



PRÉSUMPTION DE POLLUTION D'UN SOL DES CLÉS POUR COMPRENDRE ET AGIR



AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :



AVEC LA COOPÉRATION DE :

RÉDACTION ET SCHÉMAS, par ordre alphabétique :

Philippe BRANCHU (CEREMA)
Olivier DAMAS (Plante & Cité)
Francis DOUAY (ISA Yncréa Hauts-de-France)
Cécile GRAND (ADEME)
Franck MAROT (ADEME)
Christophe SCHWARTZ (Université de Lorraine-Inra)

COORDINATION :

Olivier DAMAS (Plante & Cité)

MAQUETTE ET RÉALISATION GRAPHIQUE :

Marguerite AIMÉ-SINTÈS

AVEC L'APPUI DU COMITÉ DE PILOTAGE, par ordre alphabétique :

Luc BOLEVY (Ville de Lyon, Responsable du pôle pollution à la Direction Centrale de l'Immobilier)

Ronald CHARVET (Ville de Paris, Responsable du pôle pollution des sols et installations classées à la Direction des espaces verts et de l'environnement)

Corinne HULOT (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Direction des risques chroniques)

Christophe JOVENEUX (Métropole Européenne de Lille, Chef de service adjoint Espaces naturels métropolitains)

Gil MELIN (ancien Président de la Fédération nationale des jardins familiaux et collectifs, et Maire adjoint de la Ville de Ris-Orangis, en charge de l'environnement, du développement durable et des énergies)

Jean-François NAU (EODD ingénieurs conseils, Directeur Métier, aménagement durable et études réglementaires)

François NOLD (Ville de Paris, Adjoint au Pôle Sol de la Division Expertises Sol Végétal)

Marie PIRE (paysagiste indépendante)

Sylvain RULLIER (Sol Paysage, Chef de projets et responsable production)

Pierre-Antoine THEVENIN (UNEP les entreprises du paysage, Conseiller technique)

MERCI AUX MEMBRES DU CONSEIL SCIENTIFIQUE DE PLANTE & CITÉ POUR LEUR RELECTURE, par ordre alphabétique :

Jean Louis MOREL (Professeur à l'Université de Lorraine, Laboratoire Sols et Environnement)

Romarc PERROCHEAU (Ville de Nantes, Directeur du Jardin botanique)

REMERCIEMENTS POUR LA RELECTURE EXPERTE DE LA PARTIE « CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE, JURIDIQUE ET RESPONSABILITÉS » :

Philippe BILLET (Université Lyon 3), Aurélie COCHET et Benoît MARY (service juridique de l'ADEME)

CETTE PUBLICATION A ÉTÉ ÉLABORÉE AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :



AVEC LA COOPÉRATION DE :



POUR CITER CETTE PUBLICATION :

DAMAS O., BRANCHU P., DOUAY F., SCHWARTZ C., GRAND C., MAROT F., 2018. Présomption de pollution d'un sol : des clés pour comprendre et agir. Plante & Cité, Angers, 36 p.

Toute reproduction ou utilisation même partielle de ce document, illustrations et schémas doivent obligatoirement s'accompagner d'une citation de la source.

Photos en couverture et 4^{ème} de couverture :

Jardin historique et de promenade en centre-ville © Plante & Cité – Olivier DAMAS 2016 ; Aménagement d'espaces extérieurs autour de nouveaux logements avec gestion alternative des eaux pluviales © Plante & Cité – Olivier DAMAS 2014 ; Jardins partagés au sein d'un nouvel écoquartier © Plante & Cité – Olivier DAMAS 2017

Photos des pages intercalaires :

Page 7 : la Citadelle de Vauban à Besançon, labellisée Ecojardin en 2013 © Urban & Sens / Hélène Lermy ; page 12 : Jardin partagé au cœur d'un habitat collectif © Plante & Cité – Olivier DAMAS 2014 ; page 32 : Promenade © Plante & Cité – Olivier DAMAS 2017

SOMMAIRE

SIGLES ET ABRÉVIATIONS	04
AVANT-PROPOS	05
INTRODUCTION	06
PARTIE 1 - LES FONDAMENTAUX	08
NOTIONS FONDAMENTALES SUR LES POLLUANTS, LES TRANSFERTS, L'EXPOSITION ET LE RISQUE	09
Sols et écosystèmes	09
Typologies et familles de polluants	09
Mobilité et transfert des polluants	10
De la pollution au risque potentiel	10
CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE, JURIDIQUE ET RESPONSABILITÉS	12
PARTIE 2 - LES ACTIONS ET LES MÉTHODES	14
UNE DÉMARCHE EN QUATRE ÉTAPES	15
LA PREMIÈRE ÉTAPE : L'ÉTUDE DOCUMENTAIRE	16
Historique du site	16
Connaissance des milieux	16
L'ESSENTIEL A SAVOIR SUR LA CONDUITE DES DIAGNOSTICS AVEC CAMPAGNES DE MESURES	20
L'échantillonnage	20
Les phases de diagnostic et compartiments diagnostiqués	21
L'ESSENTIEL A SAVOIR SUR L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	25
Les valeurs réglementaires prévalent lorsqu'elles existent	26
Hors valeurs réglementaires, l'interprétation passe par une comparaison à des valeurs de référence	26
Si la pollution est avérée, comment évaluer les risques avec des enjeux sanitaires	27
Si la pollution est avérée et comporte des enjeux environnementaux	27
AGIR EN CAS DE PRÉSUMPTION CONFIRMÉE - MESURES DE GESTION	28
Signaler le cas de pollution	28
Les principales mesures de gestion	28
Traiter la pollution	28
Limiter l'exposition à la pollution	29
Vérifier l'efficacité des mesures de gestion dans le temps	31
SE FAIRE ACCOMPAGNER DANS SA DÉMARCHE	32
BIBLIOGRAPHIE ET RESSOURCES	34

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie	LNE	Laboratoire national de métrologie et d'essais
ALUR (loi)	Loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové	MTES	Ministère de la transition écologique et solidaire
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	ONCFS	Office national de la chasse et de la faune sauvage
ARR	Analyse des risques résiduels	PCB	Polychlorobiphényles
ARS	Agence régionale de santé	PLU	Plan local d'urbanisme
ASPITET	Apport d'une stratification pédologique pour l'interprétation des teneurs en éléments traces (programme de recherche et base de données)	RMQS	Réseau de mesures de la qualité des sols
BAPPET	Base de données des teneurs en éléments traces métalliques de plantes potagères	SIG	Système d'information géographique
BAPPOP	Base de données sur la contamination des plantes potagères par les molécules organiques polluantes	SIS	Secteurs d'information sur les sols
BASIAS	Base de données des anciens sites industriels et activités de service	SSP	Sites et sols pollués
BASOL	Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif	UPDS	Union des professionnels de la dépollution des sites
BDETM	Base de données éléments traces métalliques	VAS	Valeur d'analyse de la situation
CIRE	Cellule interrégionale d'épidémiologie	VTR	Valeur toxicologique de référence
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement		
ELT	Environnement local témoin		
EQRS	Evaluation quantitative des risques sanitaires		
EPCI	Etablissement public de coopération intercommunale		
ETM	Élément trace métallique		
ERE	Evaluation des risques environnementaux		
FNJFC	Fédération nationale des jardins familiaux et collectifs		
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques		
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement		
IEM	Interprétation de l'état des milieux		
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière		
INDIQUASOL	Base de données indicateurs de la qualité des sols		
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques		
LMR	Limites maximales de résidus		

AVANT-PROPOS

Une très grande majorité de la population habite dans des aires urbaines dont les surfaces ne cessent de croître. Dans ces aires, les espaces verts publics ou privés, les jardins familiaux, les espaces de jeu, de sport ou de détente contribuent à la santé physique et mentale des populations.

La promotion et le développement d'une nature en ville tendent à répondre à ces besoins et se traduisent entre autres par le verdissement et le fleurissement de nos environnements urbains, mais aussi par l'apport de services tels que le maintien de la biodiversité, la gestion des eaux de pluie, l'atténuation des vagues de chaleur l'été, ou encore la production de denrées alimentaires (par exemple jardins potagers, fermes urbaines, ruchers, vergers), créant ou renforçant par la même occasion les liens entre individus et l'environnement.

Pour autant, l'intérêt de ces projets ne doit pas conduire à négliger la qualité des sols sur lesquels ils sont implantés, alors que des activités et usages antérieurs ont pu les dégrader. Même si une prise de conscience, de la nécessité de considérer les sols dans les stratégies d'aménagement, émerge ces dernières années, elle demeure limitée.

La démarche proposée ici s'appuie sur les travaux engagés depuis plus de vingt ans par les premiers intervenants à avoir travaillé sur ces sujets, confrontés de près à des problèmes de pollutions avérées et parfois très marquées. Ainsi, le guide de gestion des sites et sols pollués, qui vise en premier lieu les situations liées à des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), a constitué un support essentiel à l'élaboration du présent document. Pour autant, en dehors du contexte ICPE, la réglementation est peu fournie pour apporter une réponse à une présomption de pollution. L'objectif de ce document est de permettre à tout un chacun, préoccupé par une question de pollution de son environnement et en particulier de ses sols, de trouver un cheminement pour disposer d'éléments de réponse. Même si la préoccupation sanitaire constitue une ligne directrice, les enjeux liés aux écosystèmes sont également abordés au fil de la démarche proposée.

Les exemples qui accompagnent le texte viennent renforcer cet objectif. Pour autant, ce document reste technique et sa finalité n'est pas de rendre autonome un non spécialiste pour confirmer ou infirmer seul une présomption de pollution. Il vise plutôt à fournir les outils pour bien formaliser la question, identifier les interlocuteurs, solliciter une prestation et comprendre la réponse apportée. La rédaction du guide a exigé de la part des auteurs de réels efforts de vulgarisation qui ont conduit parfois à faire quelques entorses à la stricte rigueur scientifique dans la présentation d'un outil ou d'un concept. Le comité de pilotage mis en place, constitué de personnes aux compétences très complémentaires, a veillé à ce que le guide soit tout à la fois précis dans la démarche et facile à comprendre.

Cécile Grand et Franck Marot
ADEME

Direction Villes et Territoires Durables
Services Friches Urbaines et Sites Pollués

INTRODUCTION

Lors d'un projet d'aménagement, de changement d'usage, ou encore lors de la gestion ou de l'exploitation d'un espace public ou privé, il peut arriver qu'une présomption de pollution des sols (par des métaux, hydrocarbures, pesticides ou autres polluants) soit émise.

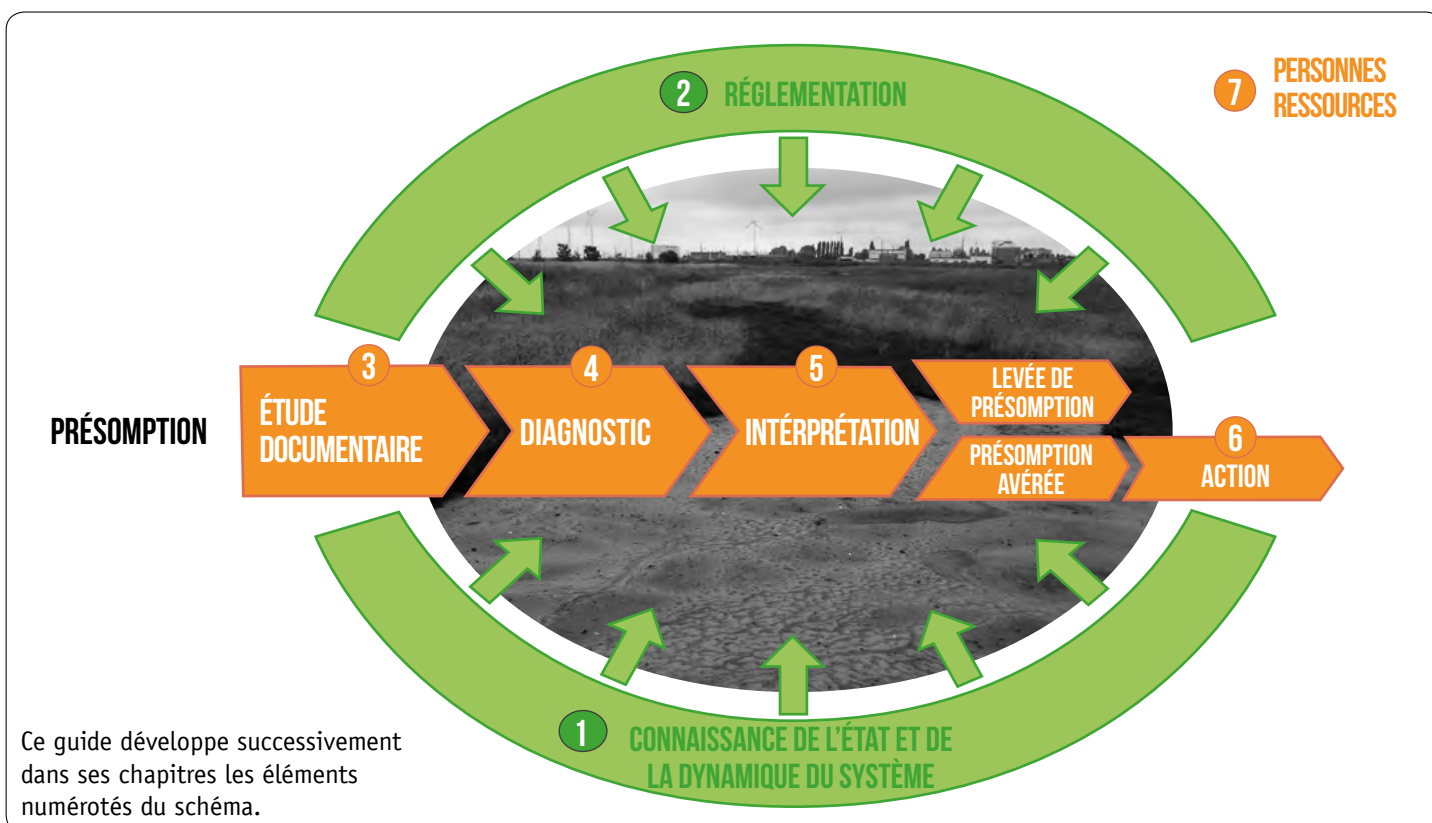
Dans la très grande majorité des cas, ce soupçon porte sur des sols non imperméabilisés, très souvent végétalisés, associés à un usage de promenade, de production végétale ornementale ou alimentaire (jardinage privé ou collectif, différentes formes d'agriculture urbaine, espaces verts et parcs). A noter qu'à l'exception des serres, le présent guide est focalisé sur les aménagements extérieurs et ne traite pas des espaces clos. Si la présomption porte sur l'impact d'une éventuelle pollution des sols, sur la qualité de l'air intérieur ou de l'eau de distribution d'un bâtiment, ce guide n'est pas suffisant car des aspects relevant de ces problématiques spécifiques ne sont pas abordés.

En outre, si la présomption de pollution porte sur un terrain relevant de la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), il convient de s'appuyer naturellement sur cette réglementation particulière et sur le guide dédié de gestion des sites et sols pollués élaboré par le ministère en charge de l'environnement.

Enfin, ce guide ne traite pas du cas particulier de la radioactivité.

Une présomption de pollution peut être basée sur un questionnement rationnel, associé à des éléments factuels (tels que l'historique du site, des témoignages, une découverte fortuite de déchets lors de travaux de terrassements, un apport de terre), ou sur des éléments moins rationnels (volonté d'être rassuré quant à la qualité d'un sol). Quelle que soit l'origine du questionnement sur le sujet complexe de la pollution des sols, il est légitime d'y apporter une réponse.

Les aménageurs, concepteurs, gestionnaires, décideurs et particuliers déclarent en effet très souvent se trouver démunis sur le sujet et ne pas disposer de connaissances suffisantes pour initier et structurer un chemin de réflexion et de décision face aux situations qu'ils rencontrent. La suspicion d'une pollution des sols engendre un questionnement sur un risque pour la santé humaine et/ou l'environnement. La réponse à apporter réside en premier lieu, dans la caractérisation des sols (j'analyse quoi ?) et en second lieu, dans l'interprétation des résultats (quels sont les enjeux ? quels sont les référentiels d'interprétation ?). L'approche d'évaluation des risques, qu'ils soient sanitaires ou environnementaux et faisant appel à des compétences spécifiques, dépend des enjeux identifiés et permet de juger de la compatibilité de la qualité d'un milieu avec son usage en fonction des référentiels d'interprétation utilisés.



> Cadre général de l'analyse d'une présomption de pollution des sols : du contexte à l'action (C. Schwartz)

Ce guide a une vocation pédagogique et d'accompagnement méthodologique. Il a pour objectif d'offrir au lecteur les bases de compréhension pour répondre à une suspicion de pollution des sols, voire la lever, pour structurer, prioriser et planifier son action dans le contexte des aménagements extérieurs. Il lui permet aussi d'identifier les assistances disponibles et de lui faciliter les échanges et la formulation d'une commande auprès des experts qu'il pourrait être amené à faire intervenir.

Le présent document s'adresse aux élus, maîtres d'ouvrages publics et privés (gestionnaires de patrimoine, bailleurs, aménageurs, particuliers), bureaux d'études techniques et de conseil (paysagistes concepteurs, gestionnaires de sites et sols pollués, architectes, urbanistes), entreprises (espaces verts, travaux publics), établissements de formation, étudiants, jardiniers en associations, fédérations et particuliers.

Vous reconnaissez-vous dans les exemples de cas suivants ?

Si une multitude de situations contrastées de présomption de pollution peuvent exister, cinq cas fictifs ont été sélectionnés pour faciliter l'appropriation par le lecteur des concepts avancés dans ce guide. Ces situations emblématiques constituent un fil rouge pour illustrer les différentes étapes décrites dans le guide.

1^{ère} situation : un particulier et son jardin individuel

Je m'appelle Didier. Je suis un particulier, propriétaire d'une maison individuelle dans un hameau en milieu rural. La cuve d'hydrocarbures située dans le jardin de mon voisin a fui. Il y a une forte odeur d'hydrocarbures dans mon propre jardin. Est-il possible que l'eau du puits situé dans mon jardin soit polluée, et que la consommation des légumes que je cultive soit mauvaise pour ma santé ?



2^{ème} situation : la présidente d'une association de jardins collectifs

Je suis Delphine, présidente d'une association de jardiniers. Nos jardins collectifs sont situés à 100 mètres de la rocade de contournement d'une métropole. Que risquent nos jardiniers et leurs familles à jardiner et consommer des légumes et fruits cultivés, en lien avec les retombées atmosphériques dues au trafic routier ? Des adaptations de pratiques et cultures sont-elles possibles si un risque potentiel est avéré ?



3^{ème} situation : le propriétaire d'une friche artisanale en reconversion en zone de production de biomasse industrielle

Je m'appelle Thomas. Je suis propriétaire d'une friche située en périphérie d'une ville, siège d'une ancienne activité artisanale (non classée ICPE) dont je n'étais pas l'exploitant. Je souhaite y développer une activité de production de biomasse à vocation non alimentaire (Miscanthus) pour la production d'énergie. L'histoire du site laisse penser qu'une contamination des sols est possible. Le projet est-il envisageable à la fois du point de vue de la contamination et de la fertilité des sols ? De plus, la biomasse produite sera-t-elle exempte de polluants ?



4^{ème} situation : une élue porteuse d'un projet de micro-ferme urbaine

Je suis Françoise, maire d'une ville de 70 000 habitants. En lieu et place d'une friche urbaine de 3 ha en cœur de ville (zone urbanisée depuis le 18^{ème} siècle), j'ai un projet de création d'un écoquartier, comprenant une micro-ferme urbaine. Sera-t-il possible de produire des légumes et des fruits directement sur les sols en place et de les commercialiser ?



5^{ème} situation : une directrice d'un service espaces verts gestionnaire d'un parc de promenade en centre-ville

Je m'appelle Sylvie. Je suis directrice des espaces verts. Dans un parc historique voué à la promenade, créé il y a 150 ans au cœur de la ville, comment m'assurer que la fréquentation du public (adultes et enfants), la présence de jardiniers qui y travaillent ou encore d'animaux qui y vivent (cygnes, canards, daims) est compatible avec la qualité des sols ?





PARTIE 1 - LES FONDAMENTAUX

NOTIONS FONDAMENTALES SUR LES POLLUANTS, LES TRANSFERTS, L'EXPOSITION ET LE RISQUE

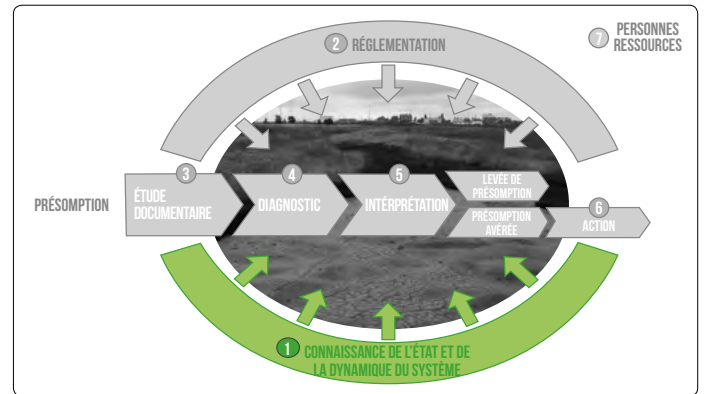
SOLS ET ÉCOSYSTÈMES

Ce guide propose de présenter et d'appréhender la question de la pollution des sols de la manière la plus globale et intégrée. Le périmètre est celui de l'environnement et de l'écosystème.

D'un point de vue écologique, un écosystème est une unité de base de la nature composée d'organismes vivants, la biocénose, et de leur environnement global, le biotope. Ce dernier, dans le cas d'un écosystème terrestre, est constitué par des roches, des sols, de l'eau et des conditions climatiques.

Les différents compartiments des écosystèmes sont le siège de flux d'énergie et de matière indispensables à la vie. Le compartiment Sol fournit ainsi des habitats, agit comme accumulateur, réacteur et milieu de transfert pour l'eau et les autres éléments apportés. A titre d'exemple, il fournit les éléments nécessaires au développement des micro-organismes, des végétaux et des animaux. Les écosystèmes sont complexes, et les interrelations en son sein aboutissent à un fonctionnement équilibré et un état de relative stabilité. Ils sont cependant vulnérables et menacés par les activités humaines. Il en est de même pour le compartiment Sol des écosystèmes. Les sols sont classiquement décrits comme étant l'épiderme de la Terre ayant le potentiel d'être support de végétation et de vie. On parle aussi de milieux évoluant sous l'influence de facteurs climatiques et biologiques aux dépens d'un matériau minéral pour aboutir à un état d'équilibre stable avec la végétation naturelle. Les sols où l'Homme est présent, et tout particulièrement dans les villes, sont au cœur d'enjeux sanitaires, environnementaux, fonciers et économiques majeurs.

Le concept récent de services écosystémiques est proposé comme un point de convergence et un élément de langage commun, compréhensible et appropriable par l'ensemble des acteurs concernés et impliqués par la gestion des territoires. Les services apportés à l'Homme par les sols sont par exemple l'approvisionnement en biomasse alimentaire, la régulation du climat (pluies, inondations, stockage de carbone), la production d'eau potable ou encore la genèse de paysages et les aménités qu'ils procurent. Le niveau attendu de ces services renvoie à un besoin de qualité des sols en matière de fertilité et/ ou d'innocuité vis-à-vis de l'Homme et des écosystèmes. La qualité d'un sol peut alors être décrite en se basant sur une caractérisation de sa fertilité et de son niveau de contamination. Si des plantes ne se développent pas de façon optimale sur un sol, ceci est en effet potentiellement imputable à un



déficit de fertilité physique ou chimique comme à la toxicité engendrée par la présence de polluants. L'état du sol doit alors être caractérisé afin d'établir un diagnostic qui viendra orienter d'éventuelles mesures de gestion.

TYPLOGIES ET FAMILLES DE POLLUANTS

Depuis la révolution industrielle, les activités humaines ont introduit dans les différents compartiments de l'environnement (eau, air, sol) une multitude de substances plus ou moins toxiques. Celles-ci peuvent être réparties en deux grandes familles, les minéraux (avec tout particulièrement les éléments traces métalliques, encore communément appelés métaux lourds, tels que cadmium, cuivre, plomb, zinc) et les organiques (tels que hydrocarbures, composés halogénés, dioxines, herbicides, insecticides).

Les polluants minéraux

Les polluants minéraux présentent la caractéristique d'être présents naturellement à des concentrations généralement faibles dans l'écorce terrestre et les sols. A noter que dans certains contextes géologiques, les concentrations peuvent être naturellement élevées, les secteurs d'exploitation minière étant les plus marqués. Ils sont souvent associés à d'autres constituants du sol et peuvent ainsi être présents sous différentes formes chimiques. Ils ne sont pas dégradables au cours du temps. Les activités humaines ont conduit à les extraire et à les concentrer pour répondre à différents usages. Certains de ces éléments jouent un rôle essentiel dans la nutrition des végétaux comme oligo-éléments (par exemple cuivre, zinc) alors que d'autres non (par exemple cadmium, plomb). Tous ces éléments métalliques sont toxiques au-delà de certaines concentrations (variables selon la cible considérée et leurs formes chimiques).

Les polluants organiques

Dans le cas des polluants organiques, leur origine est principalement associée aux activités humaines (certaines molécules sont des produits de synthèses issus de la chimie et n'existent pas dans la nature). Contrairement aux éléments métalliques, les substances organiques peuvent dans certains cas se dégrader dans le sol en lien avec les activités des micro-organismes. Cette dégradation plus ou moins rapide aboutit à des éléments minéraux simples, assimilables par les plantes (tel que le carbone) ou à de nouveaux composés organiques, de toxicité variable (parfois plus toxiques que les composés d'origine).

MOBILITÉ ET TRANSFERT DES POLLUANTS

Les métaux et certaines substances organiques peuvent faire l'objet de transferts et d'accumulations à des degrés variables dans les sols, les végétaux (racines, tiges, feuilles, fruits) et dans la faune du sol (par exemple vers de terre, escargots, petits mammifères).

Lorsqu'ils sont sous forme liquide ou soluble, les polluants peuvent également migrer en profondeur et contaminer les eaux souterraines.

Ces processus vont dépendre des propriétés des substances, des caractéristiques du sol (par exemple texture, perméabilité, pH, teneurs en matière organique, en eau, en calcaire).

Enfin, sous l'action du vent, les particules fines de sol ou celles issues d'émissions (origines agricole, urbaine ou industrielle) et les polluants qu'elles contiennent peuvent se disperser dans l'environnement. Un transfert des éléments minéraux et composés organiques vers les végétaux est alors également possible via les retombées atmosphériques sur les organes aériens. L'ensemble de ces apports conduit à une contamination des sols par une ou plusieurs substances. Cette contamination sera qualifiée de pollution lorsque les concentrations atteintes dans le sol engendrent un risque pour la santé humaine ou les écosystèmes.



POLLUTION VERSUS CONTAMINATION

Contamination : présence de substances potentiellement dangereuses à des concentrations significativement supérieures à celles habituellement mesurées dans un milieu donné (sol, air, eau), du fait des activités humaines.

Pollution : une contamination est qualifiée de pollution lorsque l'enrichissement en une ou plusieurs de ces substances génère une nuisance ou un risque pour l'Homme et/ou les écosystèmes.

Par la suite dans ce guide, les termes de « pollution » et « polluants » seront privilégiés car plus communément utilisés, sans plus chercher à distinguer « contamination » et « pollution ».

DE LA POLLUTION AU RISQUE POTENTIEL

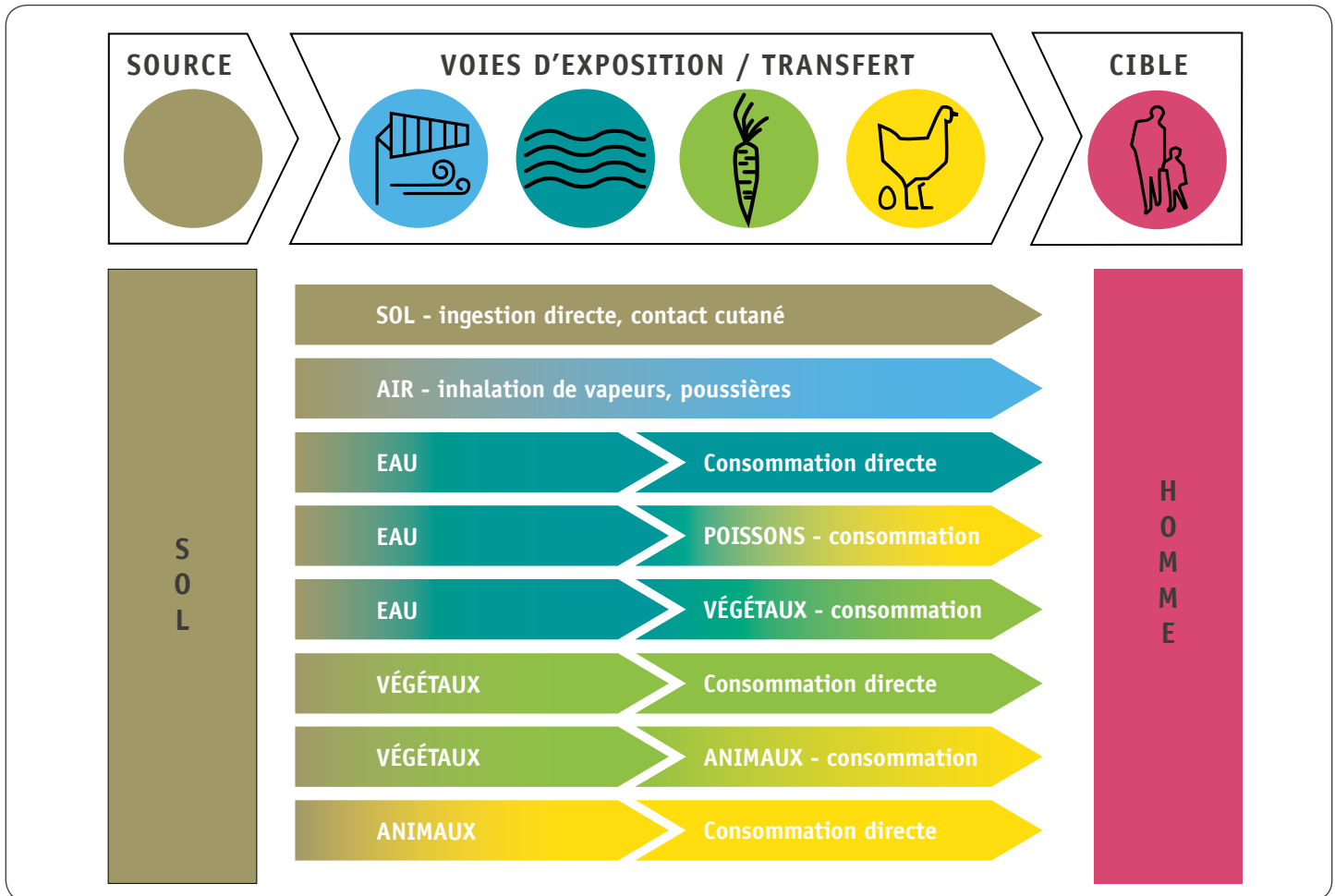
La présence de polluants peut présenter, selon leur nature, un danger lié à leur (éco)toxicité pour les écosystèmes et l'Homme. Le risque résulte de l'exposition de la cible (organismes vivants, incluant l'Homme) à ce danger. Il varie en fonction de l'(éco)toxicité, de la concentration du polluant dans le milieu d'exposition, et de la fréquence et durée de contact avec ce milieu. Dans le cas d'une exposition de longue durée (plusieurs années ou décennies), on parle d'exposition chronique (qui est généralement associée à de faibles doses). Dans le cas d'exposition de plus courte durée, on parle d'exposition aiguë (quelques minutes à quelques heures).

Pour que le polluant atteigne la cible, le transfert intervient via un ou plusieurs milieux d'expositions considérés, ce qui est fonction des propriétés physico-chimiques des substances (par exemple volatilité pour l'air, solubilité pour l'eau, biodisponibilité pour les végétaux et les animaux). On entend par biodisponible, la part d'un polluant susceptible d'être absorbée par des organismes vivants (Homme compris), et/ou d'accéder à des récepteurs biologiques ou écologiques.

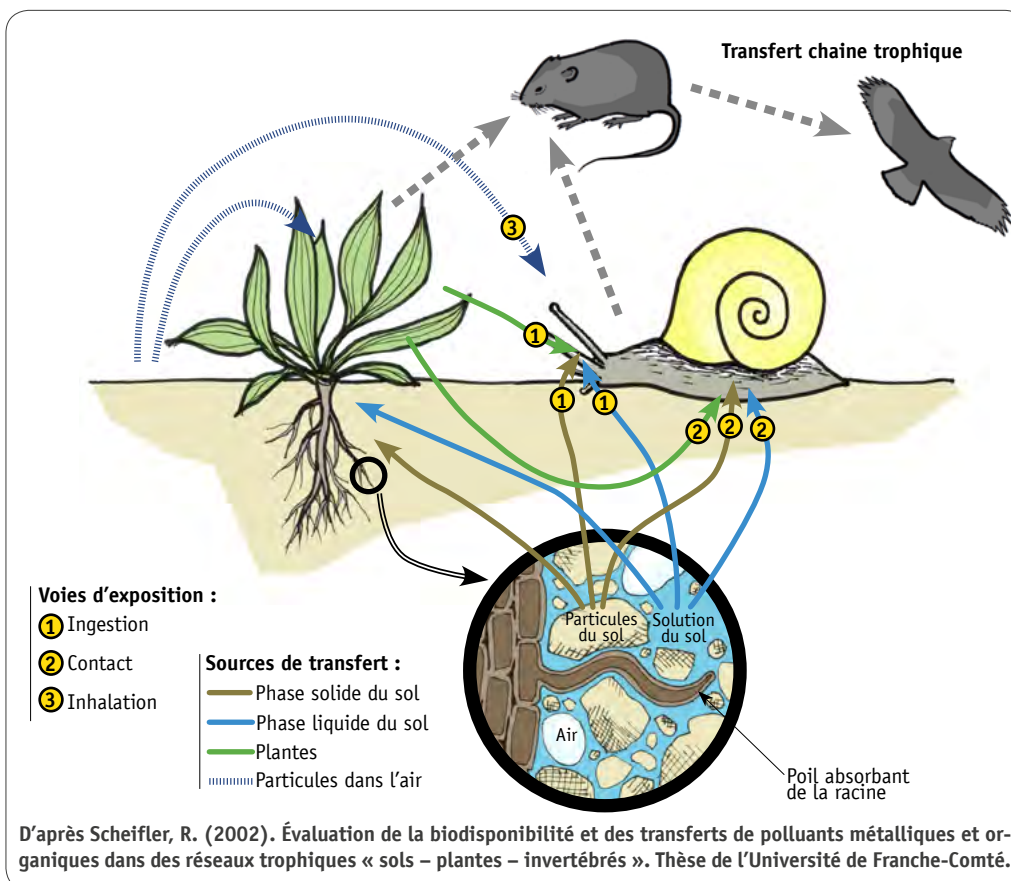
Pour une évaluation des risques sanitaires, on considère que le contact entre la substance et la cible s'opère par différentes voies d'exposition : ingestion de sol (exemple emblématique des enfants par port à la bouche des mains et objets), d'eau, de denrées alimentaires cultivées et/ou élevées (par exemple légumes, fruits, céréales, animaux, œufs) en milieu contaminé, inhalation de poussières de sol ou de vapeurs, contact cutané.

Pour une évaluation des risques pour les écosystèmes, on considère qu'une fraction plus ou moins grande des polluants présents dans le sol peut être biodisponible pour les êtres vivants via une exposition multiple (ingestion, inhalation, contact cutané). Cette exposition peut engendrer des effets toxiques par contamination d'un ou plusieurs maillons d'une chaîne trophique terrestre (voir schéma page suivante).

Pour mieux évaluer et maîtriser les dangers et les risques potentiels, il s'avère nécessaire de quantifier l'état (le stock) et les flux (retombées atmosphériques de polluants et transfert vers les différents compartiments environnementaux) des polluants dans le système.



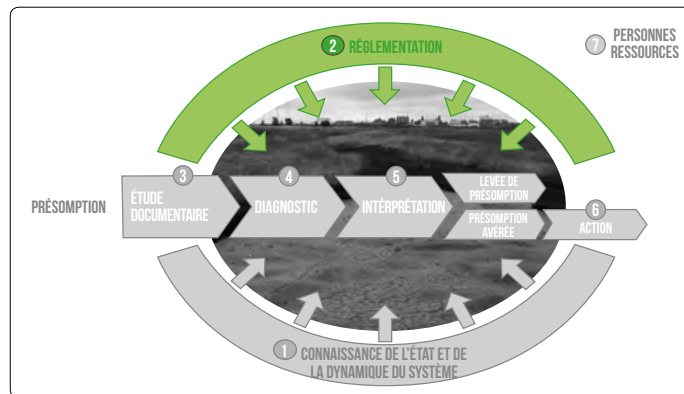
> Voies et vecteurs d'exposition de l'Homme aux contaminants présents dans le sol



> Exemple de voies d'exposition d'organismes vivants aux polluants du sol

La quantité totale en polluants présente dans le sol l'est dans la solution du sol, et sur la phase solide (particules du sol). Le polluant étant faiblement à fortement lié à la phase solide, le polluant est par conséquent plus ou moins biodisponible, selon les conditions bio-physico-chimiques du sol.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE, JURIDIQUE ET RESPONSABILITÉS



Les friches (urbaines, industrielles) constituent une ressource foncière permettant de réduire l'étalement urbain et de pallier le manque de surfaces aménageables. Les projets des opérateurs privés et publics pour valoriser ces surfaces sont souvent ralentis par le risque de pollution du sol et les conséquences juridiques associées en matière de responsabilité. L'aménagement d'espaces verts urbains ou encore de jardins collectifs ou privés, situation présentant un intérêt grandissant, n'échappe pas à ces préoccupations. D'autant plus qu'en dehors des sites ayant été le siège d'une ancienne installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE), il n'existe pas de cadre réglementaire spécifique.

Par réglementation sur les sols on entend, au sens large, l'ensemble des textes (lois, règlements, dispositions d'urbanisme) qui intègrent la notion de qualité des sols, qu'il s'agisse de préservation ou de gestion pour garantir une adéquation avec l'usage d'un site.

Contrairement à l'air et à l'eau, le sol n'est pas considéré réglementairement comme une ressource à part entière et ne fait pas l'objet d'un régime propre. Les dispositions le concernant sont dispersées dans le code de l'environnement où elles sont essentiellement reprises dans le Livre V du code de l'environnement relatif à la prévention des pollutions, des risques et des nuisances pour les sites et sols pollués. Le sol est également pris en compte à des titres divers par le code civil, le code de l'urbanisme, le code de la santé publique, ou encore le code forestier. Il en résulte un cadre juridique complexe et diffus, rendant difficile la validation d'un projet en vérifiant la compatibilité (au sens large, pas uniquement sanitaire) avec l'usage projeté.

Dans le cadre des ICPE, en cas de pollution des sols, le niveau de dépollution exigé pour la remise en état du site est fonction de l'usage futur du site, ce dernier étant déterminé conjointement avec le maire (ou le président de l'Etablissement public de coopération intercommunale - EPCI) et, s'il ne s'agit pas de l'exploitant, avec le propriétaire du terrain. A défaut d'accord, la dépollution est calibrée sur la base d'un usage comparable au dernier usage industriel. Au moment d'une vente, le propriétaire du terrain est tenu d'informer par écrit l'acquéreur que le site a été le siège d'une ICPE. En outre, lorsqu'il en a connaissance, il doit informer l'acquéreur de dangers ou inconvénients importants (pollution des sols par exemple) qui

résultent de l'exploitation, de même que l'usage ou le stockage de substances chimiques ou radioactives. Depuis 2010, la loi dite « Grenelle II » a renforcé les dispositifs d'information sur la pollution des sols. Ils ont été développés par la loi pour l'accès au logement et à un urbanisme renoué (ALUR) de 2014 et deux décrets de 2015, qui ont également diversifié les possibilités d'intervention pour assurer la réhabilitation des sols. Désormais, depuis l'intervention de ces deux lois et leurs décrets d'application, qui ont modifié le code de l'environnement (articles L. 125-6 et suivants, L. 512-21, L. 512-21-1, L. 512-6, R. 512-76 et suivants), cette obligation d'information a été étendue à tous les biens, qu'ils aient ou non accueillis une ICPE. Ces évolutions récentes du régime juridique des sols pollués vont donc au-delà du droit des ICPE (police du préfet) et du droit des déchets (police du maire), avec un cadre particulier qui ne remet pas en cause la possibilité pour le maire d'intervenir en cas d'urgence justifiée par un péril grave et imminent pour la santé publique. Le maire peut ainsi agir au nom de l'ordre public pour faire réhabiliter le terrain ou faire cesser sa pollution, même s'il n'a pas la compétence ordinaire à cette fin.

Ces modifications récentes du code de l'environnement ont pour conséquences :

- l'obligation pour l'Etat de rendre publiques les informations dont il dispose via des cartographies établies par les préfets, dénommées « secteurs d'information sur les sols » (ou SIS), caractérisant des terrains où la connaissance de la pollution des sols le justifie ;
- l'obligation pour les communes ou intercommunalités d'intégrer ces SIS dans leurs documents d'urbanisme et d'en faire état dans les certificats d'urbanisme informatifs ;
- l'obligation pour le vendeur ou le bailleur d'informer son acquéreur ou son locataire des éventuelles pollutions des sols que son bien aurait subi à peine, notamment et sous certaines conditions de caractérisation de la pollution, d'être tenu de la remise en état du site, de voir le contrat résolu ou de devoir restituer une partie du prix de vente.

Quoi qu'il en soit, quelle que soit la source de cette pollution, le cas de l'utilisation de ces terrains à des fins de production de végétaux à vocation alimentaire peut fonder la responsabilité du producteur en cas de commercialisation de ces produits, dès lors qu'il est tenu d'une obligation de conformité sanitaire des aliments mis sur le marché (exposition des consommateurs).

Puis, plus généralement pour tout type d'usage, la présence éventuelle de salariés implique la responsabilité de l'employeur (via le code du travail) quant au contrôle de la compatibilité entre les conditions de travail (exposition des salariés) et les conditions du site. Et par voie de conséquence, si une pollution est identifiée par ces moyens, l'accès aux usagers (exposition des usagers, exemple de promeneurs) doit y être adapté le cas échéant.

Références juridiques - Code de l'environnement, art. L. 125-5 et suivants, L. 512-21, L. 556-1 et s., R. 512-76 et s., R. 556-1 et s.



POUR EN SAVOIR PLUS !

Dans le contexte précis d'une production agricole, voir le guide « Mon projet d'agriculture urbaine en Ile de France. Guide pratique des démarches réglementaires ».

Dans le contexte précis des jardins collectifs, voir le document « Pollution du sol des jardins collectifs, quelles responsabilités ? », rédigé par Philippe Billet (Université Lyon 3).



ZOOM SUR LA MÉTHODOLOGIE NATIONALE DE GESTION DES SITES ET SOLS POLLUÉS

En France, les premiers textes abordant la thématique des sites pollués datent du début des années 1990. La méthodologie en vigueur actuellement a été mise en place en 2007 et a fait l'objet d'une actualisation en avril 2017. Cette méthodologie s'appuie sur deux démarches que sont l'interprétation de l'état des milieux (IEM) et le plan de gestion.

Ces deux démarches sont initiées par la réalisation d'un **schéma conceptuel** basé sur des études historiques et documentaires, des constats de terrain, des enquêtes et des campagnes de mesures (prélèvements et analyses de terres, d'eaux superficielles et souterraines, de végétaux, de poussières et/ou d'air). Ce schéma permet de réaliser un bilan factuel de l'état des milieux ou du site étudié. Il s'agit en particulier d'identifier (1) les sources de pollution, (2) les différents milieux de transfert et leurs caractéristiques, et (3) les cibles à protéger (populations riveraines, usages des milieux et de l'environnement, milieux d'exposition, ressources naturelles). Le schéma conceptuel évolue tout au long de la démarche afin de préciser les relations entre les sources de pollution, les voies de transferts et les cibles. Le schéma préliminaire est ainsi enrichi des connaissances nouvelles acquises tout au long du processus. Dans le cas d'un changement d'usage, le schéma conceptuel peut évoluer depuis un schéma initial représentant le site dans son état d'avant-projet d'aménagement jusqu'au schéma final représentant le site après aménagement.

L'**interprétation de l'état des milieux** est prévue pour vérifier que l'état actuel du site est compatible avec son usage. Elle s'intéresse prioritairement aux aspects sanitaires, et aux aspects connexes (ressources en eau par exemple). Il s'agit de distinguer (1) les milieux qui ne nécessitent aucune action particulière, c'est-à-dire ceux qui permettent une libre jouissance des usages constatés sans exposer les populations à

des niveaux de risques excessifs, (2) les milieux qui peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés (par exemple l'enlèvement des pollutions concentrées, le recouvrement de terre) et (3) les milieux qui nécessitent la mise en place d'un plan de gestion.

Les **éléments préliminaires au plan de gestion** permettent de définir, localiser, quantifier les pollutions et caractériser leur mobilité. Ceci suppose (1) de disposer d'un nombre suffisant de données, (2) de définir des objectifs de réhabilitation, (3) d'évaluer les possibilités de traitement et/ou les dispositions constructives.

Le **plan de gestion** vise à étudier différents scénarios de gestion d'une pollution (action sur une source, action sur une voie de transfert, action sur des expositions). Il s'agit alors (1) de maîtriser les impacts des pollutions s'il n'est pas possible de supprimer les pollutions elles-mêmes, (2) de déterminer les mesures de gestion à réaliser en prenant en compte le bilan « coûts-avantages », (3) d'engager les travaux de réhabilitation nécessaires, (4) de réaliser une analyse des risques résiduels (ARR) lorsque des voies de transfert subsistent et ceci, pour savoir si les risques sont acceptables, sur le plan sanitaire, et en fonction des usages constatés ou futurs.

L'**ingénierie de dépollution** est constituée d'une phase de conception des opérations de dépollution et d'une phase de suivi de réalisation des travaux.

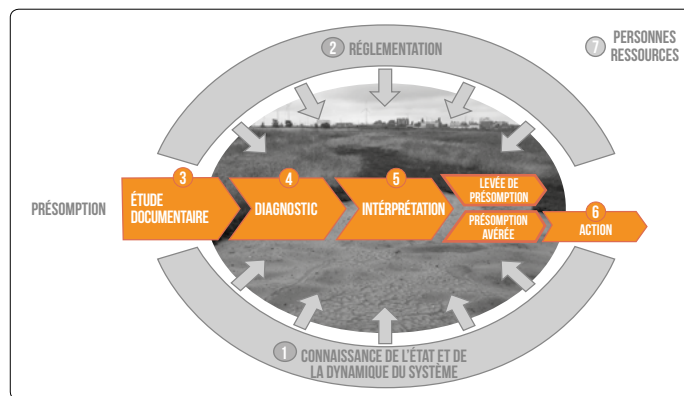
Pour en savoir plus!

Le guide « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » (Ministère en charge de l'environnement).

A photograph of a community garden with people working in the background, overlaid with a monochromatic orange tint. The garden is filled with various plants, including large-leafed ones in the foreground and rows of smaller plants in the background. Several people are visible, some standing and some working. In the background, there are tall apartment buildings. The text is overlaid in the lower half of the image.

PARTIE 2 - LES ACTIONS ET LES MÉTHODES

UNE DÉMARCHE EN QUATRE ÉTAPES



La démarche en quatre étapes proposée dans ce guide s'inspire de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, mise en œuvre pour les sites ICPE. Son cadre d'utilisation porte ici sur des sites ne relevant pas de la réglementation ICPE et dans le contexte spécifique des aménagements extérieurs (par exemple parcs, jardins, trames vertes).

Lors des quatre étapes présentées ci-après, le niveau d'expertise requis est variable, mais généralement élevé. Même si certaines étapes peuvent être mises en œuvre en autonomie, le recours à un prestataire spécialisé (bureau d'études) est vivement recommandé. Au-delà de la maîtrise technique de la démarche qui apporte une certaine garantie de qualité dans un contexte où les responsabilités peuvent être engagées, cela permet aussi de bénéficier de retours d'expériences qui peuvent être bénéfiques à la gestion du site d'étude.

Le recours à un prestataire certifié n'est pas obligatoire mais il apporte une garantie quant aux prestations réalisées, au regard du référentiel mis en place.

L'idée privilégiée de ce guide n'est donc pas de permettre à un lecteur non spécialiste du sujet d'être opérateur direct et autonome, mais de lui fournir les informations de base lui permettant de solliciter une assistance dans les meilleures conditions, et au meilleur moment (et le plus en amont possible des actions) : bien formuler sa commande, comprendre et prendre part aux discussions avec les experts, enfin disposer d'un regard critique et de contrôle.



POUR EN SAVOIR PLUS !

Au regard des enjeux, il est conseillé de se référer au guide du donneur d'ordre qui aide à établir le cahier des charges et à choisir le prestataire. Mots clés « guide du donneur d'ordre installations classées ».

Si nécessité de cibler un prestataire certifié, le site internet du Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) présente une certification « Sites et Sols Pollués » et donne la liste des prestataires certifiés selon les trois domaines d'activité :

- les études, l'assistance et le contrôle ;
- l'ingénierie des travaux de réhabilitation ;
- l'exécution des travaux de réhabilitation.

Norme NF X31-620-(1, 2, 3, 4) pour les prestations de services relatives aux sites et sols pollués.

LA PREMIÈRE ÉTAPE : L'ÉTUDE DOCUMENTAIRE

La première étape de la démarche consiste à collecter les informations existantes sur le site, au travers de l'étude historique et documentaire. La visite du site et ses abords est essentielle dès ce stade : constat de terrain (par exemple, état de surface du sol, présence ou absence de végétaux, indicateurs visuels ou olfactifs¹ de pollution tels que présence de déchets, couleur du sol particulière), enquête auprès des usagers et riverains actuels ou plus anciens, environnement du site (par exemple autres usages, activités potentiellement polluantes).

HISTORIQUE DU SITE

L'étude historique et documentaire correspond à une étape incontournable de la démarche. Elle vise à fournir une image plus ou moins précise de l'activité du site et de l'usage historique des sols jusqu'à ce jour, et des éléments qui l'ont marqués (par exemple accident, remblaiement, reconstruction, évolution des usages ou des pratiques).

Les informations dépendent de la disponibilité et de la précision spatiale et/ou temporelle des archives. Une des principales difficultés associées à cette étape réside dans la fiabilité des données. En effet, les données recueillies sont rarement exhaustives et l'absence d'information ne garantit pas que le site est exempt de pollution.

À titre d'exemple, les sources d'informations mobilisables peuvent être :

- des données à portée nationale comme celles présentes dans les bases dédiées à la gestion des sites et sols pollués (BASIAS, BASOL, et dans les années à venir les Secteurs d'Informations sur les Sols, consultables via les PLU - Plan local d'urbanisme et portail web Georisques) ;
- des données structurées permettant de visualiser l'évolution de l'occupation des sols (cartes, photographies aériennes et bases géographiques), avec notamment les sites IGN-Remonter le temps et Geoportail ;
- des documents à portée régionale ou locale (par exemple DREAL, chambres de commerce, archives municipales et départementales, documents propres au site, d'urbanisme, service des hypothèques) ;
- des témoignages oraux des usagers du site et riverains.

Cette approche permet d'envisager un impact direct de l'usage passé ou présent du site sur le sol ou d'autres matrices environnementales (par exemple eaux souterraines). Elle doit aussi intégrer l'environnement de proximité avec pour objectif de repérer des sources potentielles extérieures de polluants (par exemple cheminée d'usine, voies de circulation).

L'identification de l'activité ou des activités sur le site ou les alentours a pour objectif de préciser les familles de composés potentiellement liées à ces activités, ce qui permettra d'aider tant au choix des substances à analyser dans la phase de diagnostic qu'à l'élaboration du schéma conceptuel du site (en lien avec les propriétés de ces substances). Les témoignages d'usagers, riverains et acteurs locaux s'avèrent déterminants à ce stade.



POUR EN SAVOIR PLUS !

Une matrice existe pour relier activités et polluants (ou famille de polluants), recherchez avec les mots clés « matrice activités polluants installations classées ».

Il est à noter qu'une activité de même nature peut, en fonction des pratiques, être source de pollutions différentes.

CONNAISSANCE DES MILIEUX

L'étude du contexte géologique apporte des informations utiles à différents niveaux. D'une part, elle permet d'identifier la présence, ou non, de formations géologiques plus ou moins minéralisées. Ces minéralisations expliquent en effet dans certains cas la présence d'anomalies naturelles en éléments métalliques (par exemple plomb, arsenic) dans les roches et les sols sus-jacents. D'autre part, elle permet de connaître la nature des formations rencontrées et les risques de migration d'éventuelle pollution de surface vers la profondeur selon les contextes géo-pédologique, (hydro)géologique, climatique, topographique, hydrologique.

Ces informations sont accessibles via les sites Geoportail et Météo-France, ou encore pour les données pédo-géochimiques, via les bases de données nationales et régionales (ASPITET, INDIQUASOL, BDETM, RMQS) pour les polluants minéraux et sur certains polluants organiques (RMQS).



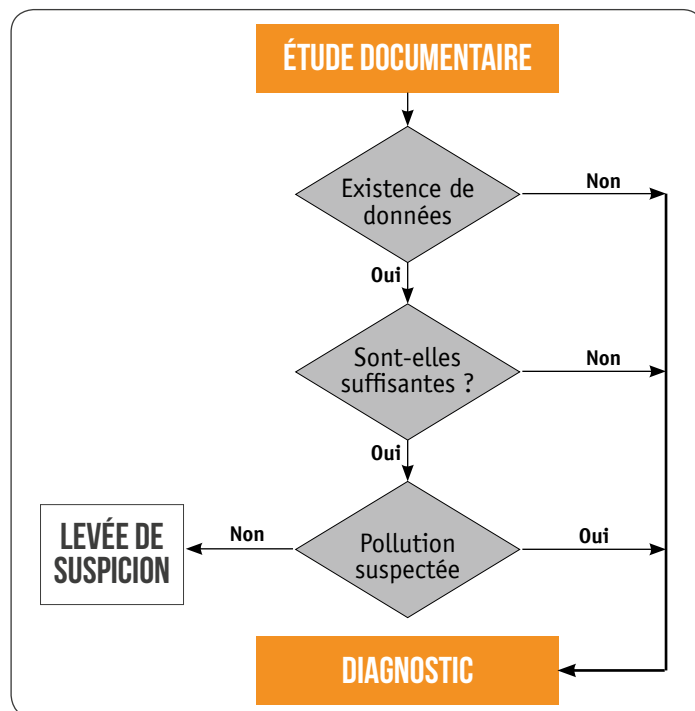
POUR EN SAVOIR PLUS !

Sur les études documentaires et les investigations de terrain : le guide « Diagnostics du site » (Ministère en charge de l'environnement).

¹ en cas d'odeurs, la consigne est de s'équiper d'un masque

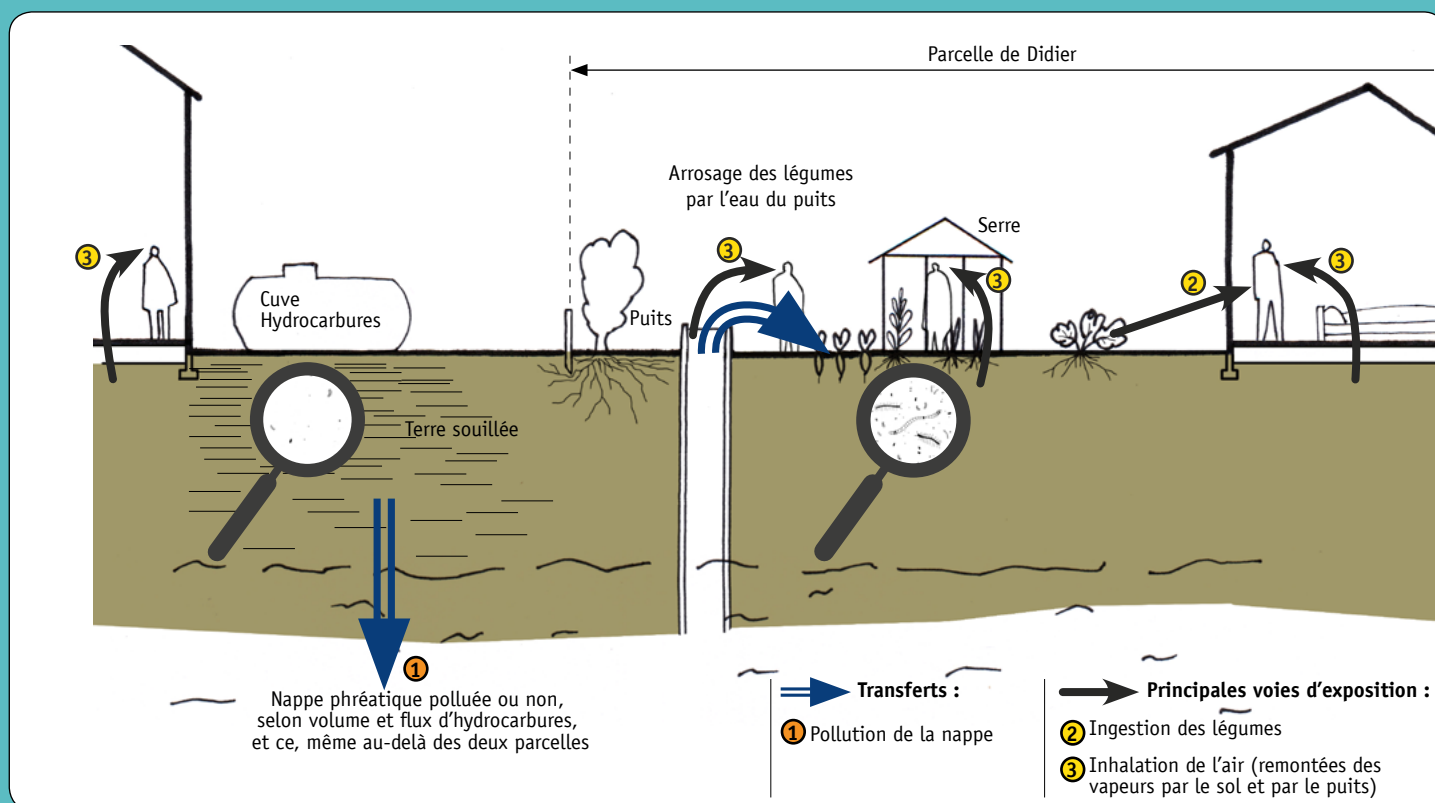
L'étude documentaire permet d'initier un schéma conceptuel qui constitue un bilan de l'état des milieux associés au site étudié sur la base des données existantes. Le schéma conceptuel est donc voué à évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de connaissances. Il représente ainsi sur un même support le contexte environnemental, les sources de pollutions éventuelles, les voies de transferts et d'exposition supposées et les cibles.

Les informations recueillies permettent d'infirmer ou non la suspicion de pollution. Dans le premier cas, elles conduisent à lever cette suspicion à l'origine de la démarche : les éléments de connaissance du site ne laissent pas présager un risque de pollution, ce qui ne justifie pas d'engager des investigations complémentaires. Dans le second cas, la suspicion persiste et sa levée nécessite des investigations complémentaires et une phase de diagnostic (campagnes de mesures). Dans le cas de données insuffisantes ou trop partielles, la phase de diagnostic est à engager. Elle pourra aussi être utile en l'absence de suspicion, lorsqu'elle peut aider à rassurer ou à désamorcer des craintes, voire des angoisses.

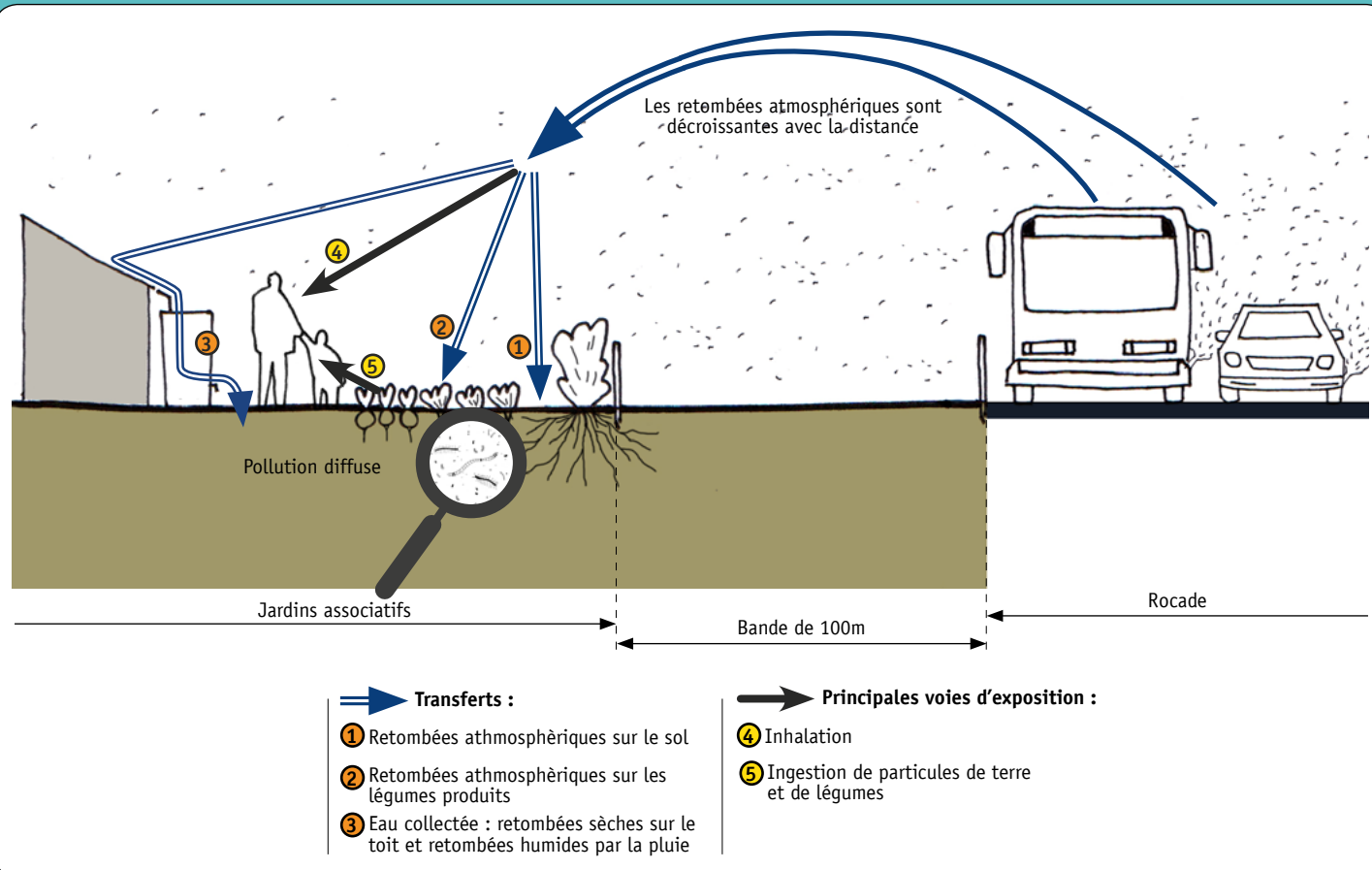


> Logigramme des actions à mener : évaluer la nécessité ou non d'un diagnostic à partir d'une première étape d'étude documentaire et de connaissance du contexte local

À travers nos cinq exemples de cas, voici l'illustration de ce qu'est un schéma conceptuel, des informations qu'il représente et de l'aide qu'il apporte en matière de synthèse et de réflexion. L'intensité relative du transfert ou de l'exposition est représentée par une épaisseur variable de la flèche. La loupe indique trois niveaux différents de qualité biologique des sols.



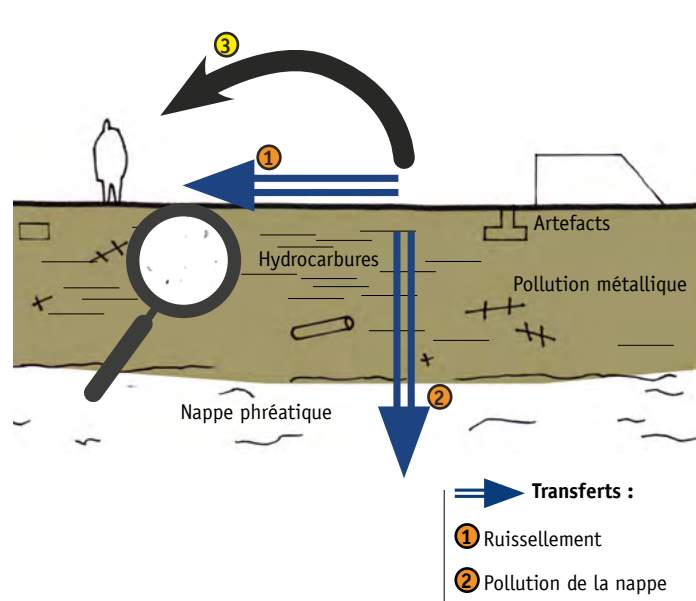
> Schéma conceptuel simplifié pour le cas de Didier



> Schéma conceptuel simplifié pour le cas de Delphine

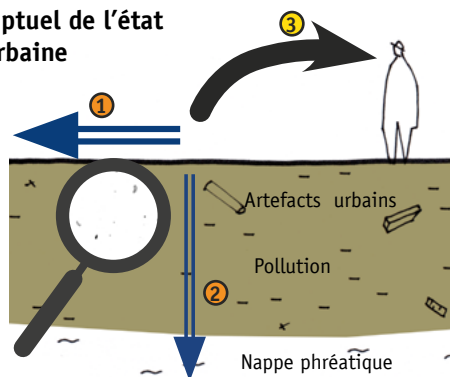
Schéma conceptuel de l'état de la friche

Scénario d'usage futur : mise en culture de miscanthus



> Schéma conceptuel simplifié pour le cas de Thomas

Schéma conceptuel de l'état de la friche urbaine



Scénario d'usage futur 1

Scénario d'usage futur 2

Sol rapporté, non pollué, scellé par un géotextile

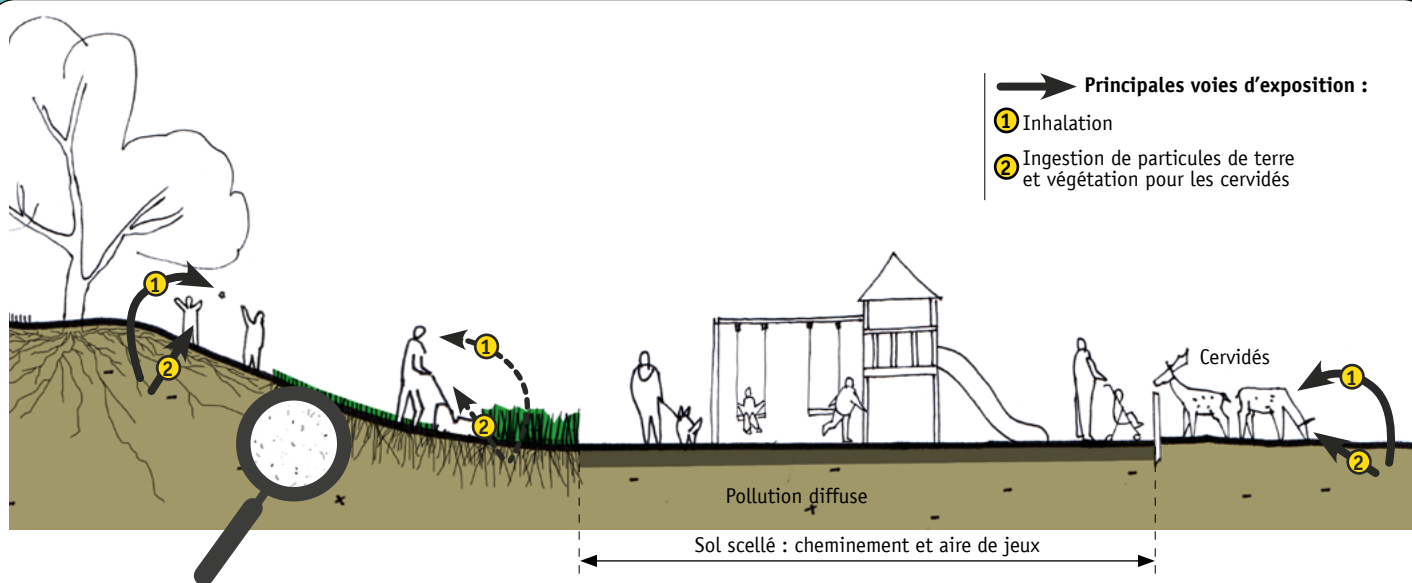
Scénario d'usage futur 3

Sol rapporté, non pollué, non scellé
Abords des bacs engazonnés

Transferts :
① Ruissellement
② Pollution de la nappe

Principales voies d'exposition :
③ Inhalation des poussières
④ Ingestion de particules de terre et de légumes
⑤ Ingestion de particules de terre

> Schéma conceptuel simplifié pour le cas de Françoise



> Schéma conceptuel simplifié pour le cas de Sylvie

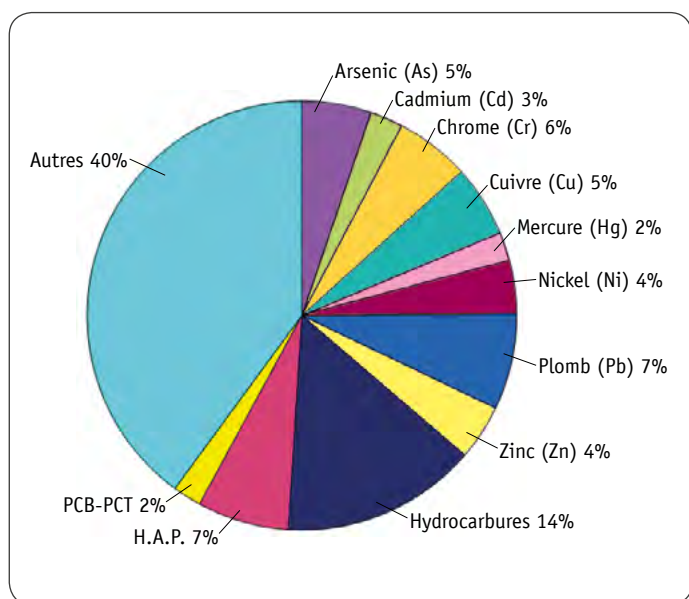
L'ESSENTIEL À SAVOIR SUR LA CONDUITE DES DIAGNOSTICS AVEC CAMPAGNES DE MESURES

Dans le cadre des usages considérés dans ce guide, les différentes phases du diagnostic s'appliquent principalement aux milieux sol, eau et plantes et plus rarement à l'air, et à la faune du sol. Selon les situations rencontrées, sont alors abordées des questions de pollution et de fertilité des sols et de leurs effets sur l'Homme et les écosystèmes terrestres (microflore, flore et faune du sol).

L'étude historique permet d'envisager deux situations :

- une activité polluante ou potentiellement polluante a été identifiée sur le site ou aux alentours. De plus, les polluants associés à cette activité sont connus ;
- les données sont insuffisantes, ou aucune activité n'a été identifiée.

Dans le premier cas, la phase de diagnostic nécessite de caractériser le degré de pollution éventuelle des milieux et de préciser le cas échéant la zone impactée. Lorsque les informations issues de la phase documentaire sont absentes (ou partielles) ou insuffisantes, les investigations doivent porter sur des éléments ou substances très répandus considérés comme des indicateurs des activités humaines (par exemple arsenic, cuivre, cadmium, chrome, nickel, plomb, zinc, hydrocarbures, HAP). Selon les spécificités du site, il peut s'avérer nécessaire de compléter cette liste sans toutefois intégrer les polluants émergents (voir Zoom ci-après). La figure présente l'occurrence des polluants seuls ou en mélange dans les 6 559 sites référencés en 2017 dans BASOL.



> Occurrence des principaux polluants présents dans les sols ou les eaux souterraines des sites figurant dans BASOL



LES POLLUANTS ÉMERGENTS

Les polluants émergents sont des substances récemment caractérisées dans l'environnement grâce aux développements analytiques. La connaissance de leur toxicité est encore partielle. Ils sont caractérisés par leur persistance dans l'environnement. On dénombre trois catégories de substances émergentes :

- les substances pharmaceutiques et les produits de soins corporels ;
- les produits chimiques domestiques et industriels ;
- les produits de dégradation des substances pharmaceutiques, domestiques et industrielles.

D'après la Note de veille - CAPTIVEN « Les polluants émergents » - Octobre 2013

L'ÉCHANTILLONNAGE

Les objectifs de la phase diagnostic énoncés ci-dessus conduisent à établir une stratégie d'échantillonnage des différentes matrices pertinentes (par exemple sol, végétaux, eau, air, et dans certains cas la faune du sol) en tenant compte des usages actuels et futurs du site (quels sont les enjeux, où et comment prélever ?). Cette démarche consiste en un programme d'investigations.

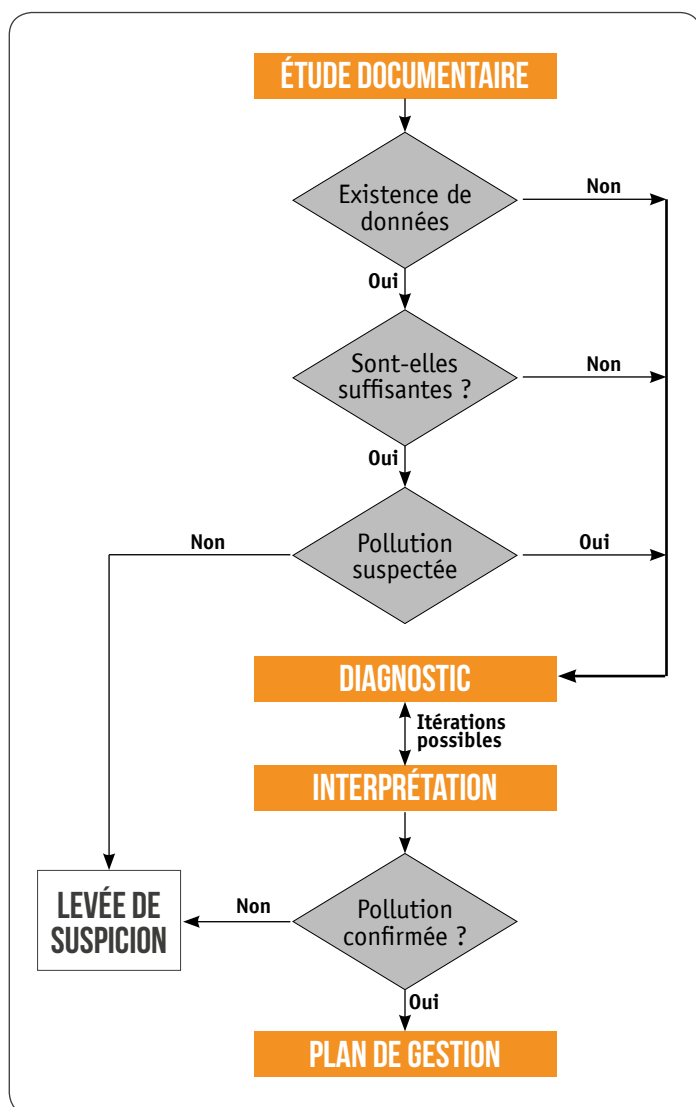
La caractérisation porte prioritairement sur la matrice sol. Dans les cas les plus simples (ex : suspicion de pollution par des métaux non volatils au droit d'une aire de jeu d'enfants), l'échantillonnage de la seule matrice sol pourra s'avérer suffisant. Les résultats pourront amener soit à lever la présomption, soit à approfondir les investigations vers d'autres matrices, selon une démarche itérative. Pour des cas plus complexes (par exemple jardins potagers, espaces verts), l'échantillonnage des sols et des plantes, voire des eaux d'arrosage et de la faune du sol pourra être conduit en même temps pour optimiser les coûts de déplacement et l'accessibilité aux parcelles (privées). Parfois encore, analyser les végétaux n'est pas nécessaire, dans le cas où la seule exposition au sol (ingestion) conduit déjà à un niveau de risque inacceptable.

Ainsi, l'envergure du diagnostic relève d'un choix spécifique à chaque site selon son contexte (par exemple complexité environnementale), les moyens disponibles et les attentes. La démarche itérative précitée pourra être appropriée pour préciser, voire compléter le diagnostic (par exemple délimitation d'un impact, voire localisation d'une source de pollution, polluants recherchés, autres matrices à investiguer).

Enfin, l'échantillonnage, le conditionnement et le transport des échantillons constituent des étapes pour lesquelles un soin tout particulier doit être apporté.

POUR EN SAVOIR PLUS !

Le « Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux » (INERIS, ADEME).



> Logigramme des actions à mener : tous cas de figure possibles, qu'il y ait confirmation ou non de pollution

Le choix de la stratégie d'échantillonnage constitue un point majeur dans la phase de diagnostic. A titre d'exemple, cette stratégie pour la matrice sol diffère en fonction des objectifs visés : s'assurer que la qualité du sol est conforme à l'usage, évaluer / identifier / délimiter des zones d'exposition potentielles ou des zones à risque pour éviter la dispersion du polluant.

Le plan d'échantillonnage, qui découle de cette stratégie, détermine la localisation, le nombre et le type (ponctuel, composite) d'échantillons, la profondeur d'échantillonnage, le mode de conditionnement des échantillons et de préparation avant analyse. Il est nécessaire de se rapprocher du prestataire

analytique au moment d'établir le plan d'échantillonnage afin de cadrer la phase logistique (quantité, conditionnement et transport appropriés des échantillons, modalité de préparation avant analyse pour eau, sol, végétaux) et d'aider à valider la liste des substances à analyser.

ÉCHANTILLON PONCTUEL OU ÉCHANTILLON COMPOSITE ?

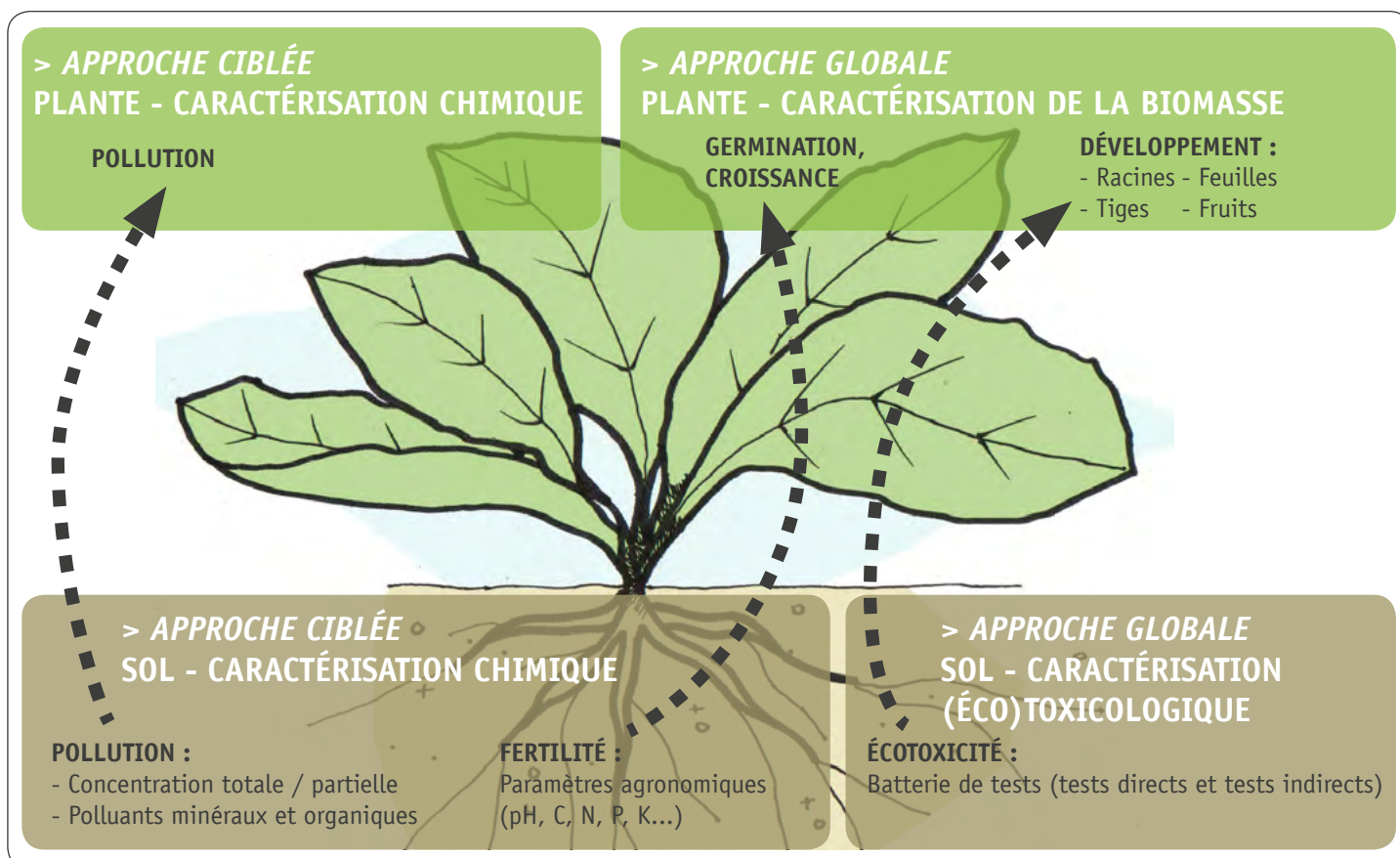
Un échantillon est dit ponctuel s'il est prélevé en un seul point, à une profondeur donnée et à un instant donné. Les échantillons ponctuels permettent de caractériser la variabilité spatiale ou verticale de la pollution. Un échantillon composite est constitué d'un mélange à parts égales de plusieurs échantillons ponctuels réalisés en plusieurs points et/ou plusieurs profondeurs. S'il vise à être représentatif de la composition moyenne d'une zone, il peut aussi être inadapté pour des composés volatils (ex : hydrocarbures) puisque des pertes dues à la manipulation (mélange) des échantillons sont possibles.

LES PHASES DE DIAGNOSTIC ET COMPARTIMENTS DIAGNOSTIQUÉS

Après échantillonnage, selon les besoins identifiés, le sol est soumis à une série de caractérisations physico-chimiques permettant de déterminer les concentrations en polluants minéraux et organiques, ses principaux constituants ou encore son degré de fertilité. L'ensemble des caractérisations possibles par milieu (ou compartiment) est représenté par la figure ci-contre, puis développé dans le texte qui suit.

L'emploi de l'expression « Approche ciblée » s'entend comme une caractérisation de substances ou de paramètres précis d'un sol ou d'une plante donnés (par exemple un polluant en concentration totale ou partielle, un pH).

Le pendant « Approche globale » considère l'évaluation des traits observables sur le vivant (croissance, développement d'une plante, survie/abondance d'organismes vivants).



> La caractérisation des compartiments Sol et Plante au cours d'un diagnostic

La démarche première à mener est fondée sur des caractérisations ciblées de constituants du sol. Pour un polluant donné dans un sol, au-delà de sa concentration totale (intégralité de l'élément ou du composé présent dans le sol, et quelle que soit sa forme chimique), d'autres analyses peuvent être conduites dans un second temps pour déterminer la force de liaison de ce polluant avec la matrice sol. Cette information permet de préciser l'exposition et les risques associés. Il existe ainsi des tests de bioaccessibilité orale pour l'arsenic, le plomb, le cadmium et les HAP, caractérisant la capacité des substances à franchir les parois gastro-intestinales ou à rester fixées aux particules de sol ingérées et être rejetées dans les fèces.

De même, sur le plan environnemental, caractériser des concentrations partielles au moyen d'extractions douces (par exemple à l'eau ou à l'aide de solutions salines) donne accès à une évaluation de la fraction mobile et potentiellement disponible pour les organismes vivants (disponibilité environnementale).

En parallèle, dans le cas d'une production végétale (biomasse à vocation alimentaire ou non), les sols sont caractérisés pour leurs principales propriétés agronomiques (en particulier, présence et disponibilité en eau et en éléments nutritifs) afin d'évaluer leur aptitude à être le support d'une végétation. Le diagnostic de qualité du sol peut expliquer la croissance et le développement des plantes. Pour cela, les espèces végétales présentes sur le site étudié sont inventoriées, leur production de biomasse est évaluée et les teneurs en polluants mesurées dans leurs tissus en fonction des usages (racines, tiges, feuilles et fruits).

Une approche complémentaire peut résider dans la mise en œuvre d'une approche plus globale, à partir d'outils biologiques (microflore, flore et faune du sol) afin d'évaluer la bio-disponibilité des polluants vis-à-vis des organismes qui vivent dans le sol et d'évaluer l'état écologique du sol. Des tests directs (sur le sol) et indirects (sur des extraits liquides du sol) sont alors réalisés en batteries afin d'évaluer de façon plus intégrée les risques de transfert de polluants et leurs effets sur les organismes.

Au-delà de la caractérisation de la solution du sol, le diagnostic cible au cas par cas des analyses d'eau prélevée dans différents compartiments de l'écosystème : eaux de précipitation, de surface (cours d'eau, plans d'eau), de la nappe (puits, forage). Ces eaux peuvent en effet dans certains cas constituer des voies de transfert de polluants, par exemple, via les pratiques d'irrigation.

En fonction des situations, la phase de diagnostic (de l'étude documentaire jusqu'au diagnostic de site incluant échantillonnage, analyses physico-chimiques, (éco)toxicologiques et interprétation) peut être réalisée de manière intégrée par un prestataire. Un commanditaire expérimenté peut lui-même définir le plan d'échantillonnage, le mettre en œuvre, pour ensuite faire appel à un prestataire pour l'analyse des échantillons. Les coûts non compressibles d'une telle étude concernent ainsi le poste analytique pour lequel des ordres de grandeurs de coûts sont présentés à titre indicatif ci-après. Dans tous les cas, prestation intégrée ou non, le choix de ce prestataire constitue un élément clé. L'accréditation ou les agréments ministériels des laboratoires pour les paramètres sélectionnés dans les matrices étudiées constituent un gage de qualité aidant au choix.



ORDRES DE GRANDEURS DE COÛTS D'ANALYSES DE SOLS ET VÉGÉTAUX

La gamme de tarifs précisée ci-après est basée sur un coût unitaire hors taxe (pour un échantillon). Ces tarifs varient sensiblement selon les prestataires, mais surtout en fonction du nombre d'analyses commandées et des marchés négociés. Des packs commerciaux de regroupement d'analyses existent pour en limiter le coût.

Analyses de sols :

- Analyses environnementales systématiques (90 à 150 € par échantillon)
 - 10 éléments-traces métalliques (en teneurs totales dans la masse sèche) : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn ;
 - hydrocarbures aliphatiques (C10-C40), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), PolyChloroBiphényles (PCB).
- Analyses environnementales éventuelles, selon l'étude documentaire et historique
 - pesticides (100 à 200 € par échantillon) ;
 - dioxines/furanes (300 à 400 € par échantillon).
- Mesures de la fertilité (60 à 70 € par échantillon) : pH, capacité d'échange cationique, teneurs en CaCO_3 total, matière organique, C/N, P_2O_5 assimilable, cations échangeables (Na, K, Mg, Ca).

Analyses environnementales de végétaux (N.B. préciser à la commande d'exprimer les résultats en teneur de masse fraîche et de préciser la teneur en eau du végétal)

- Éléments traces métalliques : As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (125 à 160 € par échantillon) ;
- Pack « Limites Maximales de Résidus » en pesticides (135 à 200 € par échantillon).

Analyses écotoxicologiques (voir Zoom ci-après)

- Sur matrice solide : test germination/croissance plantes (550 € pour deux espèces), test mortalité vers de terre (500 €), test reproduction vers de terre (1 200 €) ;
- Sur matrice liquide : test Microtox (300 €), test daphnies (400 €), test chronique inhibition de la croissance des algues (900 €).

Analyse de type bioindicateurs (voir Zoom ci-après)

- Analyse communautés microbiennes, communautés nématodes, communautés vers de terre (100 à 200 € par échantillon) ;
- Mesure bioaccumulation végétaux/animaux (100 à 150 € par échantillon).

Il est toujours préférable de mesurer les concentrations en polluants dans les végétaux poussant sur le site plutôt que d'avoir recours à des modèles de prédiction basés sur des concentrations mesurées dans les sols. Dans le cas où on envisage de changer l'usage d'un sol (par exemple, sur une partie d'une friche, il est prévu d'implanter un jardin associatif), il n'est pas possible, lors de la phase diagnostic, de caractériser le compartiment végétal. Le prestataire à qui est confiée l'étude

de diagnostic peut alors s'appuyer sur la modélisation ou le recours aux bases de données BAPPET et BAPPPOP pour estimer les concentrations en polluants des légumes et fruits produits à partir des données acquises sur l'état du sol et ainsi conclure quant à la faisabilité du projet. Il est ensuite vivement recommandé de contrôler les valeurs prédites par analyse des végétaux, lors des premières récoltes, pour valider et rectifier le cas échéant usages et pratiques.



LES OUTILS DE TERRAIN RAPIDES ET DE PREMIÈRE CARACTÉRISATION DE POLLUANTS

La stratégie d'échantillonnage est établie en veillant à recourir à des moyens proportionnés aux enjeux, ce qui explique les itérations possibles. Ainsi, pour les sols, l'utilisation d'outils de diagnostic rapide de terrain permet de multiplier le nombre d'analyses à un coût moindre, tout particulièrement pour de grandes surfaces. Ces outils permettent également lors de la phase d'échantillonnage de distinguer des zones impactées ou non, et ainsi de densifier les mesures et les prélèvements sur certaines zones. Ces zones feront ensuite l'objet d'analyses en laboratoire par des méthodes normalisées.

Le spectromètre à fluorescence X portable permet de déterminer sans prélèvement, de manière plus ou moins précise (en fonction de l'élément mesuré et du protocole utilisé), la concentration en certains métaux dans le sol. Cette technique rapide (environ une minute, protocole sans préparation du sol) est particulièrement adaptée pour l'analyse du plomb, du zinc et du cuivre pour des concentrations faibles (fond géochimique) jusqu'à très fortes (pollution). Cet outil permet de caractériser un nombre d'échantillons de l'ordre de 50 à 80 par jour. Peu de bureaux d'études proposent à ce jour l'utilisation de cet outil en phase de diagnostic de site potentiellement pollué.



> Spectromètre à fluorescence X ©Cerema Ile-de-France

Les kits de terrains pour détection rapide des polluants organiques (HAP, hydrocarbures totaux, PCB) dans les sols. Ces kits peuvent être séparés en deux familles, les kits colorimétriques et les kits de tests immunologiques. Ils permettent d'identifier relativement rapidement (jusqu'à 15 minutes par échantillon) la présence d'un polluant et l'intensité relative de la pollution, ce qui permet d'avoir une approche comparative sur un site et d'orienter l'échantillonnage pour analyse par des méthodes normalisées.



INTÉRÊT DE L'UTILISATION DES OUTILS BIOLOGIQUES DANS LE CADRE D'UN DIAGNOSTIC

Lorsque l'enjeu n'est pas uniquement sanitaire, les outils biologiques complémentaires à la caractérisation physico-chimique informent sur la mobilité ou la biodisponibilité des polluants et leur possible transfert vers les écosystèmes (eaux souterraines, eaux superficielles, végétaux, animaux terrestres), ou encore leurs effets possibles sur les organismes vivants.

On distingue deux types d'outils biologiques :

- les outils de laboratoire, appelés tests d'écotoxicité, permettent d'évaluer les effets liés à la pollution des sols sur des organismes cibles à différentes échelles (moléculaire, cellulaire, de l'individu). Ils sont basés sur l'exposition d'organismes cultivés ou élevés (par exemple graines de végétaux, vers de terre, escargots) et fournissent une mesure intégrée de l'effet d'un ou plusieurs polluants intégrant le cas échéant les effets de synergie ou d'antagonisme ;
- les outils de terrain (prélevés ou introduits sur le site), de type bioindicateurs, visent à évaluer l'accumulation et les effets liés à la pollution des sols sur un organisme ou une communauté d'organismes vivants. À travers l'analyse des communautés, ces outils permettent également de renseigner sur l'état biologique des sols.

À titre d'exemple d'application, ces outils ont été mis en œuvre par une métropole française dans le cadre d'un plan de réaménagement urbain avec changement d'usage. Suite à l'abandon des jardins familiaux (potagers) en raison d'un risque sanitaire avéré, le faible impact vis-à-vis des écosystèmes terrestres révélé par l'utilisation des outils biologiques a aidé le gestionnaire dans sa décision à reconverter la zone contaminée en parc urbain (zone paysagère avec présence d'éco-pâturage).

Pour en savoir plus !

Le document « Les bio-indicateurs de l'état des sols. Principes et exemples d'utilisation. Nouveaux résultats de recherche et démonstration » (ADEME).



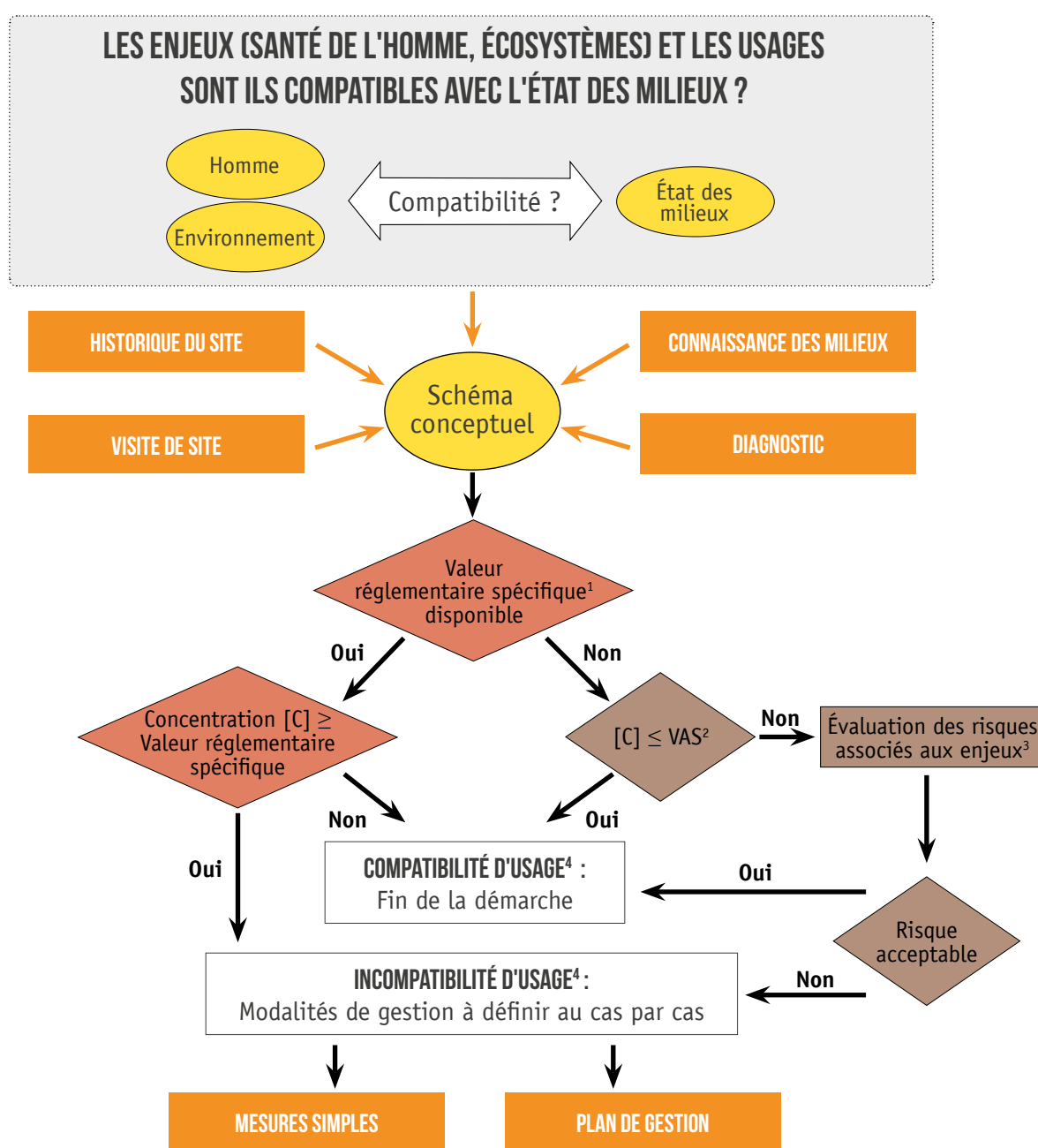
> Exemple de bio-indicateurs utilisant les escargots. ©Université de Franche-Comté / UMR Chrono-Environnement

L'ESSENTIEL À SAVOIR SUR L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Cette étape nécessite d'avoir systématiquement recours à un bureau d'études spécialisé, tant l'interprétation des résultats est délicate et les conséquences d'une interprétation incomplète sont importantes.

Il convient tout d'abord de rappeler qu'en France, il n'existe pas de valeurs réglementaires, ni de valeurs seuils pour déclarer qu'un sol est pollué ou non, ni pour savoir s'il est compa-

tible ou non avec un usage. À chaque situation correspond une évaluation spécifique, directement liée aux enjeux et usages considérés, consistant en une Interprétation de l'état des milieux (IEM). Par exemple, l'exigence de qualité chimique d'un sol ne sera pas la même s'il est destiné à être imperméabilisé pour établir un parking, ou à accueillir des cultures ou des animaux.



[C] : concentration de la substance dans le milieu étudié

¹ Spécifique au milieu, à l'usage et à la substance

² VAS : Valeurs d'Analyse de Situation

³ Grille IEM, voire EQRS pour les enjeux sanitaires ;
approche TRIADE pour les enjeux environnementaux

⁴ Conservation de la mémoire et surveillance à prévoir au cas par cas

> Logigramme de principe de l'Interprétation de l'État des Milieux

LES VALEURS RÉGLEMENTAIRES PRÉVALENT LORSQU'ELLES EXISTENT

Lorsqu'une valeur réglementaire spécifique au milieu, à son usage et à la substance étudiée existe, cette valeur est décisive pour apprécier un impact et conclure formellement sur une compatibilité ou non d'usage. S'il n'existe pas de valeurs réglementaires pour les sols, il en existe pour d'autres milieux, à des niveaux de renseignement et d'exigence différents.

Par exemple, il existe des valeurs seuils pour les denrées alimentaires au-delà desquelles la commercialisation est interdite, (1) pour le plomb et le cadmium (productions végétales et animales), (2) des limites maximales de résidus de pesticides (végétaux uniquement), (3) des teneurs limites en dioxines et furanes (volailles, œuf, lait). Pour l'eau potable, la liste des valeurs seuils est nettement plus riche, tout en notant que certaines substances, comme les hydrocarbures totaux, n'y figurent pas. Pour une information exhaustive régulièrement mise à jour sur les valeurs de gestion réglementaires, le lecteur se référera au document « Synthèse des valeurs de gestion réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France » publié par l'Ineris.

HORS VALEURS RÉGLEMENTAIRES, L'INTERPRÉTATION PASSE PAR UNE COMPARAISON À DES VALEURS DE RÉFÉRENCE

En dehors de cette situation, c'est-à-dire dans la majorité des cas, l'interprétation des résultats d'analyses repose sur une comparaison à des valeurs d'analyse de la situation (VAS). Comme les valeurs réglementaires, ces valeurs dépendent du milieu étudié, de son usage et de la substance considérée. Elles visent à identifier une anomalie, c'est-à-dire la présence d'une concentration élevée, qui à ce stade ne présage en rien sur une compatibilité ou incompatibilité d'usage. Les VAS sont souvent issues de plusieurs sources de données (par exemple données Aspitet, RMQS, etc.), ou pour des sites de grande envergure, à partir d'un environnement local témoin (ELT).

À titre d'exemple, on peut citer les VAS suivantes :

- **pour les sols** : valeurs de fond géochimique local (ou environnement local témoin) précédemment mentionnées dans ce guide et collectées lors de la phase d'étude environnementale et de connaissance des milieux, données pédo-géochimiques provenant de bases de données nationales renseignant sur les éléments traces métalliques (pour rappel, ASPITET, INDIQUASOL, BDETM, RMQS) et sur certains polluants organiques (RMQS). Ces valeurs peuvent être combinées à des valeurs de gestion le cas échéant. Ainsi, dans le cadre de la définition d'objectifs de gestion des expositions au plomb, le Haut Conseil de la Santé Publique propose dans son rapport de juin 2014 que soit conduit (1) une évaluation des risques sanitaires, si la concentration moyenne dans les sols des parcs et jardins fréquentés par des enfants est supérieure à 100 mg/kg, et (2) un dépistage de plombémie si la concentration est supérieure à 300 mg/kg ;

- **pour les productions végétales et animales** : données locales qui peuvent être déterminées dans la phase de diagnostic (jardin potager témoin par exemple), base de données issues de l'étude de l'alimentation totale (EAT) de l'ANSES ;

- **pour l'eau d'un puits utilisée pour l'arrosage** : valeurs de la réglementation eau potable, valeurs de la Directive Cadre sur l'Eau, teneurs locales (amont et aval hydrogéologique). Le dépassement de ces VAS traduit la présence d'une pollution (une anomalie de concentration pour une ou plusieurs substances), mais pas nécessairement celle d'une incompatibilité d'usage. Ainsi, l'interprétation des résultats se poursuit par l'évaluation des risques sanitaires et/ou environnementaux, en fonction des enjeux à protéger.



POUR EN SAVOIR PLUS !

Le site internet du GIS Sol (Groupement d'intérêt scientifique Sol) a pour objectif de constituer et gérer le système d'information sur les sols, essentiellement agricoles et forestiers, de France.

SI LA POLLUTION EST AVÉRÉE, COMMENT ÉVALUER LES RISQUES AVEC DES ENJEUX SANITAIRES

Les grilles de l'IEM permettent de calculer l'exposition des populations en considérant séparément chacune des voies d'exposition identifiées dans le schéma conceptuel (en lien avec l'usage du site). Pour une voie d'exposition donnée, les substances sont considérées isolément, sans considérer l'additivité des risques.

Pour chaque polluant, on détermine une dose journalière d'exposition qui permet ensuite d'évaluer un risque sanitaire à partir de sa valeur toxicologique de référence (VTR). Cette évaluation peut conclure à un niveau de risque acceptable, inacceptable ou à un niveau intermédiaire, appelé zone d'incertitude. Pour lever cette incertitude, une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) est à mener. Cette évaluation s'appuie sur les mêmes concepts que l'IEM, mais là où cette dernière considérerait chaque voie d'exposition et chaque substance séparément, l'EQRS intègre l'ensemble de ces éléments. En cas de risque inacceptable, un plan de gestion doit être mis en place pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et l'usage.

SI LA POLLUTION EST AVÉRÉE ET COMPORTE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Dans le cas où les teneurs en polluants sont supérieures aux référentiels d'interprétation qui existent dans les sols (VAS), alors une approche d'évaluation des risques pour les écosystèmes pourra être menée, par exemple en application de l'approche TRIADE (norme NF ISO 19204). La méthode repose dans tous les cas sur des mesures non seulement physico-chimiques, mais également écotoxicologiques et écologiques. L'intérêt d'un diagnostic approfondi et d'une bonne connaissance du fonctionnement biologique du sol est de pouvoir concilier une analyse des conditions de survie des écosystèmes terrestres (comportement, mortalité, reproduction) avec la préservation de la biodiversité et des services écosystémiques associés (filtration eau/air, recyclage nutriments, support de biodiversité, régulation changement climatique). Par exemple, l'évaluation de la biodisponibilité des polluants dans le sol permet d'évaluer les transferts vers le premier maillon d'une chaîne trophique (végétaux, faune du sol) et par conséquent le risque potentiel vis-à-vis des organismes supérieurs. Il est possible d'associer à cette mesure de la biodisponibilité des polluants la mesure de la fonction de régulation de la qualité de l'eau au travers de la capacité du sol à piéger les polluants (souvent en lien avec un sol très riche en matière organique et un pH proche de la neutralité).

+ L'INCERTITUDE, RÉSULTANTE INTRINSÈQUE DE L'IEM ET DE L'EQRS

La démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires est un outil d'aide à la décision qui a été développée par l'Académie des Sciences aux Etats-Unis et repose sur plusieurs principes, dont ceux de la prudence et de la transparence.

Même si elle s'appuie sur des mesures dans les matrices prélevées sur le terrain, elle demeure une approche théorique reposant sur des hypothèses d'expositions raisonnablement sécuritaires qui sont évaluées par modélisation sur la base de scénarios d'usage.

L'exposition considérée est chronique (répétée dans le temps sur plusieurs années, voire décennies), à effet possible sur le long terme. Les résultats de cette démarche s'appuient sur les meilleures connaissances scientifiques du moment et doivent faire l'objet d'une analyse critique reprenant les hypothèses retenues et les incertitudes associées pour éclairer les décisions sur la base de l'ensemble des éléments disponibles.

AGIR EN CAS DE PRÉSUMPTION CONFIRMÉE : LES MESURES DE GESTION

En cas d'incompatibilité d'usage pour les enjeux considérés (sanitaires et/ou environnementaux), chaque situation demande une approche individualisée, pour laquelle l'accompagnement par un expert est là aussi recommandée.

SIGNALER LE CAS DE POLLUTION

En dehors de toute obligation réglementaire, un porteur d'étude n'est pas tenu de signaler une pollution identifiée à l'administration. Toutefois, même dans l'esprit d'une démarche volontaire, il a la responsabilité d'en informer les personnes directement concernées (notamment parce qu'elles sont exposées), pour convenir des suites à donner. Le signalement est à opérer préférentiellement de manière écrite auprès des usagers, locataires, occupants et de la mairie. Pour les aspects purement sanitaires, l'agence régionale de santé (ARS) est l'autorité compétente pour évaluer la situation et décider des suites à donner, qui peuvent aller selon les cas, de simples recommandations d'hygiène, à un dépistage, voire un suivi médical des populations exposées. Dans les cas d'enjeux sur l'environnement (par exemple exposition d'animaux à la pollution des sols), le signalement est à opérer auprès de la mairie et de la police de l'environnement représentée à la fois par l'Agence française pour la biodiversité (AFB), l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), et le cas échéant pour certains territoires, le Parc national, ou encore le Conservatoire du littoral.

Enfin, dans le cas où la pollution identifiée n'est pas délimitée dans l'espace, il convient d'élargir la démarche aux parcelles voisines. Pour cela, le maire peut avoir un rôle de coordinateur entre les différentes parties prenantes (propriétaires et usagers de ces parcelles).

LES PRINCIPALES MESURES DE GESTION

On distingue deux catégories de mesures de gestion :

- traiter la pollution présente (dépollution),
- réduire ou supprimer l'exposition à la pollution sans traiter la pollution elle-même.

Dans la démarche de gestion des sites et sols pollués, la priorité consiste d'abord à traiter les pollutions. C'est lorsque cette approche n'est pas envisageable ou insuffisante que les solutions permettant de limiter les transferts et les expositions sont considérées. Le même ordre de priorité est retenu dans la démarche proposée dans ce guide.

Dans le principe, pour chacune de ces solutions, dès lors que tout ou partie de la pollution reste en place, elles doivent s'accompagner de mesures de conservation de la mémoire

(archives, outils territoriaux/nationaux de type bases de données/SIG internes, documents d'urbanisme, dossier de servitude).

Ces mesures de gestion peuvent apporter une solution à très court terme, même dans l'urgence, comme elles peuvent s'inscrire dans la durée. La faisabilité des mesures doit être vérifiée. Et comme leurs coûts peuvent être très variables, l'étude des rapports coût/efficacité est essentielle pour aider à choisir la mesure la plus adaptée à un contexte donné. Par exemple, excaver une terre polluée sur 30 cm de profondeur et la remplacer par une terre saine coûte entre 50 et 100 €/m², auxquels s'ajoute le coût d'élimination en filière spécialisée. Celui-ci varie selon les polluants et le niveau de pollution, de 30 à 150 €/tonne pour des métaux, ou bien davantage pour certains polluants organiques, soit un coût total autour de 100 à 300 €/m².

TRAITER LA POLLUTION

Les actions de dépollution sont classées en quatre catégories :

- les traitements physiques (usage de l'eau ou d'un gaz pour transporter la pollution vers des points d'extraction ou l'immobiliser) ;
- les traitements chimiques des polluants organiques (usage de réactifs chimiques pour détruire les polluants ou les transformer en composés moins toxiques et/ou plus facilement biodégradables) ;
- les traitements biologiques (usage de micro-organismes et/ou des plantes pour dégrader certaines substances organiques²) ;
- les traitements thermiques (usage de la chaleur pour détruire le polluant, l'extraire ou le rendre inerte).

La mise en œuvre de ces techniques peut avoir lieu sur site, in situ (sol maintenu en place sans excavation) ou après excavation des terres polluées, ou hors-site. Le choix de la technique va dépendre de la nature du sol, du type de polluants, des niveaux de pollution du sol, de même que des objectifs de dépollution visés.



POUR EN SAVOIR PLUS !

Voir les trois références « Techniques de traitement et de dépollution des sols », « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices », « SelecDEPOL - Outil interactif de pré-sélection des techniques de dépollution ».

² L'usage de la phytoextraction des métaux par les plantes n'est pas cité, car le temps nécessaire pour obtenir un résultat significatif n'est à ce jour pas compatible avec l'échelle de temps humaine

LIMITER L'EXPOSITION À LA POLLUTION

Les mesures de gestion consistent tout d'abord à faire évoluer les modalités d'un usage du site. Par exemple :

- renoncer à la culture de végétaux comestibles et ne cultiver que des végétaux ornementaux (difficilement acceptable pour certains usagers) ;
- en cas d'impasse sur la mesure précédente, et selon le niveau de pollution des sols, choisir des végétaux comestibles cultivés en favorisant ceux limitant le transfert de polluants à partir du sol (vigilance sur l'incertitude de cette mesure vis-à-vis des transferts amenant à contrôler par analyse des végétaux, et sur le bon suivi des consignes dans le temps) ;
- modifier la circulation des personnes dans un site de promenade, ou modifier des usages (par exemple des jardins associatifs deviennent une prairie).

Les mesures de gestion peuvent être des mesures de bon sens liées à l'hygiène, et pour lesquelles l'abatement du risque d'ingestion de particules de terre et de poussières est conséquent :

- laver avec soin les légumes et les fruits, brosser et éplucher les légumes racines ;
- se laver les mains après contact avec le sol.

Enfin, ces mesures de gestion peuvent consister à agir sur les voies de transfert elles-mêmes :

- recouvrir par une couche de terre saine les terres polluées, cultiver en bacs hors sol, ou pour les espaces de jeux pour enfants, mise en place d'un revêtement amortissant ;
- excaver les terres polluées (à minima 30 cm) avec envoi en filière agréée et apport de terre saine (contrôle de la qualité à réception et après mise en œuvre) ;

- confiner la pollution (par exemple, merlon dans une géomembrane) ;
- installer un couvert végétal sur le sol, limitant ainsi les envois de poussières ;
- amender le sol en matière organique ou chauler (limitation de la mobilité et de la biodisponibilité des éléments traces métalliques dans le sol) ; il s'agit toutefois d'une mesure exploratoire nécessitant des essais préalables pour vérifier son efficacité.

+ POUR EN SAVOIR PLUS !

Pour adapter le choix des végétaux comestibles :

- pour les fruits, les arbres fruitiers cultivés sur sols pollués transfèrent généralement très peu les polluants vers les fruits (source : Blume, 1992 ; IPE, 1994 ; Wenk et al., 1997 in OFEV, 2005, page 27) ;
- pour les légumes, consulter :
 - le manuel de l'Office fédéral de l'environnement suisse (OFEV, 2005, page 27),
 - le guide « From the Ground Up » de la ville de Toronto (en anglais, page 21),
 - le livre « Jardins potagers : terres inconnues ? », C. Schwartz et al.,
 - les bases de données BAPPET et BAPPPOP.

De manière plus générale, avoir conscience que le transfert et l'accumulation de polluants varient selon les espèces végétales, et que cette variabilité peut être aussi importante entre variétés d'une même espèce (recommandation alors de vérifier par des analyses de végétaux cultivés).

Les mesures de gestion pour nos cinq exemples de cas :

Didier, particulier, et son jardin de maison individuelle dans un hameau en milieu rural

La cuve d'hydrocarbures située dans le jardin de mon voisin a fui. Il y a une odeur d'hydrocarbures dans mon jardin. Est-il possible que l'eau du puits dans mon jardin soit polluée, et que la consommation des légumes que je cultive dans mon jardin soit mauvaise pour ma santé ?



La vraie crainte d'exposition n'est pas la consommation des légumes, mais plutôt (1) l'usage de l'eau du puits et (2) l'air intérieur des espaces confinés (maison du voisin proche de la cuve, éventuellement celle de Didier et la serre du jardin).

Il convient par précaution d'arrêter tout usage de l'eau du puits et de procéder à l'aération des espaces confinés proches. La présence d'odeur (eau du puits et air intérieur/extérieur), voire de maux de tête sont des premiers indicateurs, mais cela s'avère insuffisant. Il convient d'alerter d'une part, le voisin (notamment pour remédier à la fuite le cas échéant) et d'autre part, les sociétés d'assurance qui pourront renseigner sur la démarche à suivre, voire engager une opération d'expertise. Cette expertise déterminera les matrices à échantillonner en fonction des éléments du contexte : assurément pour caractériser la qualité de l'eau et selon les investigations, la qualité de l'air (air du sol, air sous dalle, air intérieur). En parallèle, il convient d'avertir la mairie et l'ARS qui pourront ainsi prendre part à l'étude et décider des suites à donner sur le plan sanitaire. Dans les cas les plus préoccupants, un logement en attente de mesure de gestion peut s'avérer nécessaire, mais cela reste exceptionnel.



Delphine, présidente d'une association de jardins collectifs

Nos jardins collectifs jouxtent la rocade de contournement de la métropole. Que risquent nos jardiniers et leurs familles par rapport aux retombées atmosphériques liées au trafic routier, et à la consommation des légumes et fruits cultivés ?

Les voies de transferts possibles sont par dépôts atmosphériques (1) sur les sols, et (2) directement sur les végétaux (notamment les légumes feuilles comme la laitue et le chou).

Les connaissances actuelles nous indiquent que l'ordre de grandeur de distance d'impact d'une infrastructure routière sur le sol est de 30 mètres (travaux Cerema 2013, Branchu com. pers. ; guide Ville de Toronto, 2013) ; ces jardins se situent donc au-delà (100 mètres). Les préconisations consistent à, (1) planter sur cette surface des arbustes et arbres non fruitiers pour créer un écran végétal aux poussières, (2) vérifier la qualité des sols selon un axe s'éloignant de la rocade (transect), n'excluant pas la possibilité qu'une pollution détectée puisse avoir une autre origine (par exemple intrants de culture, fond géochimique), (3) laver avec soin les légumes et fruits, brosser et éplucher les légumes racines, (4) adapter le choix des cultures et les pratiques peut permettre de limiter certaines expositions à d'éventuels polluants détectés.



Thomas, propriétaire d'une friche artisanale (non ICPE), qu'il n'a jamais exploité lui-même, en périphérie d'une ville

Je souhaite développer une activité de production de biomasse énergétique. L'historique du site laisse penser qu'une pollution des sols est possible, pouvant compromettre la production de biomasse. Le projet est-il envisageable à la fois du point de vue de la pollution et de la fertilité des sols ? De plus, la biomasse produite sera-t-elle exempte de pollution ?

Le site n'étant pas classé ICPE, il ne relève pas de cette réglementation. La marche à suivre doit s'appuyer sur celle décrite dans le présent guide, s'inspirant des grands principes de la méthodologie nationale de gestion de sites et sols pollués. Sur le principe, l'étude à mener correspond bien à la démarche de plan de gestion dont la finalité est d'assurer la compatibilité de l'usage futur avec la qualité des milieux et notamment des sols en place. Pour cela, la conduite d'une étude historique et documentaire du terrain est nécessaire pour identifier les substances utilisées et les zones qui peuvent être potentiellement impactées. La conduite du diagnostic va porter a minima sur la qualité des sols tant agronomique que chimique. La réalisation de fosses pédologiques, complétées de sondages de sol va permettre de disposer d'une vision globale des sols du site. D'autres matrices, notamment eaux d'arrosage ou souterraines, pourront nécessiter d'être analysées. Enfin des essais pilotes de cultures s'avéreront particulièrement adaptés pour éprouver la faisabilité et réaliser des analyses de teneurs en polluants dans la biomasse végétale, dans le cas où des anomalies seraient mises en évidence par les analyses de sol.



Françoise, maire d'une ville de 70 000 habitants

En lieu et place d'une friche urbaine de 3 ha en cœur de ville (zone urbanisée depuis le 18ème siècle, aucune partie du site n'a été classée ICPE), j'ai un projet de création d'un écoquartier, comprenant une micro-ferme urbaine sur un terrain municipal. Sera-t-il possible de produire des légumes et des fruits directement sur les sols en place et de les commercialiser ? Comment s'assurer que la qualité des sols est adaptée à un usage récréatif (jardins publics ou privés) et alimentaire (potagers) ainsi que pour les jardiniers qui y travaillent ?

Sans classement ICPE, il n'y a pas de statut réglementaire spécifique. Pour tout usage du site, y compris l'agriculture urbaine, il n'existe pas d'obligation de gestion particulière, la démarche reste volontaire. Il convient de consulter le document « Mon projet d'agriculture urbaine en Ile de France. Guide pratique des démarches réglementaires ». La commercialisation des fruits et légumes implique cependant votre responsabilité quant à la qualité des produits que vous vendez. Le respect de teneurs limites, pour plomb, cadmium et résidus de pesticides est un minima. Même s'il s'agit d'une démarche volontaire, il est recommandé de mettre en œuvre la méthodologie développée dans ce guide pour les enjeux sanitaires.

Sylvie, directrice d'un service espaces verts

Dans un parc historique créé il y a 150 ans au cœur de la ville, voué à la promenade, comment m'assurer que la qualité des sols est aussi adaptée à la fréquentation du public (adultes et enfants) aux jardiniers qui y travaillent ou encore aux animaux qui y vivent (cygnes, canards, daims) ?



Hors classement ICPE, il n'y a pas de statut réglementaire spécifique. Il convient de réaliser une étude documentaire et historique (notamment dans ce cas sur l'origine des terres qui ont pu être apportées). Si, avec une disponibilité d'informations satisfaisante, l'étude ne révèle pas de facteur de pollution possible, la démarche peut s'arrêter à cette étape. Si le niveau d'information est insuffisant, il est recommandé dans une démarche volontaire, de réaliser des analyses de la pollution des sols en première approche. Celles-ci couvriront les zones distinctes du parc.

S'il y a découverte d'anomalies de concentrations en polluants : (1) pour les enjeux sanitaires, la démarche est la même que celle préconisée précédemment pour Françoise, (2) pour les enjeux environnementaux, la démarche d'évaluation des risques écologiques permettra d'apporter une connaissance spécifique à l'écosystème concerné (transferts, bioaccumulation) et au fonctionnement écologique du sol.

VÉRIFIER L'EFFICACITÉ DES MESURES DE GESTION DANS LE TEMPS

Cette étape ne doit pas être négligée, car elle contribue largement à sécuriser les projets, face aux limites de connaissances, d'une part et aux incertitudes et variabilités des données, d'autre part.

Les mesures de gestion prescrites doivent comporter à la fois les modalités de mise en œuvre immédiate et celles du suivi de leur résultat (risque résiduel) dans le temps : à savoir actions et contrôles à réaliser, le tout selon un échéancier.

Cet échéancier peut proposer des contrôles immédiats après les actions correctives, ou à posteriori, pouvant s'étendre sur plusieurs années (ex : surveillance de qualité d'un milieu, contrôle d'efficacité d'un dispositif). Cela permet d'évaluer :

- la pertinence et la réussite plus ou moins complète des mesures de gestion mises en œuvre, au travers d'analyses (ex : sols, végétaux), pouvant induire le cas échéant un prolongement ou une adaptation des mesures de gestion ;
- les résultats et le niveau de persistance de la communication aux différentes parties prenantes de ce plan de gestion (propriétaire, gestionnaires/exploitants, usagers, riverains) et le

cas échéant, de l'adapter ;

- le niveau effectif de financement des mesures du plan de gestion et le cas échéant, de l'adapter ;
- le niveau de traçabilité effectif et la mémoire dans le temps de ces mesures : documents de démarches environnementales, bases de données/SIG internes ou territoriaux/nationaux, documents d'urbanisme tels que PLU, dossier de servitude.

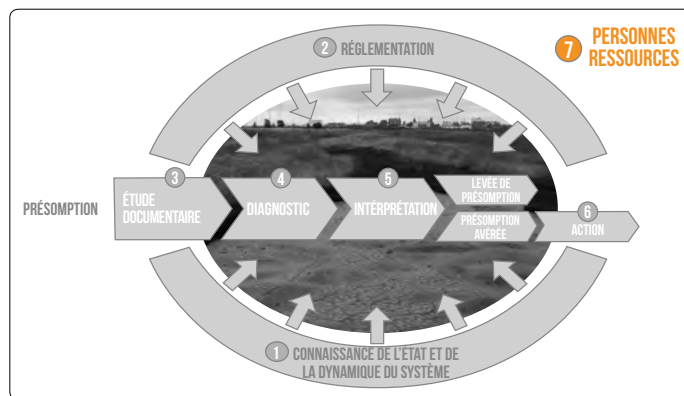
Il convient de signaler que les mesures impliquant une gestion du risque par les usagers (changement de pratiques et des espèces/variétés végétales cultivées, brossage/nettoyage des légumes et des mains) présentent la difficulté du contrôle de leur bonne réalisation, notamment sur les sites où les usagers sont nombreux. Des exemples de jardins familiaux dont les sols sont pollués et pour lesquels le gestionnaire, dans l'idée de les pérenniser, a demandé à ce que les cultures soient limitées à quelques légumes n'absorbant pas les polluants, montrent qu'il est en effet impossible de garantir le respect de ces mesures dans le temps.

Tout au long de ce document, il est fait référence au fait de solliciter une assistance auprès d'experts. Les informations sur les acteurs et personnes ressources pour vous assister sont présentées dans la partie suivante.

SE FAIRE ACCOMPAGNER DANS SA DÉMARCHE

Cette partie rassemble certaines informations qui ont déjà pu être indiquées au cours du guide et les complète. Cette liste est non exhaustive, compte-tenu des multiples cas de figure possibles.

Les acteurs sont énoncés par typologies de cas de figure, et en premier lieu (indiqué en gras) pour les cas les plus fréquents voire systématiques.



Acteur à solliciter	Dans quel cas ?	Objet de l'accompagnement
ARS	dans tous les cas où il y a un enjeu sanitaire	- conseil et avis technique - investigations de santé - prescriptions et propositions techniques d'usages, restrictions - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire
Mairie et éventuellement EPCI du territoire	dans tous les cas où une pollution est rencontrée	- mesures de mise en sécurité en cas d'urgence - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire - informations pour études historiques et documentaires
Préfecture	dans tous les cas où une pollution est rencontrée	- représentation des compétences de l'état - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire - pouvoir de police sanitaire et environnementale pour les ICPE
Police de l'environnement Agence française pour la Biodiversité (AFB), Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) [Le cas échéant, Parc national, Conservatoire du littoral]	dans tous les cas où un impact sur les milieux et la biodiversité est avéré ou suspecté	- constat, expertise et diagnostic - mesures d'urgence, surveillance et gestion - lien avec les services de l'État - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire
Bureaux d'études	possible dans tous les cas où une pollution est rencontrée	- conduite de diagnostic - conseil, expertises techniques
ADEME	projets de reconversion de friches polluées ICPE à responsable défaillant (hors champ de ce guide)	- soutien technique et financier aux projets de dépollution des friches - conseil auprès des maîtres d'ouvrage (aide à la décision) dans le cadre des projets de reconversion - lien avec les services de l'État - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire - conduite de la maîtrise d'ouvrage pour mise en sécurité
Assurances	parcelles de particuliers ou maîtres d'ouvrages privés, lorsqu'il y a constat d'un dommage (par exemple fuite de cuve, déversement accidentel)	- mesures de mise en sécurité en cas d'urgence - déclenchement d'une expertise le cas échéant, en lien avec les assurances de toutes les parties impliquées - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire
Associations locales de jardiniers (réseaux FNJFC, Jardinot, sociétés horticoles)	jardins associatifs, jardins de particuliers	- retours d'expériences - informations pour études historiques et documentaires - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire
DREAL-DRIEE	ICPE uniquement (hors champ de ce guide)	- mise en sécurité de sites - surveillance et gestion des impacts
Chambre d'agriculture	usage du sol à vocation alimentaire et professionnelle	- centralisation et circulation de l'information - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire
Chercheurs	une fois le diagnostic initié, sur des cas de polluants émergents, ou de recherche de solutions de gestion innovantes	- expertise - mise en relation avec les bons interlocuteurs du territoire



BIBLIOGRAPHIE ET RESSOURCES

Les références sont rangées par catégories, puis par ordre d'énoncé dans le guide. Certaines références incontournables et structurantes sont également proposées.

Les liens indiqués sont amenés à évoluer et devenir caducs. Préférer une recherche par titre, mots clés, avec un moteur de recherche internet, comme indiqué dans les encadrés au fil du guide. Tous les sites et pages web cités ont été visités en octobre 2018.

Sites internet, guides en ligne et normes

- Site et visite animée BRGM « Tout comprendre sur les sites et sols pollués »
<http://www.brgm.fr/sites/default/brgm/animations/sites-sols-pollues/sites-sols-pollues.php>
- Rubrique internet incontournable dédiée aux outils de gestion et guides méthodologiques des installations classées (ICPE)
<http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html>
- « Guide méthodologique à l'attention des collectivités relatif aux secteurs d'information sur les sols (SIS) et à la carte des anciens sites industriels et activités de service (CASIAS) »
http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/170616-Guide_Collectivites_SIS_vf.pdf
- Guide « Mon projet d'agriculture urbaine en Ile-de-France. Guide pratique des démarches réglementaires »
http://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Maquette_VF_cle475afb.pdf
- Guide « Pollution du sol des jardins collectifs, quelles responsabilités ? »
<https://www.cerema.fr/fr/actualites/pollution-du-sol-jardins-collectifs-quelles-responsabilites>
- Guide « Qualité et usages des sols urbains : points de vigilance »
https://www.cerema.fr/system/files/documents/2017/12/pollusols_web-2.pdf
- Méthodologie nationale et réglementation sur les sites et sols pollués du Ministère en charge de l'environnement
<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites-et-sols-pollues>
- « Guide du donneur d'ordre »
http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_du_donneur_d_ordre_VO-2.pdf
- Présentation et listes des prestataires certifiés LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais)
<https://www.lne.fr/fr/certification/certification-sites-sols-pollues>
- Norme NF X31-620-(1, 2, 3, 4), 2011 et 2016. Elle présente les exigences dans le domaine des prestations de services relatives aux sites et sols pollués.
- Guide « Diagnostics du site », sur le site internet des installations classées
http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Diagnostics_du_site-2.pdf
- BASIAS, Inventaire historique de sites industriels et activités de services
<http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/basias/donnees#/>
- BASOL, Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
<http://basol.developpement-durable.gouv.fr>
- IGN - Remonter le temps, pour observer les évolutions du territoire au cours du temps (cartes, photographies aériennes historiques et actuelles)
<https://remonterletemps.ign.fr/>
- Georisques, portail cartographique dédié à l'information sur les risques (qui donnera accès aux cartes des SIS et des sites BASIAS)
<http://www.georisques.gouv.fr>
- Matrice Activités-Polluants
http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/zip/Matrice-activite-polluant-v1_Excel07-10-2.zip
- Note de veille CAPTIVEN octobre 2013 « Les polluants émergents »
http://www.captiven.fr/sites/default/files/pictures/Note%20de%20veille_Nouveaux%20Polluants%20%C3%A9mergents%20-%20Tech2Market_VFinal-3IC-ok.pdf
- « Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux »
<http://www.ademe.fr/guide-dechantillonnage-plantes-potageres-cadre-diagnostics-environnementaux> (octobre 2018) ou <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Documents-pour-la-gestion-des.html#echantpot>
- Livre, C. Schwartz et al. « Jardins potagers : terres inconnues ? », Ed. EDP Sciences, 2013, 172 p.
- « Les bio-indicateurs de l'état des sols. Principes et exemples d'utilisation. Nouveaux résultats de recherche et démonstration »
<http://www.ademe.fr/bio-indicateurs-letat-sols>

- INERIS. « Synthèse des valeurs de gestion réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France », 2018, 136 p.
<https://www.ineris.fr/fr/synthese-des-valeurs-reglementaires-pour-les-substances-chimiques-en-vigueur-dans-leau-les-0>
- ANSES. Les études de l'alimentation totale (EAT)
<https://www.anses.fr/fr/content/les-%C3%A9tudes-de-l'alimentation-totale-eat>
- Norme NF ISO 19204, avril 2017. « Qualité du sol - Procédure d'évaluation des risques écologiques spécifiques au site de la contamination des sols (approche TRIADE de la qualité du sol) »
- Techniques de traitement et de dépollution des sols (site ADEME)
<http://www.ademe.fr/expertises/sols-pollues/passer-a-l'action/depollution-sols>
- « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices. » (BRGM 2010)
<http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#qtqt>
- SelecDEPOL - Outil interactif de pré-sélection des techniques de dépollution (ADEME-BRGM avec l'appui de l'UPDS, 2013)
<http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Bases-de-Donnees.html#selecdepol> et, <http://www.selecdepol.fr>
- Office fédéral de l'environnement (OFEV). « Sols pollués, Evaluation de la menace et mesures de protection », 2005, 107 p. (en particulier p.27)
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/publications-etudes/publications/sols-pollues-evaluation-menace-mesures-protection.html>
- Ville de Toronto. « From the Ground Up. Guide for soil testing in urban gardens. », 2013, 28 p.
https://www1.toronto.ca/City%20of%20Toronto/Toronto%20Public%20Health/Healthy%20Public%20Policy/Environmental%20Pollutants/Files/PDF/guide_for_soil_testing_2013.pdf

Bases de données et référentiels

- ASPITET : Teneurs totales en éléments traces dans les sols de France. Gammes de valeurs « ordinaires » et d'anomalies naturelles. Annexe n°1 d'un article du Courrier de l'environnement de l'INRA n°39, février 2000
- RMQS : Réseau de Mesure de la Qualité des Sols, consultable via portail web INDIQUASOL (voir ci-après)
- BDETM : Base de Données Eléments Traces Métalliques, consultable via le portail web du GIS SOL (voir ci-après)
- BDAT : Base de Données des Analyses de Terre
<http://estrada.oreans.inra.fr/geosol/>
- RPG Nord-Pas-de-Calais : Référentiel Pédo-Géochimique Nord-Pas-de-Calais. Tableau p. 160 in Sterckeman et al. (2007). Référentiel pédo-géochimique du Nord-Pas-de-Calais. Méthode et principaux résultats. Etude et gestion des sols, 14, 2, 153-168.
http://www.mediathèques-rcm.fr/userfiles/file/SACYADDIN/EGS_14_2_sterckeman.pdf
- INDIQUASOL : Outil et portail web pour visualiser les mesures de qualité des sols
<http://acklins.oreans.inra.fr/geoindiquasol/index.php>
- BDSOLU : Base de Données des Analyses de Sols Urbains
<http://www.bdsolu.fr/>
- BAPPET : Base de données des teneurs en éléments traces métalliques de plantes potagères : présentation et notice d'utilisation
<http://www.ademe.fr/base-donnees-teneurs-elements-traces-metalliques-plantes-potageres-bappet-presentacion-notice-dutilisation>
- BAPPPOP : Base de données sur la contamination des plantes potagères par les molécules organiques polluantes
<http://www.ademe.fr/bappop-base-donnees-contamination-plantes-potageres-molecules-organiques-polluantes>
- GIS SOL : Portail d'informations, de données et de cartographies sur les sols de France, du Groupement d'intérêt scientifique SOL
<https://www.gissol.fr/>



Il arrive qu'une présomption de pollution des sols soit émise lors d'un aménagement, ou au cours de l'usage d'un espace public ou privé extérieur (promenade, espaces verts et parcs, agriculture urbaine pour amateurs ou professionnels). Cependant, la thématique de la pollution des sols se révèle complexe et relativement experte. Les parties prenantes confrontées à ces situations, tant professionnelles qu'amateurs, se déclarent souvent démunies pour déterminer la marche à suivre.

Ce guide expose au travers de deux parties principales, les notions fondamentales de compréhension pour répondre à une suspicion de pollution des sols, puis les clés pour structurer et mener son action.

Il a une vocation pédagogique et d'accompagnement méthodologique. Il s'adresse aux élus, maîtres d'ouvrages publics et privés (gestionnaires de patrimoine, bailleurs, aménageurs, particuliers), bureaux d'études techniques et de conseil (paysagistes concepteurs, gestionnaires de sites et sols pollués, architectes, urbanistes), entreprises (espaces verts, travaux publics), établissements de formation, étudiants, jardiniers en associations, fédérations et particuliers.

Pour citer cette publication :

DAMAS O., BRANCHU P., DOUAY F., SCHWARTZ C., GRAND C., MAROT F., 2018. Présomption de pollution d'un sol : des clés pour comprendre et agir. Plante & Cité, Angers, 36 p.