

« Mesures » et « Modèles » : enjeux, avantages et inconvénients en contexte de gestion de sites pollués

1. CONTEXTE

Les situations de sites et sols pollués sont caractérisées par des enjeux sanitaires, environnementaux, mais aussi par des enjeux en termes de responsabilités impliquant non seulement les exploitants ou les promoteurs mais aussi les pouvoirs publics garants de la santé et de la sécurité publique. Dans ce contexte, les mesures de gestion nécessitent à la fois des critères de prise de décisions explicites, argumentés et transparents ainsi que la mise en œuvre d'actions pertinentes et adaptées.

Dans nombre de cas, l'expérience montre pourtant des processus de décisions conduisant à des choix de gestion mal ajustés et des actions de maîtrise insuffisantes. Si les causes peuvent être multiples, on constate cependant qu'elles sont liées non seulement à la complexité de certaines situations, aux multiples facteurs d'incertitudes, mais surtout aux informations lacunaires sur la pollution et les compartiments environnementaux.

Des outils méthodologiques élaborés sous l'égide du Ministère en charge de l'environnement relatifs aux sites et sols pollués identifient trois domaines clefs à étudier :

- 1) la caractérisation des compartiments environnementaux et de la pollution,
- 2) l'analyse des enjeux humains et environnementaux à protéger,
- 3) les actions de gestion des sources et de maîtrise des impacts.

Sur cette base, un bilan coût – avantage, adossé à des informations spécifiques au site, fiables, et suffisamment complètes pour cerner toutes les composantes du problème, vise à évaluer les intérêts et inconvénients de chacune des options possibles de gestion. Cette orientation permet de préciser l'information élémentaire et incontournable sur laquelle fonder le processus de décision : *la connaissance des compartiments environnementaux et des pollutions.*

La connaissance de l'état des milieux nécessite l'acquisition, l'organisation et l'interprétation de données de terrain spécifiques au site et représentatives du contexte local. Les campagnes de mesures n'ont pas vocation à être exhaustives mais doivent être menées de manière réfléchie pour être représentatives de la situation examinée. Elles doivent donc être proportionnées et orientées en fonction des enjeux sanitaires et environnementaux pertinents identifiés au travers du schéma conceptuel. Parallèlement, le niveau de compréhension des phénomènes physico-chimiques mis en jeu, essentiel à l'élaboration d'un schéma conceptuel, est entièrement dépendant de cette connaissance des pollutions, et donc des données de terrain acquises, tant en quantité qu'en qualité.

En complément à ces mesures, la modélisation (recours à des équations ou codes de calcul) peut apporter des réponses à d'autres besoins : elle permet, par exemple, de prédire l'évolution d'une pollution, d'évaluer l'exposition des populations dans des contextes de projets futurs d'aménagement, de traiter des situations complexes avec des interactions multiples, de préciser de nouvelles zones d'investigations, etc.

Si les modélisations peuvent être utiles, elles ne sont cependant pas toujours indispensables pour décider des actions à engager sur un site pollué. En effet, les situations en cause durent souvent depuis de nombreuses années, voire des décennies, et rares sont les cas où l'urgence se justifie ; dans de tels cas, des mesures de gestion simples et transitoires peuvent alors souvent être mises en œuvre (premières mesures « sanitaires »). Par ailleurs, les modélisations constituent au mieux des outils d'aide à la décision (en cas par exemple de mesures impossibles dans les milieux), mais ne peuvent ni fournir des résultats absolus ni être utilisées seules **sans données de terrain fiables et interprétées.**

La mesure directe sur un compartiment environnemental est donc à privilégier par rapport à un résultat de modélisation, cette mesure devant cependant être pertinente, représentative du site considéré, et basée sur une stratégie d'échantillonnage adaptée en conséquence (cadre de l'évaluation du risque sanitaire, conditions environnementales...).

Ainsi, la connaissance et la compréhension des phénomènes sont indispensables à la prise de décisions adaptées. Pour autant, l'acquisition des données de terrain nécessaires ne doit pas retarder les mesures de gestion visant à préserver la santé publique et l'environnement. Les campagnes de mesures font partie intégrante de la démarche de gestion, où les opérations sont menées en parallèle et de façon itérative ; le délai nécessaire pour constituer un état des lieux ne doit donc pas être une période d'inaction. Les deux approches, métrologie et modélisation, étant complémentaires avec chacune des avantages et inconvénients, leur combinaison selon le principe de proportionnalité doit être privilégiée.

2. LA METROLOGIE

Dans les cas de pollutions du sol ou du sous-sol générant des impacts sur la qualité des milieux (eau, air, végétaux...), l'acquisition de données en quantité (historique et densité) et qualité suffisantes est fondamentale, et ce afin d'augmenter la fiabilité des diagnostics.

En effet, l'incertitude majeure pesant sur la connaissance et la compréhension des phénomènes réside dans la fiabilité de la donnée acquise et reste liée aux conditions de mesure : localisation des points de mesures, types d'ouvrages, mode de prélèvement, durée et historique de surveillance... Les limites des techniques d'analyses sont également sources d'incertitudes et de restrictions en termes de représentativité, comme dans les cas des seuils de détection très bas difficilement atteignables. Pour autant, l'incertitude liée aux données disponibles ne peut être réduite autrement que par le souci permanent d'une amélioration des conditions d'acquisition et par la multiplication des mesures appropriées.

Ainsi, si la métrologie a comme principal avantage de pouvoir intégrer la complexité de la réalité et la spécificité au cas étudié, cela peut se traduire par des conditions de mise en œuvre contraignantes. Dans certaines situations, il peut être nécessaire de mettre en œuvre de campagnes de mesures assez « lourdes », coûteuses et sur des périodes assez longues afin d'obtenir un échantillonnage et des résultats analytiques représentatifs. Pourtant, de telles campagnes de mesure se trouveront souvent complètement justifiées au regard des enjeux de santé publique ou environnementaux identifiés, et afin qu'exploitants et pouvoirs publics s'assurent de la pertinence et de l'efficacité des mesures de gestion prises.

C'est le cas pour l'air ambiant et notamment pour les substances volatiles pouvant générer une exposition passive des populations : la représentativité temporelle et spatiale des mesures ainsi que le caractère attribuable des impacts à une source de pollution spécifique restent difficiles à établir (contamination potentielle issue, par exemple, des matériaux de construction, des activités des populations, de certains produits d'entretien...). Dans le cas de l'air intérieur en particulier, et afin de caractériser l'exposition, une attention particulière devra être portée aux conditions environnementales du bâtiment (température, chauffage, ventilation, utilisation de certains produits, activités des résidents), aux conditions météorologiques avant et pendant le prélèvement (pression atmosphérique, température, vitesse et direction du vent...), voire aux caractéristiques de la nappe en cas de sources de pollutions (niveaux de nappe).

De la même manière, pour les eaux, la caractérisation de l'état des eaux souterraines doit tenir compte des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère, des battements de nappe, et d'autres phénomènes qui se manifestent, selon le cas, sur une ou plusieurs années consécutives. Aussi, dans le cas d'aquifères superposés, la recherche dans les aquifères les plus profonds ne sera envisagée que dans les situations avérées de lien hydraulique avec la nappe superficielle et à l'issue d'un bilan coûts - avantages argumenté, prenant en compte non seulement les coûts de l'opération, mais également les risques de transfert de pollution d'un aquifère vers l'autre lors de la mise en place des ouvrages.

Au-delà des mesures nécessaires, dans les sols, les eaux, l'air du sol, l'air ambiant et les végétaux..., sur le terrain ou en laboratoire, la compréhension des pollutions nécessite bien entendu aussi une conceptualisation des phénomènes mis en jeu et mise en cohérence des données selon le schéma conceptuel établi.

3. LA MODELISATION

La modélisation (recours à un modèle, équation ou code de calcul) nécessite en préalable l'étude et la compréhension des phénomènes qui entrent en jeu : dissolution, volatilisation, équilibres physico-chimiques, écoulements souterrains, transfert de polluants (eau, air, végétaux...) par convection, diffusion, dispersion, dégradation... Dans nombre de cas, les modélisations mises en œuvre pourront être très simples (application d'une équation) ou plus élaborées (modélisation numérique multi échelles), l'utilisation de modèle demeurant toujours complexe et devant être parfaitement maîtrisée. Le choix d'un modèle plutôt qu'un autre n'a rien de systématique, mais doit au contraire toujours s'appuyer sur un schéma conceptuel afin de répondre à des questions précises. L'avantage majeur des modélisations réside ensuite dans la capacité à la fois à représenter des phénomènes sur le long terme et à généraliser ces phénomènes dans l'espace (simulations intégrant par exemple la réhabilitation et les réaménagements futurs).

La modélisation a cependant comme principale limite de simplifier la réalité. Cette simplification peut être liée à une conceptualisation volontairement simpliste des phénomènes réels. Ainsi, dans certains cas, la modélisation s'appuie sur des coefficients de transfert permettant de déterminer la concentration dans un compartiment à partir d'une autre donnée « amont » (par exemple, le transfert sol/plante pour estimer la contamination de la plante par voie racinaire). Cette simplification, liée à l'absence de modèles physiologiques satisfaisants, génère des approximations souvent contestables, même si le recours aux coefficients de transfert des substances est parfois incontournable. Aussi, il est parfois difficile de trouver les éléments de validation de certains modèles par rapport à des données réelles issues de sites étudiés ; ceci est essentiellement le cas pour les modèles de transfert de vapeur du sol vers l'air ambiant intérieur et de transfert sol/plantes. Les autres limites d'application des modèles sont leurs conditions initiales de mise au point et leur validation expérimentale.

Cette simplification est aussi liée à l'usage de modèles complexes avec des paramètres multiples, mais dont les valeurs sont choisies par défaut, à partir de la littérature, en raison du manque de moyens ou de capacités à les déterminer expérimentalement sur le terrain. Ainsi, pour le transfert de vapeurs du sol vers l'air ambiant d'un bâtiment, les contaminants sont supposés se trouver à l'équilibre physique entre les différentes phases du sol, sans prise en compte généralement des phénomènes de biodégradation... De la même façon, pour les eaux, les équilibres chimiques qui contraignent les transferts des métaux dans les eaux souterraines sont difficiles à intégrer, ce qui se traduit par des approximations souvent excessives.

En conséquence, quand l'usage de modèles est nécessaire, on cherchera avant tout à mettre en œuvre des modèles simples mais adaptés, au lieu de modèles complexes mais insuffisamment paramétrés ou même maîtrisés. Dans tous les cas, et en vue de toute opération de calcul, même simple, les étapes indispensables sont :

- 1) s'assurer de l'acquisition ou de la collecte au préalable de données de terrain suffisantes et interprétées au regard du problème posé et de la complexité de la situation ;
- 2) choisir un modèle qui soit cohérent avec le modèle conceptuel, vis-à-vis des phénomènes identifiés et des échelles géographiques et temporelles d'étude ;
- 3) analyser les conditions d'élaboration du modèle pour discuter des limites d'utilisation dans une étude donnée ;

- 4) suivre un processus de validation, à partir des données de terrain, des hypothèses prises et des conditions limites choisies ;
- 5) vérifier que les résultats produits sont générés sans erreurs numériques excessives (bilans hydriques et massiques) ;
- 6) ajuster les paramètres le nécessitant par un calage du modèle avec les données de terrain disponibles (piézométrie, caractéristiques physico-chimiques des milieux, concentrations...) ;
- 7) réaliser une étude paramétrique pour évaluer la réaction des modèles à la variation d'un paramètre ou d'une combinaison de paramètres (parmi les plus influents et incertains) ;
- 8) vérifier *a posteriori* les prédictions par des mesures de terrain complémentaires.

4. CONCLUSIONS

Il apparaît clairement que la connaissance et la compréhension des pollutions et compartiments environnementaux, elles-mêmes établies sur la base de données de terrain fiables, suffisantes et interprétées, doivent constituer les fondements du système de décision pour la gestion des sites et sols pollués. L'acquisition de telles données ne doit pas pour autant retarder les mesures élémentaires visant à préserver la santé publique et protéger l'environnement.

Les campagnes de mesures se doivent donc d'être conçues au regard des enjeux sanitaires et environnementaux et de façon spécifique au problème posé. Ces campagnes doivent être menées en respectant l'état de l'art et les recommandations existantes afin de fournir des informations pertinentes.

Bien souvent, il ne sera pas nécessaire de mettre en œuvre des modèles pour décider des actions à engager. Quand des modélisations seront néanmoins nécessaires en tant qu'outils complémentaires à l'acquisition de données, on cherchera alors avant tout à mettre en œuvre des modèles simples, fondés sur des phénomènes connus et des données de qualité. Au contraire, la mise en œuvre de modèles complexes, basés sur des données insuffisantes, sera inadaptée. Dans tous les cas, l'utilisation de modèles doit être parfaitement maîtrisée et les résultats produits seront ultérieurement vérifiés.

Enfin, au-delà de l'argumentation purement scientifique, il convient de souligner que les données de terrain bénéficient généralement d'une plus grande confiance aux yeux des différentes parties prenantes et en particulier de la population concernée par rapport aux données issues de la modélisation. Ainsi, l'expérience montre que la démarche d'aller effectuer des mesures chez les gens recueille non seulement dans une majorité des cas un accueil favorable, mais confère en plus à l'étude qui s'en suit et naturellement aux conclusions qui en découlent une crédibilité grandie qui ne pourra être que profitable à l'acceptation des décisions à venir.