

par Bernard Beauzamy et Gottfried Berton,  
Société de Calcul Mathématique SA

septembre 2016

## Résumé

Dans le domaine de l'environnement, le credo depuis ces trente dernières années est simple : toute modification de l'environnement par l'homme, du fait de ses activités, de ses transports, de son existence même, est par principe suspecte. On incrimine directement les activités industrielles au moyen de normes, de directives, de règlements ; généralement au mépris des lois fondamentales de la Nature et des faits (facteurs extérieurs, situation antérieure, etc.). Le tout est appuyé par des études prétendument scientifiques, et par un consensus dépourvu de fondement juridique.

Les décisions politiques récentes contreviennent souvent aux principes fondamentaux du droit. Le droit d'installation dont il est souvent question est juridiquement absurde. Lorsqu'une nouvelle activité souhaite s'implanter, elle doit le faire en un endroit approprié : si la Nature a mis du plomb quelque part, il ne faut pas vouloir y mettre une école. Il est également juridiquement absurde que de nouvelles normes remettent sans cesse en question l'autorisation d'exploitation. De nouveaux faits pourraient faire modifier la durée du droit d'exploitation, et non de nouvelles méthodes de calcul.

Le récent projet du Ministère de l'Environnement concernant la gestion des sites et sols pollués est un exemple d'une approche qui se veut scientifique, mais en ignore les principes de base. Il voudrait définir convenablement ce qu'est une pollution, comment la détecter, comment la mesurer, comment y remédier lorsqu'elle a eu lieu et comment l'empêcher avant qu'elle se produise. Malheureusement, le document comporte de nombreux biais méthodologiques et des erreurs de raisonnement flagrantes. Le recours aux outils mathématiques n'est pas satisfaisant. Ce document est en réalité la traduction d'une idéologie sous une forme normative.

Mots-clés : pollution, Ministère de l'Environnement, sites et sols pollués, politique nationale.

## **Abstract**

During the past 30 years, for all questions related to the environment, the credo is simple: any modification of the environment by the human race, because of its activities, its transportations, its very existence, should be regarded as suspicious. Industrial activities are directly charged, using a large amount of norms and rules, generally regardless of the fundamental laws of Nature and of any existing facts (external factors, prior situations, etc.). The whole approach is supported by supposedly scientific studies, and by a consensus, which has no legal basis.

Many recent political decisions infringe main fundamental principles of the law. The installation right that is often mentioned is legally absurd. When a new activity seeks to establish itself somewhere, it must do so in an appropriate place: if Nature has put a large quantity of lead somewhere, one should not put a school at that place. It is also absurd that new norms constantly question the right of exploitation which was given to the Industry. New fact, new observations may change the duration of this right, but not new methods of computation, based upon the same data as before.

The recent project of the French Ministry of Environment, for the management of polluted soils, is a good example of an approach that wants to be scientific, but ignores the fundamental principles. It aims at setting a national policy: a regulation that would define properly what is a contamination is, how to measure it, to fix it, to detect it, etc. Unfortunately, the document contains a lot of methodological errors. The use of mathematical tools is not satisfactory. This document is only the translation of an ideology under a normative form.

Keywords: pollution, soil pollution management, national policy, Ministry of Environment.

# Introduction

Depuis une trentaine d'années, pour toutes les questions touchant à l'environnement (pollution des sols, de l'eau, de l'air, etc.), on voit apparaître quantité de normes, de directives, de règlements, appuyés par des études qui se veulent scientifiques, mais qui pourtant ignorent les lois fondamentales de la Nature.

Rien de bon ne peut en résulter : les lois de la Nature existent, quel que soit le consensus social pour les ignorer, et le mathématicien est précisément là pour les présenter.

Dans un premier temps, nous passons en revue les principes généraux sur lesquels ces règlements s'appuient ; nous faisons ensuite la critique d'un projet spécifique (pollution des sols), pour bien montrer les erreurs commises dans une approche qui se veut scientifique.

## 1. Principes scientifiques généraux

### 1.1 *La pureté par principe*

Le principe de base sur lequel s'appuient les décisions est simple : plus l'atmosphère est pure, mieux cela vaut ; plus les sols sont purs, mieux cela vaut. Le contraire de "pureté" est "pollution", mot qui revient souvent, mais n'est jamais défini.

Or, sur le plan scientifique, ce principe de base est radicalement faux, même s'il est communément accepté. En effet :

- L'homme ne peut absolument pas vivre dans une atmosphère pure ;
- Il possède des défenses naturelles qui lui permettent de se défendre contre les "agressions" externes, de toute nature. S'il vit dans une atmosphère contrôlée, ces défenses perdent de leur efficacité ;
- La Nature ne réalise en aucun endroit une atmosphère pure ; il y a de très grandes variations de la composition de l'air, d'un lieu à l'autre, d'un jour à l'autre.

Il en va exactement de même pour les sols :

- L'homme a besoin, pour son métabolisme, d'un certain nombre de produits (par exemple des métaux rares) qui ne se trouvent pas en environnement purifié ;
- La Nature réalise de manière tout à fait normale et habituelle des accumulations locales de produits qui sont toxiques pour l'homme (par exemple le plomb, le cadmium).

L'idéologie selon laquelle plus le milieu est pur, mieux cela vaut pour tout le monde est donc fondamentalement incorrecte. La Nature n'a jamais prévu un "milieu pur" ; elle réalise au contraire toute sorte de variantes et l'homme a été conçu pour s'y adapter.

### 1.2 *Les normes*

Les décisions politiques sont prises sous forme de "normes" (ou seuils) fixées sur différents produits ; par exemple une quantité maximale de 50 mg/l pour les nitrates dans l'eau. Cette

norme est absurde parce qu'elle repose à l'origine sur une erreur de diagnostic ; elle est maintenant incontestable parce qu'elle émane de l'OMS, puis de la Commission Européenne, et qu'elle a été inscrite dans le droit des Etats membres.

Sur toutes ces questions relatives aux normes spécifiques à chaque produit, les industriels ont fait preuve d'un désintérêt qui a permis à Bruxelles, puis au gouvernement français, d'imposer leurs directives. La population est maintenant convaincue, prisonnière de slogans comme le principe du "pollueur-payeur", qui n'ont en fait aucun sens : nous le verrons plus loin.

Il est très facile de réglementer à propos des normes à appliquer à tel ou tel produit : il suffit d'une ou deux études, sérieuses ou non, montrant que le produit peut être toxique ; une fois la norme définie, elle devient très difficile à contester. Aucune analyse coût/bénéfice n'est jamais réalisée ; on retire un produit, présenté comme dangereux, sans savoir au juste ce que l'on mettra à la place. Le cas du DDT en fournit un bien triste exemple.

### *1.3 L'épidémiologie*

La question se présente sous une forme en apparence simple : y a-t-il altération de la santé des populations, pour telle ou telle cause, au voisinage de telle ou telle installation ?

Sur ces questions, nous avons travaillé pour Aéroports de Paris (ADP) et pour le Réseau de Transport d'Electricité (RTE) : nuisances que les installations peuvent causer aux riverains. Dans tous les cas, l'approche pour incriminer l'industriel est la même : on se retrouve avec une quantité d'études "pseudo-scientifiques" qui établissent la réalité d'un phénomène (par exemple un surcroît de leucémies infantiles au voisinage des lignes HT) ; ces études sont très faciles à critiquer en ce sens qu'elles recèlent des erreurs de raisonnement flagrantes. Mais, sur la quantité d'études qui paraissent, la presse reprend toujours celles qui sont défavorables aux industriels et ne mentionne jamais les réfutations.

Là encore, le problème n'a pas été correctement posé : quelle est la variabilité naturelle de la leucémie infantile, d'un département à l'autre, d'une année à l'autre, indépendamment des lignes HT ? Personne ne le sait, et la question n'a jamais été posée. On a cherché directement à incriminer les industriels.

De manière générale, on reproche aux industriels d'attenter à la santé publique : le diesel, ou bien les smartphones, seraient mauvais pour la santé. Quantité d'études vont montrer que telle concentration en particules est nocive, ou bien telle intensité de champ électromagnétique. Mais, dans la pratique, il n'y a pas plus de décès par cancers dans les pays qui ont un parc de diesel important, ni depuis que le téléphone portable existe. Cet argument de nature épidémiologique s'oppose donc aux arguments de nature normative.

Dans le travail que nous avons mené pour RTE, les riverains incriminaient le champ électromagnétique produit par les lignes, à des distances où ce champ est insignifiant. Il y a des situations aussi où les riverains se plaignent d'antennes relais, alors que celles-ci ne fonctionnent pas !

Pour réaliser un travail scientifiquement convenable, il faut :

- Réclamer que soit correctement prise en compte la variabilité naturelle des phénomènes ;
- Faire procéder, de manière systématique, à une étude épidémiologique des populations voisines des installations.

Concrètement, les industriels de toute nature auraient intérêt à s'associer et à mener des études épidémiologiques qui seraient publiées : de quoi meurt-on au voisinage d'un aéroport, d'une ligne HT, d'une centrale nucléaire, d'une raffinerie ? Ces études pourraient couvrir des installations sur plusieurs continents : les comparaisons sont pertinentes. Elles auraient pour effet de rassurer la population.

De telles études existent en grand nombre (nous avons suivi partiellement celle concernant l'installation nucléaire de La Hague) et les épidémiologistes s'arrangent toujours pour trouver quelque chose. On nous demande ensuite d'intervenir pour critiquer le résultat (ce qui est facile), mais jamais pour définir convenablement les contours de ce que devrait être une étude scientifiquement acceptable.

En 2015, l'IRSN nous a sollicités pour participer à une étude "Définition des priorités pour la prévention du cancer en France métropolitaine : la fraction de cancers attribuables aux modes de vie et aux facteurs environnementaux". Notre recommandation a été :

- Prendre en compte les études antérieures, qui ont conclu que la fraction des cancers attribuable à l'environnement est faible ;
- Etre très vigilant quant au recueil d'information relativement aux expositions. Comment, par exemple, l'exposition aux gaz d'échappement des moteurs diesel est-elle mesurée ?
- Disposer de faits, d'observations, de mesures.

Il est clair pour nous qu'une telle étude ne devrait pas être lancée et qu'elle ne peut rien donner. Il faut ici réclamer le retour à une approche purement scientifique, fondée sur des faits, des données, des observations, et éliminant par principe toute théorie non validée et tout modèle.

## 2. Principes juridiques

Très souvent, les décisions des politiques, appuyées sur un consensus et étayées par diverses études scientifiques, contreviennent à plusieurs principes fondamentaux du droit.

### 2.1 *La charge de la preuve*

Si un meurtre est commis, qu'un couteau est retrouvé sur les lieux du crime, l'accusation devra apporter la preuve que l'accusé l'y a apporté et qu'il n'était pas là auparavant. Dans toutes les affaires liées à l'environnement, aucune preuve n'est nécessaire : on applique un principe "pollueur-payeur" dépourvu de fondements juridiques. Personne ne se soucie de regarder la situation antérieure : si du cadmium est présent, ce peut être tout simplement la Nature qui l'y a mis, ou bien une activité plus ancienne.

## *2.2 Autorisation d'exploitation*

Prenons une installation industrielle quelconque : aéroports, lignes HT, centrale nucléaire, raffinerie. Elle a reçu de l'Etat une autorisation d'installation et de fonctionnement. Ce fonctionnement a été défini et il est surveillé ; bien souvent, des périmètres de sécurité entourent l'installation et interdisent l'implantation d'habitations à proximité.

Dans ces conditions, l'exploitant n'a pas à être taxé davantage pour l'exercice d'une activité qui correspond à une nécessité publique, pour laquelle il a été autorisé et pour laquelle il paye déjà des impôts et taxes divers.

Prenons pour simplifier le seul cas d'un aéroport : les riverains se plaignent des nuisances. Mais en général l'aéroport était là avant eux. Ils se sont installés à proximité parce que le prix du terrain est bas (souvent en violation d'interdictions) ; ils se constituent ensuite en associations qui cherchent à faire partir l'aéroport, ou du moins à en limiter l'activité. On mentionne souvent les associations de riverains comme interlocuteurs nécessaires ; en réalité, du point de vue du droit, ces associations n'ont aucune légitimité.

Chaque activité aurait le droit de s'installer n'importe où, et si une "pollution" antérieure gêne cette installation, cette pollution doit être retirée, aux frais de celui qui l'a créée. Une telle attitude est absurde, juridiquement parlant. Il est absurde de vouloir installer une école à proximité d'une mine de plomb et on ne peut assigner la Nature parce qu'elle a mis du plomb un peu partout. Il est également absurde de vouloir installer une école sous une ligne HT, champ électromagnétique ou pas. Il n'existe, juridiquement parlant, aucun "droit d'installation" où que ce soit. Le responsable de chaque activité (une école, une crêperie, etc.) doit trouver un site qui convient à cette activité, compte-tenu éventuellement des "servitudes" qui peuvent exister, soit du fait de la Nature (zone inondable, zone sismique, mines, etc.), soit du fait d'activités humaines antérieures.

## *2.3 Sécuriser les contrats*

Prenons l'exemple d'une raffinerie, par exemple construite en l'an 2000 : elle a reçu une autorisation d'exploitation, moyennant un certain nombre de contraintes, en particulier de surveillance des rejets, des normes de sécurité, etc.

Cette autorisation d'exploitation doit avoir une valeur contractuelle ferme, beaucoup plus qu'aujourd'hui. On constate que les autorités remettent constamment en cause les normes environnementales, ce qui pose de gros problèmes aux industriels.

Prenons l'exemple des séismes : la carte de France de la sismologie a été revue récemment, en renforçant les niveaux de séisme à prendre en compte. Cette carte de France n'est pas correcte sur le plan scientifique (nous avons eu un contrat avec le CEA sur cette question) et les modifications tiennent à des changements dans les méthodes de calcul, et non à la prise en compte de nouveaux séismes. Nous avons suivi la même démarche en 2013, à propos des crues, dans un contrat que nous avons eu avec Vinci Construction Grands Projets (ligne TGV Tours-Bordeaux) : nous avons établi que les crues de référence à prendre en compte sur la Vienne et la Creuse n'étaient pas celles fixées par la DREAL.

En résumé, sur le plan juridique, l'industriel doit obtenir que le droit d'exploitation qui lui a été accordé soit valable sans modification pour une certaine durée ; qu'il ne soit modifié que si des faits nouveaux apparaissent et non des théories nouvelles. Un fait, c'est un séisme, une crue ; une théorie, c'est une méthode de calcul.

## *2.4 Notre recommandation*

Elle est extrêmement simple et se borne à une approche purement scientifique. Prenons l'exemple d'une raffinerie qui, par exemple, a fonctionné pendant quinze ans.

Dans un premier temps, supposons que la raffinerie n'ait pas existé, et faisons un bilan de tout ce que l'environnement n'aurait pas reçu (dans les sols, dans l'atmosphère, dans les eaux, etc.). Comparons ceci aux autres installations de même nature et à la variabilité naturelle. Faisons une étude épidémiologique : la population, au voisinage de cette raffinerie, a-t-elle eu plus de maladies, en quinze ans, que les populations voisines ? Nous aurons ce que l'on peut appeler le "passif" de la raffinerie.

Dans un deuxième temps, analysons ce que la raffinerie a apporté. Bien sûr, elle a créé des emplois, pendant quinze ans, et elle a fourni du fuel pour le chauffage, de l'essence pour les automobiles, qu'il aurait fallu sans cela importer. Calculons bien les coûts du chômage évité et les coûts des importations évitées : nous aurons les éléments à mettre à l'actif de la raffinerie.

La comparaison entre le passif et l'actif, si elle est menée de manière honnête, devrait suffire à convaincre la population la plus hostile.

## **3. Analyse critique d'une tentative de réglementation**

### *3.1 Présentation du document*

Nous analysons maintenant le document "Politique Nationale de Gestion des Sites et Sols Pollués" (version projet du 27 novembre 2015), du Ministère de l'Environnement. Le chapitre 7 porte sur les outils "mathématiques" utilisés pour délimiter, quantifier et localiser les pollutions.

Il voudrait définir une politique de gestion nationale : un ensemble de réglementations qui définiraient convenablement ce qu'est une pollution, comment la détecter, comment la mesurer, comment y remédier lorsqu'elle a eu lieu et comment l'empêcher avant qu'elle ne se produise. Pour cela, il prétend adopter une approche scientifique.

Malheureusement, le document comporte des erreurs de logique, de nombreux biais méthodologiques et des erreurs de raisonnement flagrantes : le recours aux outils mathématiques n'est pas satisfaisant. Le document ne respecte pas les règles de base d'une approche scientifique. Il présente en outre des incompatibilités avec les principes fondamentaux du droit.

Tel qu'il est, ce document est tout simplement inacceptable pour fonder une décision publique. En réalité, il n'est que la traduction d'une idéologie, sous une forme qui se voudrait normative.

L'idéologie sur laquelle se fonde ce document n'est pas seulement hostile à l'industrie ; elle est hostile à toute activité humaine. Elle sous-entend que toute modification de l'environnement (pris au sens large) par l'homme, du fait de ses activités, de ses transports, de son existence même, est par principe suspecte et doit être réprimée.

### *3.2 Principe général de la méthodologie*

La méthodologie repose sur la définition d'un seuil de coupure : toute parcelle de sol ayant une concentration supérieure à ce seuil doit être dépolluée. Trois méthodes sont proposées pour obtenir une représentation de la zone polluée et définir un seuil de dépollution :

- Analyser la distribution des données afin de définir des gammes de concentration et de déterminer l'importance de la pollution ;
- Construire des cartes de concentration, à partir des mesures effectuées sur le terrain à différentes profondeurs ;
- Utiliser des cartes pour dresser un bilan massique : pour chaque gamme de concentration, on détermine la masse de polluant et le volume de sol. Le seuil est alors défini de telle sorte que retirer 20% du volume de terre permet d'enlever 80% de la masse totale de pollution (principe dit "de Pareto").

Les trois méthodes proposées par le ministère sont censées converger vers une même représentation de la pollution, mais, en réalité, elles sont incohérentes.

### *3.3 Analyse critique des méthodes*

#### **3.3.1 Méthode 1 : déterminer la distribution des polluants**

La méthode consiste à tracer un graphique représentant la distribution des polluants :

- en abscisse, les teneurs en polluant ;
- en ordonnée, le pourcentage de mesures indiquant une teneur inférieure.

Ce graphique permet de déterminer des ruptures de pente, qui définissent des gammes de concentrations :



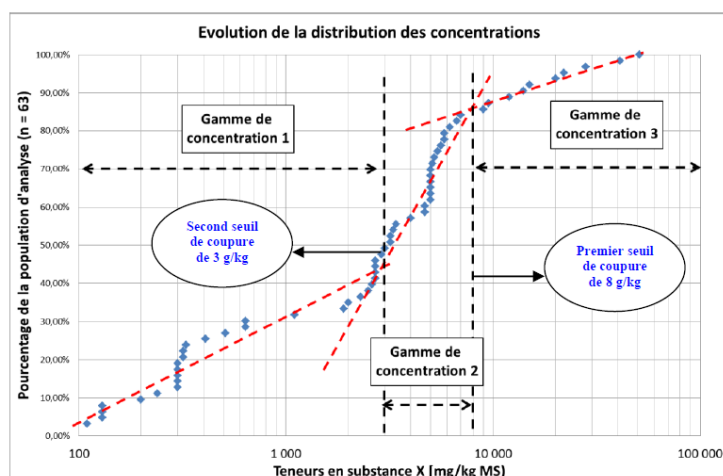


Figure 1 : ruptures de pentes sur la fonction de répartition

Une analyse consistant à dire que les sols dans la gamme de concentration 3 doivent être dépollués est fondamentalement incorrecte : la variabilité naturelle des polluants n'a pas été prise en compte ; il est très possible que des concentrations supérieures à 8 g/kg soient couramment observées dans la nature.

La méthode est également incorrecte pour la définition de plages de valeurs. Notre critique porte essentiellement sur le recours inapproprié à des "ruptures de pentes".

### Le tracé de ces ruptures est arbitraire

En modifiant légèrement les pentes, on peut obtenir des seuils très différents comme nous le montrons avec l'exemple suivant tiré de l'ancien site SUTE à Pont-à-Mousson [JT].

Sur le premier graphe ci-dessous, l'étude faite par le Ministère conclut à un seuil de 100 mg/kg, mais on peut tout aussi bien obtenir un seuil de 45 mg/kg en modifiant légèrement les pentes, comme illustré sur le second graphe.

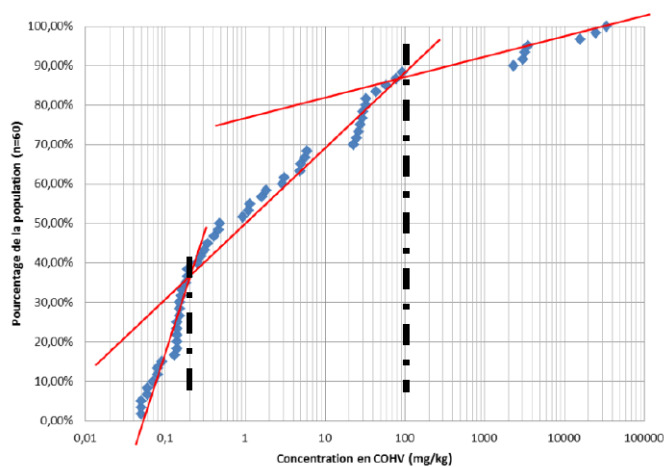


Figure 2 : seuil de coupure à 100 mg/kg

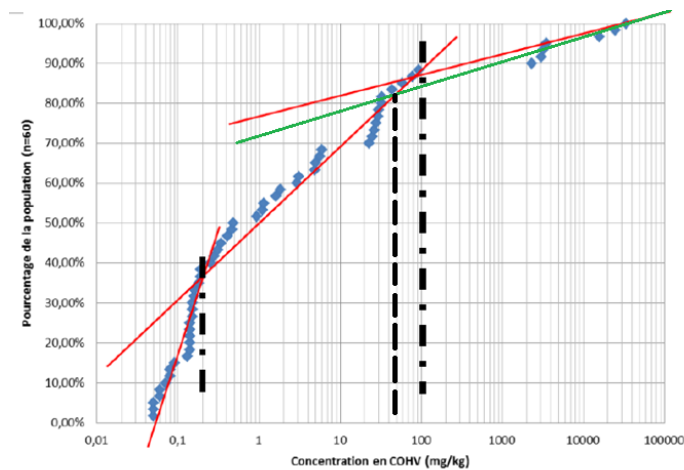


Figure 3 : pentes légèrement modifiées (en vert) pour obtenir un seuil de 45 mg/kg

Ici le graphique est représenté en échelle semi-logarithmique, mais en changeant cette échelle on obtiendrait encore des résultats différents.

### L'analyse est biaisée par la répartition des mesures

La fonction de répartition dépend de la disposition des sondages : s'ils sont localisés sur la zone polluée, il est clair que l'analyse ci-dessus ne permettra pas d'identifier la plage de valeurs correspondant à la variabilité naturelle sur le site.

En ajoutant des mesures en dehors de la zone fortement polluée, la forme de la fonction de répartition sera différente, et les seuils de coupure ne seront pas les mêmes, comme nous le montrons dans l'exemple suivant.

Pour les deux répartitions de capteurs suivantes, on obtient deux fonctions de répartition différentes, représentées en rouge et bleu :

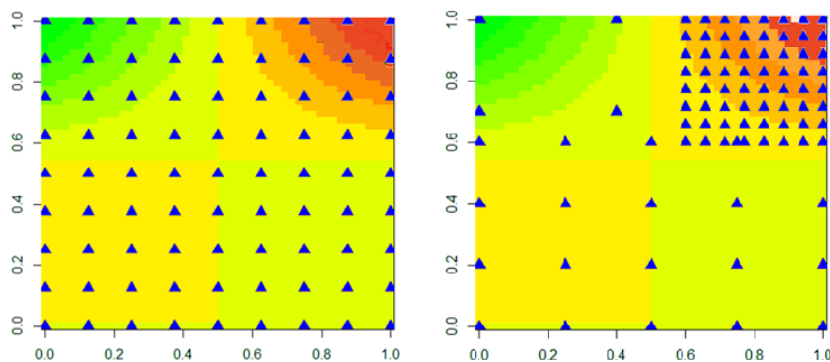


Figure 4 : répartition des capteurs. En vert les zones faiblement concentrées, en rouge les zones fortement concentrées.

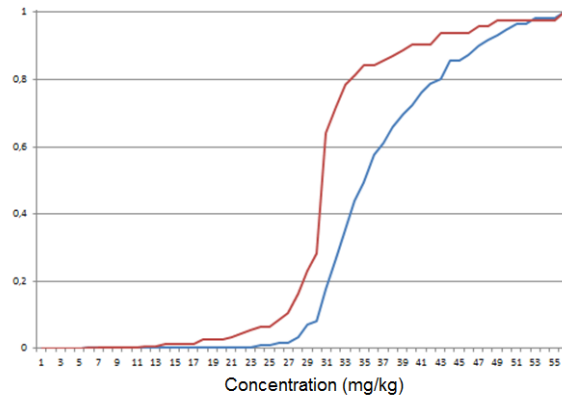


Figure 5 : fonction de répartition des mesures  
(en rouge la répartition uniforme des capteurs, en bleu la répartition sur la zone fortement concentrée)

Ces fonctions ont des formes différentes, et la rupture de pente présente sur la courbe rouge autour de 33 mg/kg disparaît sur la courbe bleue.

### Il n'y a pas toujours de "rupture de pente"

Il n'y a pas nécessairement de ruptures clairement définies, comme on le voit sur l'exemple suivant :

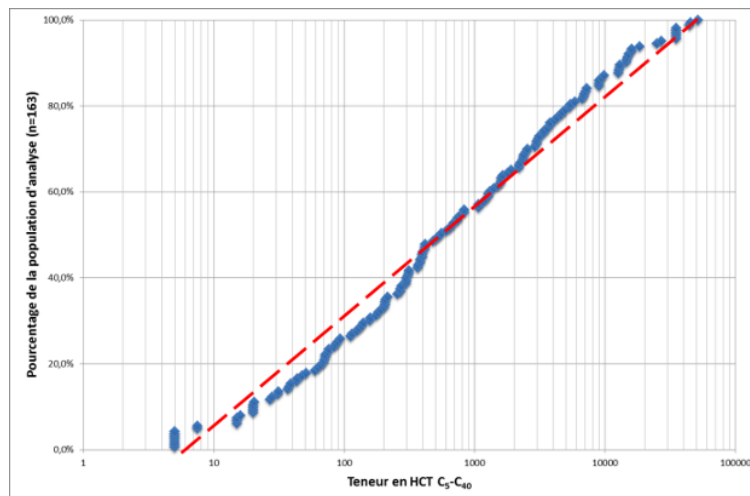


Figure 6 : fonction de répartition pour le site B, non saturé, 0 et 2 m de profondeur (source : BRGM)

Lorsqu'il y a quelques mesures de concentration très élevées par rapport aux autres mesures, la rupture est quasiment imperceptible sur la fonction de répartition, comme illustré ci-dessous :

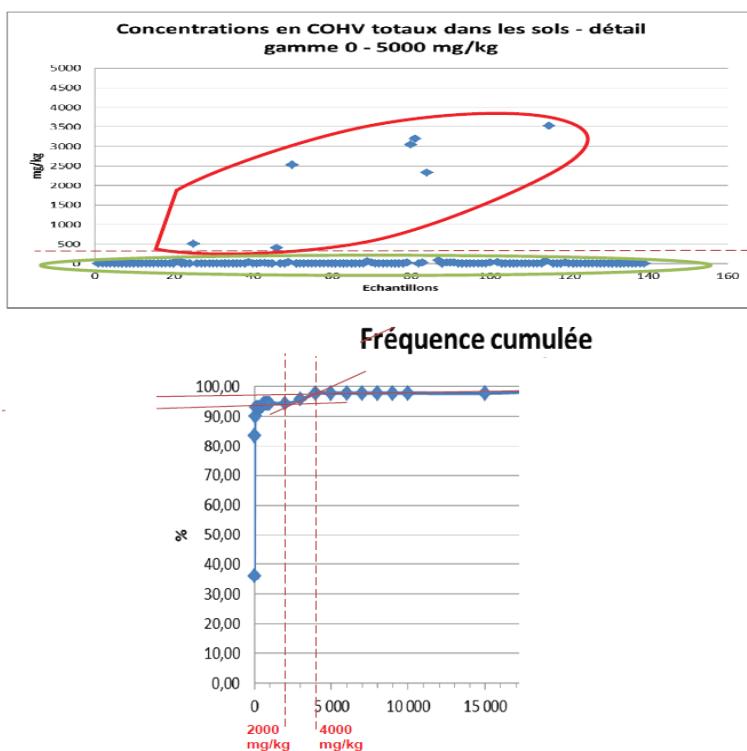


Figure 7 : fonction de répartition avec concentrations très élevées (source : BRGM)

### 3.3.2 Méthode 2 : cartes d'iso-concentrations

La deuxième méthode consiste à reconstruire la concentration en tout point à partir des mesures de la teneur en polluant. Le résultat est une carte d'iso-concentration comme ci-dessous :

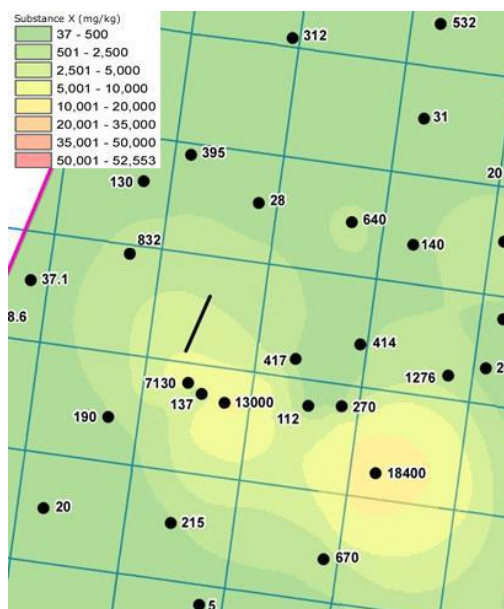


Figure 8 : carte d'iso-concentration tirée de l'exemple du DR

## Les cartes diffèrent selon la méthode d'interpolation

Ces cartes ne fournissent pas une représentation fiable de la réalité puisqu'elles diffèrent en fonction de la méthode employée pour construire la carte, comme on le voit ci-dessous. Les échelles de couleur sont identiques sur tous les graphiques.

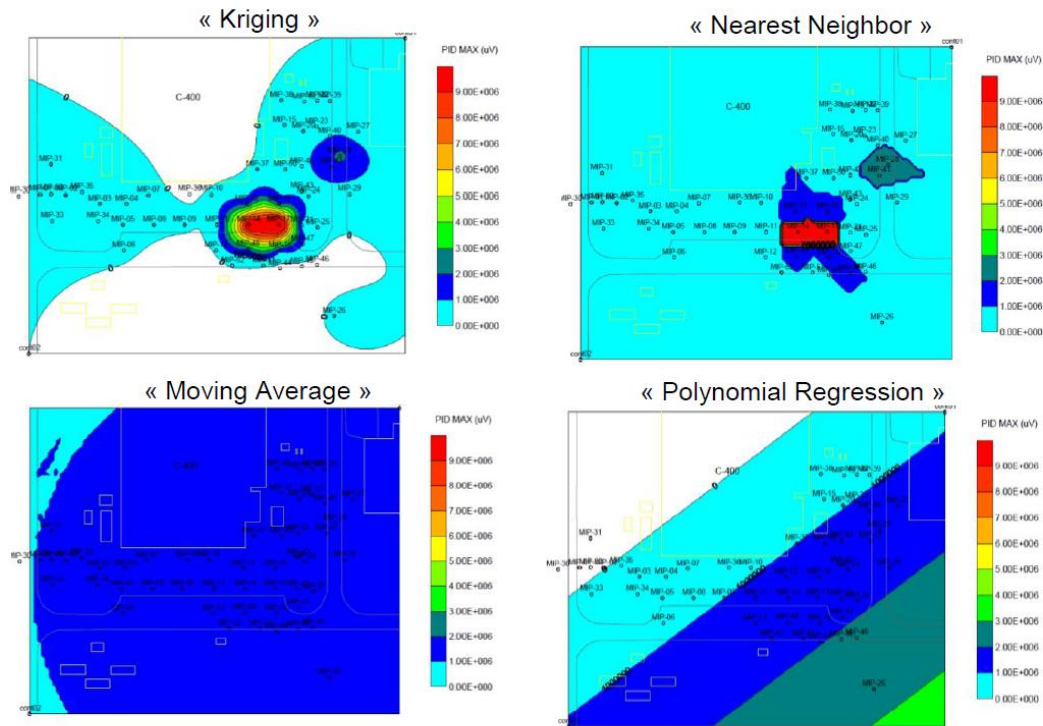


Figure 9 : cartes obtenues avec différentes techniques d'interpolation (source : BRGM)

La zone très concentrée (en rouge) a une taille très différente selon les techniques d'interpolation. Le volume de sol à dépolluer sera donc lui aussi très variable.

### Il n'y a pas toujours suffisamment de mesures

La teneur en polluant varie naturellement ; il peut y avoir des accumulations locales de polluant. Il faut donc disposer d'un nombre suffisant de prélèvements pour obtenir une carte représentative de la véritable pollution, ce qui n'est pas toujours le cas dans les exemples présentés dans le DR.

La concentration peut se présenter comme ci-dessous, avec des pics locaux de pollution dispersés aléatoirement (en violet) :

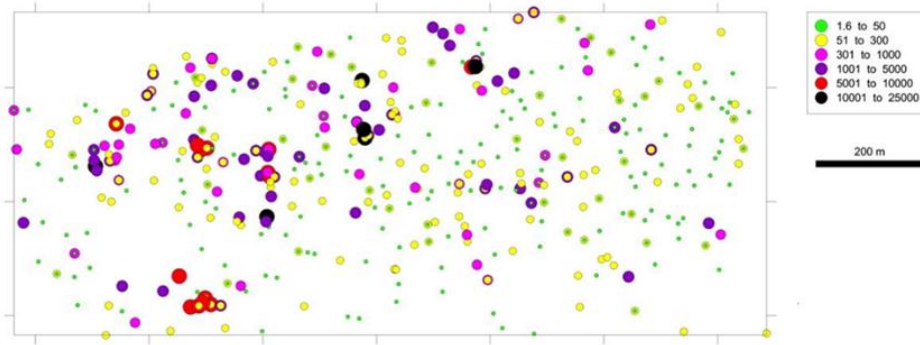


Figure 10 : concentration en plomb (mg/kg) dans des remblais (source : UDPS)

Dans l'exemple du DR, la densité faible des capteurs dans la zone présumée non polluée en vert foncé ci-dessous, ne sera pas nécessairement suffisante pour obtenir une représentation fiable de la pollution.

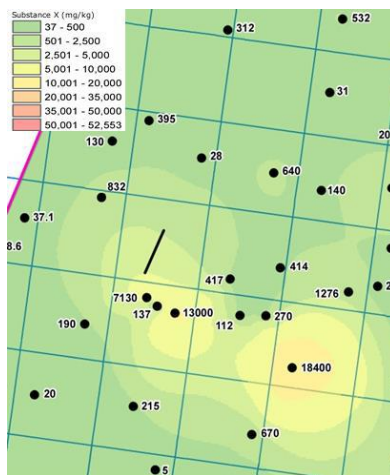


Figure 11 : carte d'iso-concentration tirée de l'exemple du DR

### Prise en compte des incertitudes

Le principe des cartes d'iso-concentration est discutable. Il y a en effet une incertitude sur la concentration, qui est différente en tout point : par exemple, dans les zones où il y a très peu de mesures, l'intervalle de confiance sera plus large. Il n'est donc pas pertinent de fixer des plages de valeurs a priori et d'espérer que l'intervalle de confiance du point correspondra à l'une de ces plages. On ne sait pas comment sont fixées ces plages ; ceci n'est précisé nulle part dans le DR.

Il serait préférable de déterminer un intervalle de confiance en tout point de la carte. Le bilan massique réalisé à partir de cette carte tiendrait lui aussi compte des incertitudes. La méthode du Krigeage, généralement utilisée dans ces études, n'est cependant pas très adaptée pour renvoyer une incertitude ; nous avons travaillé sur ces questions dans le cadre d'un contrat avec l'IRSN.

Le Krigeage comporte également d'autres faiblesses :

Il fait de nombreuses hypothèses de modèle ; il suppose que la variabilité de la teneur en polluant est constante sur le domaine, ce qui n'est pas vrai en général : il peut y avoir des endroits où la variabilité est forte, et d'autres endroits où la concentration est constante.

Le Krigeage nécessite un grand nombre de points (construction d'un modèle de la variabilité en fonction de la distance), ce dont on dispose rarement.

### 3.3.3 Méthode 3 : bilan massique

A partir des cartes d'iso-concentration, il est possible de calculer, pour chaque gamme de concentration, les volumes de terre, puis en multipliant par la concentration moyenne de la zone considérée, la masse de polluants. On détermine ensuite pour chacune, le pourcentage de volume de sol par rapport à la totalité de la zone étudiée, et le pourcentage de masse de polluants.

Le seuil de coupure théorique est calculé de sorte que pour chaque tranche de concentration au-dessus du seuil, le pourcentage de masse dépasse le pourcentage de volume. L'objectif est de retirer le maximum de la masse de polluant avec le moindre de volume de sol à traiter.

#### La méthode conduit à dépolluer un terrain non-pollué

Nous donnons ci-dessous un exemple de terrain non-pollué où l'application de la méthode conduirait à dépolluer une grande partie du site. Il s'agit d'une pollution au Cadmium. Cet exemple est une simplification de données réelles récoltées par l'INRA. La plage de concentration correspond à la variabilité naturelle du Cadmium dans les sols agricoles du sud de l'Yonne [INRA]. Il n'y a donc pas à dépolluer ce terrain en théorie.

La concentration en tout point du sol (inconnue) est représentée ci-dessous. Elle varie entre 0,05 mg/kg (en vert) et 0,55mg/kg (en rouge) :

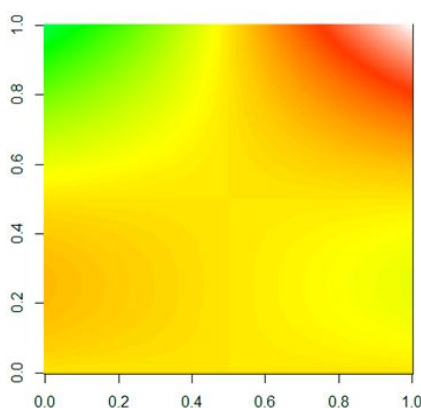


Figure 12 : représentation de la pollution

Nous discrétisons le domaine des valeurs de concentration en 7 plages et construisons la carte d'iso-concentration ci-dessous :

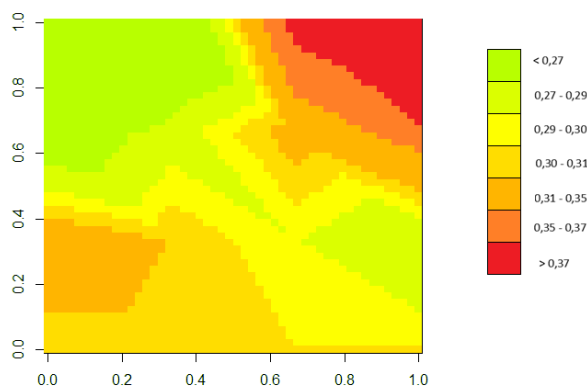


Figure 13 : carte d'iso-concentration

A partir de cette carte, on nous dressons le bilan massique et obtenons un seuil de coupure de 0,30 mg/kg par la méthode décrite plus haut.

Cela donne un volume de sol à dépolluer de 47%, pour retirer 53% de la masse de polluant. Ceci est absurde car :

- Le sol est sain ; il n'a donc pas besoin d'être dépollué à 47% ;
- Le coût d'une dépollution de 47% du sol est probablement disproportionné.

En définitive, en utilisant un tel seuil, il faudrait systématiquement démarrer un nouveau plan de gestion immédiatement après avoir terminé le premier.

Même si il n'y a pas de risque sanitaire, ni aucune pollution, il faudra tout de même dépolluer le site. Comme dit le DR : "même en l'absence de risque, il convient d'agir sur les sources de pollution et les pollutions concentrées suivant les modalités présentées aux § 7 et 8."

L'objectif recherché par le Ministère semble donc être une concentration uniforme et nulle, ce qui n'est ni souhaitable, ni réalisable.

### **Le principe de Pareto n'est pas universel**

Le seuil est défini pour respecter le principe de Pareto : enlever 20% du volume de terre permet d'enlever 80% de la masse totale de polluant.

Reprenons l'exemple du terrain pollué au Cadmium présenté ci-dessus, qui est une simplification de données réelles récoltées par l'INRA.

Quel que soit le seuil choisi, il ne respecte pas le principe de Pareto : il y aura soit un faible volume de sol à traiter pour une faible masse de polluant retirée, soit une forte masse de polluant retirée, au prix d'un grand volume de sol à traiter.

La méthodologie ne permet pas de définir la meilleure solution parmi ces deux options ; au contraire, elle tranche arbitrairement en disant qu'il faut enlever 43% du volume du sol pour retirer 53% de la masse de polluant. Mais on pourrait tout aussi bien dire que retirer 11.5% du volume du sol pour retirer 15% de la masse est préférable.



## Le seuil obtenu dépend de la zone étudiée

Comparons deux études différentes d'un même site pollué : une première centrée sur la zone fortement polluée (graphique de gauche ci-dessous) et une seconde pour laquelle on dispose de mesures sur une zone plus étendue (graphique de droite). La couleur orange indique une forte concentration.

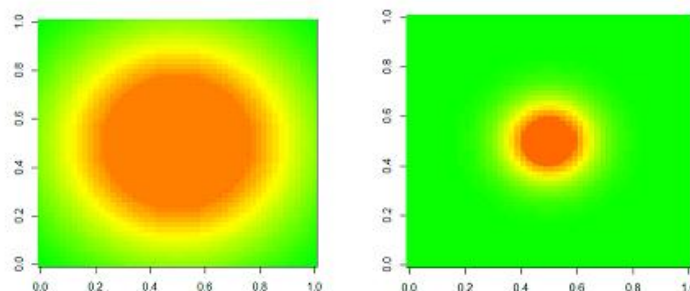


Figure 14 : étude centrée sur la pollution (à gauche), et étude sur une zone plus vaste (à droite)

En dressant le bilan massique, on obtient qu'à droite le pourcentage de masse dépasse le pourcentage de volume pour toutes les gammes au-dessus de 0,01 mg/kg. Pour l'intervalle 0 – 0.01 mg/kg, il y a 97% du volume pour 3% de la masse, pour  $[0.01, 0.2]$  8% de volume pour 17% de masse, pour  $[0.2, 0.4]$  2% de volume pour 19% de masse, etc. Le seuil obtenu est donc 0,01 mg/kg, ce qui est très faible. On devra dépolluer presque tout le site !

Le "seuil de coupure théorique" dépend donc de la taille de la zone d'étude et de son emplacement par rapport à la pollution. On peut donc faire dépolluer n'importe quel site en intégralité simplement en choisissant la zone d'étude qui convient.

## Références

[BRGM] Définir une stratégie de dépollution : Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution. Rapport final. BRGM/RP-64350-FR. Février 2016.

[DR] SITES ET SOLS POLLUÉS, "La politique nationale de gestion des sites et sols pollués", 27 novembre 2015, 112 pages.

Disponible sur :

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Version\\_projet\\_du\\_27\\_novembre\\_2015\\_pour\\_consultation.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Version_projet_du_27_novembre_2015_pour_consultation.pdf) (consulté le 25 mars 2016).

[UDPS] Travaux du GT Pollution Concentrée. UDPS. Décembre 2014.

[JT] [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/13\\_BILAN\\_MASSIQUE.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/13_BILAN_MASSIQUE.pdf) (consulté le 25 mars 2016). Journée technique d'information et de retour d'expérience de la gestion des sols pollués, 30 septembre 2015.

[INRA] BAIZE Denis, "Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et Zn) dans les sols agricoles en France", Chapitre 9 "Travail approfondi sur un département : l'Yonne" [en ligne], *INRA*, 26 janvier 2007, pages 68 à 72.

Disponible sur :

[http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/56610\\_etm\\_sol\\_chapitres\\_9-annexes.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/56610_etm_sol_chapitres_9-annexes.pdf) (consulté le 25 mars 2016).