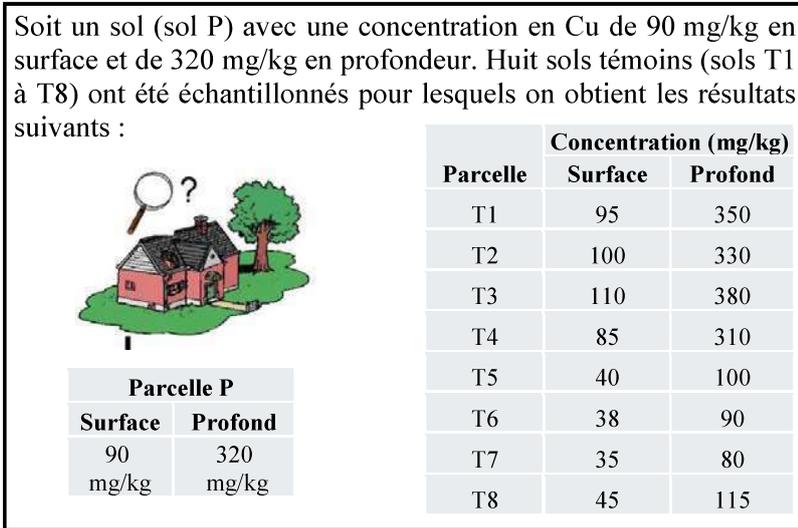
représentatives des concentrations de fond (Figure 11). On y reporte ensuite la valeur mesurée sur P (220 mg/kg) :



**Figure 11 : Diagramme de probabilité-probabilité des mesures de surface sur lequel la valeur mesurée sur P a été reportée. Seules les six valeurs qui ont été déterminées comme étant représentatives des concentrations de fond sont considérées sur ce diagramme.**

On observe ici que les sept points s'alignent raisonnablement bien dans l'axe de la droite bissectrice (en pointillé). La valeur mesurée sur P (220 mg/kg, croix rouge) peut donc bien être considérée comme appartenant à la population des concentrations de fond.

**Exemple 2 : Une concentration en Cu de 90 mg/kg sur un sol P. L'expert souhaite montrer que 90 mg/kg est une concentration de fond explicable par un contexte géologique particulier.**



**1. Quels sont les sols T représentatifs des concentrations de fond ?**

En surface et en profondeur, les diagrammes de dispersion (Figure 12) indiquent qu'il y a deux populations de valeurs : les points élevés, avec des concentrations supérieures à 80 mg/kg en surface et à 300 mg/kg en profondeur, et les points bas, avec des concentrations inférieures à 50 mg/kg en surface et inférieures à 120 mg/kg en profondeur.

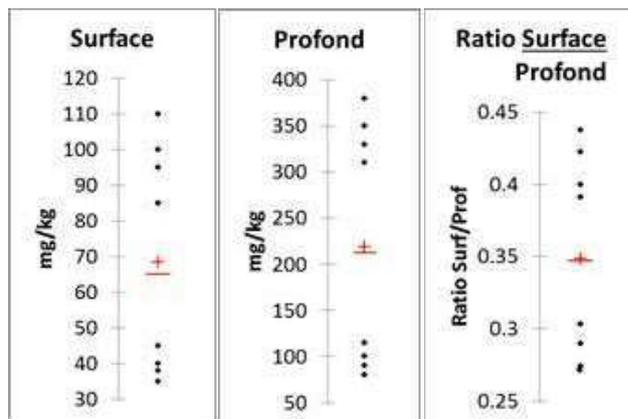


Figure 12 : Diagrammes de dispersion des mesures de sol de surface (Fig 12.1, à gauche), des mesures de sol profond (Fig 12.2, au centre) et des rapports surface/profond (Fig 12.3, à droite).

Ces deux populations sont aussi particulièrement bien discriminées à l'aide des P-P plot (Figure 13). On observe en effet que chacun des deux groupes de points s'alignent sur une droite qui lui est propre.

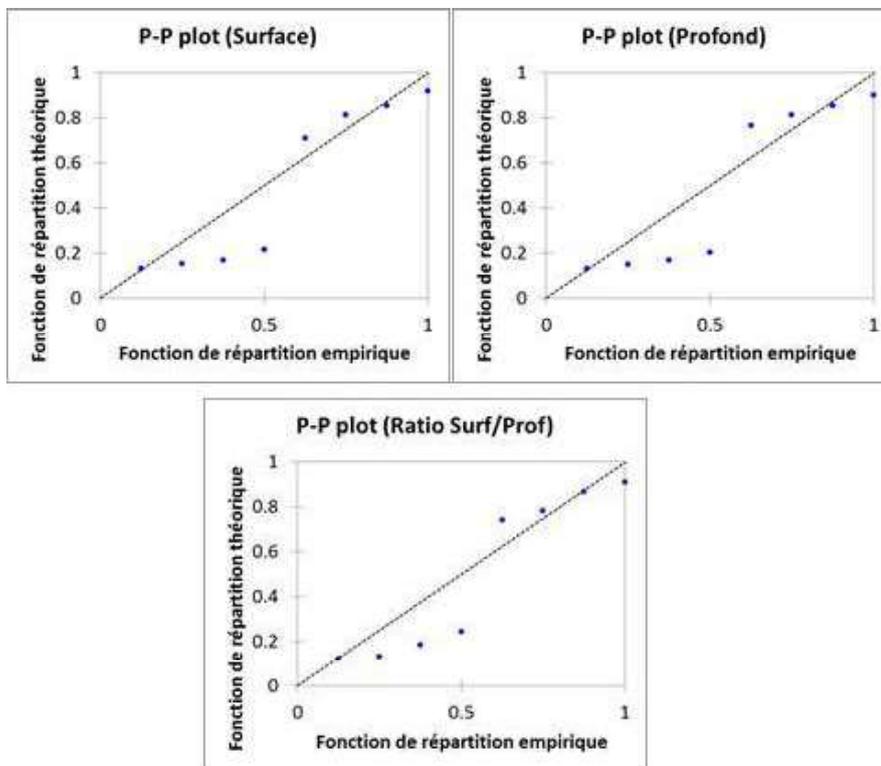


Figure 13 : Diagrammes de dispersion des mesures de sol de surface (Fig 13.1, à gauche), des mesures de sol profond (Fig 13.2, au centre) et des rapports surface/profond (Fig 13.3, à droite).

Il est ici particulièrement utile de reporter sur le plan de situation les résultats de l'échantillonnage en surface :

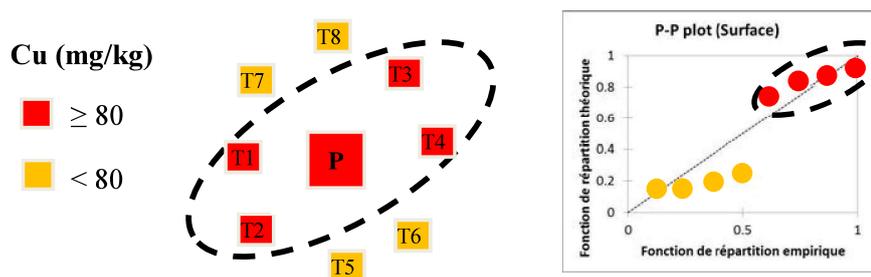


Figure 14 : Plan des situations des sols échantillonnés et P-P plot correspondant. Des couleurs différentes ont été attribuées aux points selon que les mesures en surface sont inférieures ou supérieures à 80 mg/kg.

La recherche d'informations sur l'environnement géologique du sol P indique qu'il est vraisemblable qu'un gîte métallifère soit présent en profondeur sous forme d'un filon disposé suivant un axe SO-NE, susceptible d'engendrer une anomalie géochimique dans les sols adjacents.

Les valeurs plus élevées (T1, T2, T3, T4) correspondent au cœur de l'anomalie géochimique, avec un rapport de concentration surface/profond de l'ordre de 0.3 (diagramme de dispersion, voir Figure 12), tandis que les valeurs plus faibles (T5, T6, T7, T8) correspondent à des sols moins influencés par cette anomalie géochimique, avec un rapport de concentration surface/profond de l'ordre de 0.4. Le sol P est situé au cœur de la zone supposée d'anomalie géochimique, et présente un rapport de concentration surface/profond de 0.28, soit comparable à celui observé dans la population de valeurs hautes (T1, T2, T3, T4). La population de sols T représentatifs des concentrations de fond de la parcelle P sont ici les quatre sols T présentant les valeurs en Cu les plus élevées (T1, T2, T3, T4).

## **2. La concentration en Cu mesurée sur P peut-elle être considérée comme concentration de fond ?**

Dans le cas présent, nous avons trop peu de points pour réaliser une interprétation graphique permettant de répondre à la question. Cependant, les quatre sols T représentatifs des concentrations de fond (T1, T2, T3, T4) ont des teneurs en Cu allant de 85 à 110 mg/kg. La valeur mesurée sur P, 90 mg/kg, est comprise dans cette gamme de concentrations. On peut donc conclure que la concentration en Cu de P peut être considérée comme une valeur relevant de la concentration de fond.

La population des points T5, T6, T7 et T8, bien qu'ayant des teneurs plus basses que les points T1, T2, T3 et T4, a néanmoins un rapport de concentration surface/profond de l'ordre de 0.4, ce qui traduit le fait que, pour ces points, les valeurs en profondeur sont beaucoup plus élevées qu'en surface. Si P ne s'était pas trouvé géométriquement au centre de l'anomalie, mais en bordure de celle-ci (par exemple, entre les points T7 et T8), c'est la population de sols T5, T6, T7 et T8 qui aurait été représentative des concentrations de fond pour la parcelle P.