

DIAGNOSTIC



DESCRIPTION DE L'ÉTAPE « DIAGNOSTIC »

Le diagnostic informe sur l'état des milieux et sur les enjeux associés avec l'objectif de pouvoir définir une stratégie de gestion propre au site et aux milieux environnants. Le diagnostic repose sur une série d'investigations progressives et itératives qui sont plus ou moins poussées selon les enjeux associés au site et à son environnement. Il aboutit à la construction ou à la consolidation du schéma conceptuel du site au fur et à mesure de l'acquisition, de l'organisation et de l'interprétation des données spécifiques au site et représentatives du contexte local.

Le diagnostic permet de caractériser les milieux étudiés (sol, eau, air, denrées alimentaires, ...) qui peuvent constituer une source de pollution, être des milieux de transfert (selon le contexte environnemental) et/ou des milieux d'exposition (selon l'usage de ces milieux). **Une source de pollution est la zone du sol ou sous-sol qui renferme des substances polluantes intrinsèquement dangereuses qui sont émises vers des milieux de transfert et/ou d'exposition.**

Une fois les milieux caractérisés, le diagnostic évalue l'impact d'une pollution au regard du référentiel retenu pour chaque milieu (valeurs réglementaires, environnement local témoin...) et des risques pour la santé et l'environnement. **L'impact est la conséquence de l'émission de substances par une source de pollution dans les différents milieux que sont le sol, l'eau, l'air ou les aliments.** Un impact est identifié lorsqu'il remet en cause l'usage d'un milieu ou qu'une dégradation de la qualité du milieu est constatée. L'évaluation de l'impact intègre l'identification des processus biologiques en jeu dans la mobilité des polluants ou leur biodisponibilité.

Lors de chantiers en vue d'une renaturation ou d'une gestion écologique, c'est l'état global du site qui est défini à partir d'indicateurs qui informent sur la dégradation du milieu.

Ce chapitre présente différents outils qui méritent d'être connus et qui permettent de préciser le contexte environnemental (géologie, hydrogéologie), de rechercher l'origine d'une source de pollution ou de caractériser ces sources de pollution et leur extension ou enfin d'évaluer l'impact d'une pollution sur les milieux.

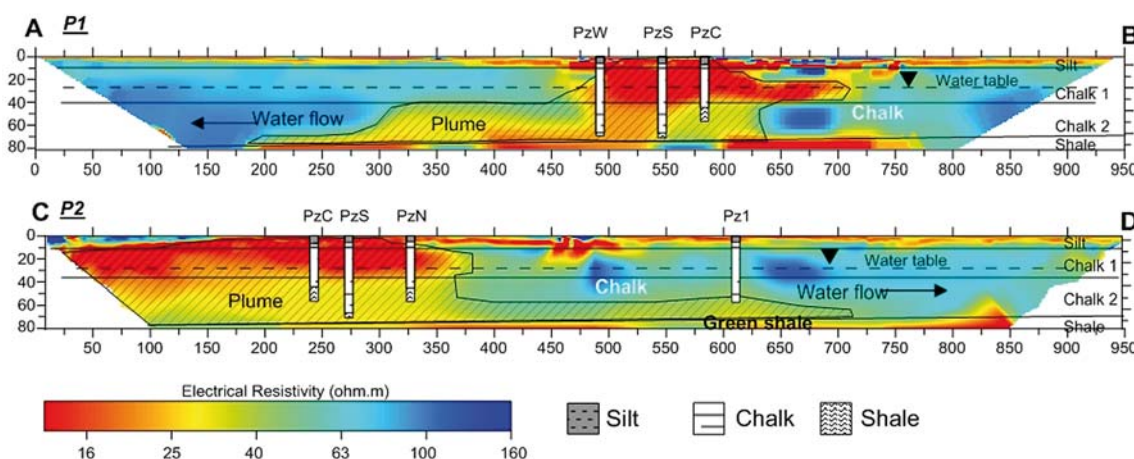
TECHNIQUES UTILISABLES ET RÉPONSES APPORTÉES PAR L'ÉTAPE « DIAGNOSTIC »

LE DIAGNOSTIC PERMET DE PRÉCISER LE CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL :

Quelle est la géologie et l'hydrogéologie locale ?

- Les **méthodes géophysiques** permettent de décrire le sol (géologie et hydrogéologie locale) à partir des variations de propriétés physiques entre les couches géologiques, sous

réserve d'avoir un contraste suffisant entre ces couches. Les investigations sont non-intrusives et leur rendement est optimal sur de grandes surfaces. Dans ce contexte, les méthodes géophysiques sont indirectes, elles caractérisent le milieu et pas la pollution.



© V. Naudet et al., 2012

Quels sont les microorganismes présents dans le sol et le sous-sol ?

- Les **techniques de biologie moléculaire** permettent de connaître les populations de microorganismes présentes à partir de l'extraction et de l'analyse des composants moléculaires d'une cellule (ADN, ARN, protéines). Elles étudient des échantillons de sol, d'eau, d'air ou de déchets prélevés sur site. Les résultats interprétés fournissent des informations sur la diversité et l'abondance des microorganismes qui ne sont pas étudiés avec les techniques de microbiologie classique car difficilement isolables pour être cultivés.

LE DIAGNOSTIC PERMET ÉGALEMENT DE CARACTÉRISER LA POLLUTION :

Quel est le type et l'état du polluant ?

- Les **outils isotopiques** mettent en évidence et estiment les phénomènes de dégradation des polluants. Ils déterminent à partir d'un prélèvement de sol, d'eau ou d'air les rapports entre les différents isotopes des composés organiques ou des éléments trace métalliques. Ils permettent également de distinguer différents phénomènes (dilution, volatilisation, dispersion, transformation abiotique ou biodégradation). Ces outils complètent les analyses chimiques classiques en donnant des informations supplémentaires sur le polluant et son état.
- Les **techniques de biologie moléculaire** permettent de déterminer les processus de biodégradation de la pollution lorsqu'elles mettent en évidence une activité spécifique de biodégradation par des microorganismes. Les investigations sont réalisées à partir d'échantillons de sol ou d'eau prélevés sur site sur lesquels sont réalisés l'extraction et l'analyse des composants moléculaires d'une cellule (ADN, ARN ou protéines). Les résultats interprétés fournissent des informations sur l'activité des microorganismes responsable de la biodégradation du polluant.
- La **spéciation** caractérise le polluant en distinguant les différentes formes de liaison d'un élément avec son environnement. Cette technique, complémentaire aux analyses chimiques classiques, informe sur le potentiel de mobilité et d'interaction du polluant avec les organismes du milieu.

Quelle est l'extension et la répartition de la pollution ?

- Les **techniques géophysiques** permettent de déterminer l'extension latérale et verticale des polluants dans le sol et dans la nappe à partir des variations de propriétés physiques, sous réserve d'avoir un contraste suffisant entre la pollution et l'encaissant. Les investigations physiques classiques complètent les informations fournies par la géophysique avec l'échantillonnage des milieux considérés.

- Les **bio-tests** ou **bio-essais** dits de court-terme permettent d'identifier sur une grande surface les zones qui méritent le plus d'attention pour le diagnostic. Ces techniques de laboratoire standardisées exposent des organismes à des sols ou eaux prélevés sur site. La différence de réactions des organismes selon les zones prélevées aide au choix d'implantation de forages pour des analyses chimiques classiques.

- Le **phytoscreening** détermine l'extension de la pollution dans le sol et dans la nappe à partir d'échantillons de bois prélevés sur des arbres ou arbustes. Les investigations sont rapides, peu coûteuses et non-invasives. Les résultats donnent une mesure semi-quantitative de la pollution. Cette technique est un outil d'aide dans le choix d'implantation de forages et piézomètres.

- Les **outils géostatistiques** sont un outil d'interprétation rapide et poussé de premiers résultats obtenus par une ou plusieurs techniques. Ils permettent de produire des cartes d'incertitudes sur la connaissance d'un paramètre physique étudié dans le sol ou dans la nappe et ainsi aider dans le choix d'implantation de forages ou piézomètres complémentaires. Le paramètre physique étudié peut être une concentration en polluant, une donnée géologique ou encore un sens d'écoulement. Les données d'entrées peuvent être ponctuelles (résultats d'analyses) ou bi voire tridimensionnelles (résultats d'investigations géophysiques).

Quelle est l'origine de la pollution ?

- La **dendrochimie** apporte des informations sur l'historique de la pollution à partir de carottes de bois prélevées sur des arbres. Les investigations sont rapides, peu invasives et donnent une mesure semi-quantitative de la pollution. Cette technique complète les techniques chimiques classiques en analysant des marqueurs chimiques de certains polluants dans les cernes du bois pour dater des pics de pollution.
- Les **outils isotopiques** permettent d'identifier la source de polluants dans les sols ou les eaux souterraines. Ils discriminent les différentes sources de pollution présentant des rapports isotopiques différents. Ces outils interviennent en complément des analyses chimiques en forensie.
- Les **techniques géophysiques** permettent d'identifier, à partir des variations de propriétés physiques et sous réserve d'avoir un contraste suffisant entre la cible et son encaissant, des objets enfouis (caves, réseaux, déchets) qui peuvent être à l'origine de source de pollution. Les investigations sont non-intrusives et leur rendement est optimal sur de grandes surfaces.

LE DIAGNOSTIC PERMET ENFIN DE DÉTERMINER L'IMPACT DE LA POLLUTION SUR LES MILIEUX :

Quelle est la biodisponibilité des polluants et les transferts potentiels ?

- Les **bio-indicateurs** sont des outils de terrain qui visent à évaluer la biodisponibilité et l'accumulation des polluants du sol dans les organismes vivants. La mesure de ces bio-indicateurs est basée sur le prélèvement d'organismes vivants ou sur l'introduction d'organismes d'élevage sur site. Les résultats des investigations renseignent sur l'état et le fonctionnement du sol en place ainsi que sur les risques de transfert des contaminants vers l'écosystème.
- La **bioaccessibilité orale** est une méthode de mesure en laboratoire de la biodisponibilité des polluants pour l'homme. Elle permet de quantifier la fraction de polluant réellement assimilée par l'organisme. L'évaluation des risques est ainsi plus précise et permet une optimisation de la gestion des sites. Un test simplifié de bioaccessibilité orale permet une démarche exploratoire et un tri des échantillons de sol à moindre coût avant de valider l'analyse par une méthode plus représentative mais plus longue et plus coûteuse.
- Les **outils isotopiques** sont un indicateur pour la biodisponibilité. Ils étudient à travers un prélèvement de sol, d'eau ou d'air le phénomène de dégradation des polluants par les microorganismes. Ces outils interviennent en complément des analyses chimiques et donnent une information sur l'état de dégradation des polluants.

- La **spéciation** caractérise le polluant en distinguant les différentes formes de liaison d'un élément avec son environnement. Cette technique, complémentaire aux analyses chimiques classiques, informe sur le potentiel de mobilité et d'interaction du polluant avec les organismes du milieu.

Quelle est la toxicité des polluants ?

- Les **bio-tests ou bio-essais** permettent de quantifier les effets toxicologiques d'une pollution sur les organismes. Ces essais en laboratoire sont standardisés et peuvent être qualitatifs ou quantitatifs.
- Les **bio-indicateurs** évaluent les effets de la pollution sur un organisme vivant sur le site. La mesure de ces bio-indicateurs est basée sur le prélèvement d'organismes vivants ou à l'introduction d'organismes d'élevage sur site. Les résultats des investigations renseignent sur l'état et le fonctionnement du sol en place.
- La **spéciation** permet la distinction entre les différentes formes de liaison d'un élément avec son environnement. Cette technique donne une information complémentaire aux analyses chimiques sur la toxicité du polluant.
- Les **techniques de biologie moléculaire** permettent de connaître les populations de microorganismes naturellement présentes. La diversité et l'abondance des microorganismes fournit ainsi des informations sur l'état des milieux. Les prélèvements sur site de sol, d'eau, d'air ou de déchets sont complémentaires aux prélèvements pour analyse microbiologique classique.



Les bio-indicateurs évaluent la biodisponibilité et l'accumulation des polluants du sol dans les organismes vivants.

	Milieu concerné			Investigations				Réponse aux problématiques		
	Sol	Eau	Air	Ponctuelles	Surfaciques	Intrusives	Non-intrusives	Caractérisation du contexte environnemental	Caractérisation de la pollution	Impact de la pollution sur les milieux
Techniques Innovantes										
Outils géophysiques	✓	✓			✓		✓	✓	✓	
Outils de biologie moléculaire	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓
Outils isotopiques	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓
Bio-indicateurs	✓	✓		✓		✓				✓
Bioaccessibilité orale	✓			✓			✓			✓
Biotests, bio-essais	✓	✓		✓			✓			✓
Dendrochimie	✓	✓		✓			✓		✓	
Phytoscreening	✓	✓		✓			✓		✓	✓
Spéciation	✓	✓		✓		✓			✓	✓
Outils géostatistiques	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	